

# **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - XI COBREAP**

## **USO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS: UMA CONTRIBUIÇÃO À VALORAÇÃO AMBIENTAL**

### **Hochheim, Norberto**

Professor Universitário, Engenheiro Civil, CREA-SC 014029-0, IBAPE-SC 137  
Universidade Federal de Santa Catarina – Depto Eng. Civil  
Caixa Postal 476 – Campus Universitário – Trindade  
88010-970 – Florianópolis – SC  
Fone (0 48) 331 51 67 – Fax (0 48) 331 51 91 - [hochheim@ecv.ufsc.br](mailto:hochheim@ecv.ufsc.br)

### **Uberti, Marlene Salete**

Engenheira Civil, CREA-SC 045624-0  
Rua Joaquim Carneiro, 136 – Bl A, Apto 304 – Capoeiras  
88085-120 – Florianópolis – SC  
Fone (0 48) 148 66 88 – [muberti@bol.com.br](mailto:muberti@bol.com.br)

### **RESUMO**

Este artigo objetiva mostrar que diversas variáveis ambientais são importantes na formação do valor de imóveis urbanos. Também propõe uma metodologia de valoração ambiental apoiada na Engenharia de Avaliações. Para tal, é mostrada a influência de variáveis ambientais na formação do valor de imóveis urbanos do tipo apartamento, através de uma aplicação prática no centro de Florianópolis (SC). A partir de um modelo de regressão linear que inclui variáveis relativas ao meio ambiente urbano, foi desenvolvido um estudo de valoração ambiental de uma praça pública a ser implantada. Em seguida, mostrou-se como avaliar os benefícios econômicos auferidos pela municipalidade em forma de imposto predial e territorial urbano, devidos à valorização dos imóveis vizinhos por causa da implantação desta praça.

### **ABSTRACT**

This article shows that several environmental variables are important in the formation of the value of urban buildings. It also proposes a methodology of environmental valuation. For such, the influence of environmental variables is shown in the formation of the value of urban buildings of the type apartment, through a practical application in Florianópolis' (SC) downtown. Starting from a model of multiple regression that includes variables concerning the urban environment, a study of environmental valuation was developed for a public park to be implanted. After this, it was shown as to evaluate the economic benefits for the municipality in form of urban taxes, due to the increased value of the neighbouring properties because of the implement of this park.

## **1 INTRODUÇÃO**

A qualidade do meio ambiente nas cidades, principalmente nos lugares onde a aglomeração de homens e atividades já assumiu um certo porte, vem experimentando uma deterioração crescente. As manifestações mais importantes do fenômeno das poluições urbanas, como poluição do ar, da água, sonora e outras, provocam uma série de efeitos nocivos que impõem pesados custos à sociedade.

Como determinar os custos gerados pela poluição urbana? Ou os benefícios gerados por determinada área verde? Na literatura existem muitas teorias e métodos para se determinar estes custos e benefícios, relacionados ao meio ambiente, mas poucas aplicações práticas são relatadas com detalhes.

Assim, ressalta-se a importância do desenvolvimento de estudos sobre o aprimoramento das formas de integrar o capital natural na análise econômica, no qual os métodos de valoração ambiental tem relevante papel.

## **2 JUSTIFICATIVA**

Este estudo é um dos poucos casos de aplicação prática do método de preços hedônicos com preços de propriedade, para valorar benefícios ambientais associados a proximidade a áreas verdes, existência de vista panorâmica e a localização da propriedade em rua sem poluição sonora.

O objetivo desta pesquisa é contribuir aos estudos de valoração econômica do meio ambiente, propondo, para a análise em questão, a formulação de um modelo desenvolvido a partir de conceitos da engenharia de avaliações e associado, através de pesquisa na variação dos valores imobiliários, ao meio ambiente.

Além da valoração ambiental de locais existentes, a metodologia proposta permite também estimar os benefícios que podem ser auferidos pelas prefeituras, através de um aumento na arrecadação do imposto predial e territorial urbano devido à valorização de imóveis urbanos beneficiados com a implementação de projetos de urbanização que melhorem as condições ambientais da cidade.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Método dos Valores Hedônicos**

Este método também é referenciado como método do preço implícito (SEROA DA MOTTA, 1997) ou técnica do preço da propriedade (BELLIA, 1996; MARGULIS, 1996).

A base deste método é a identificação de atributos ou características de um bem ambiental (bonita paisagem, alto risco, etc.) que tenham relacionamento com o preço da terra ou do trabalho. Duas técnicas podem ser utilizadas neste método: diferenças nos preços dos imóveis e diferenças nos níveis salariais.

O valor de uma casa, por exemplo, tem relação com diversas variáveis como área, padrão de acabamento, número de quartos, localização, etc. e pela qualidade ambiental do seu entorno, tais como vista panorâmica, poluição do ar ou sonora. As variações nos preços dos imóveis derivadas destas variáveis ambientais podem ser utilizadas para medi-las. Outra possibilidade de aplicação deste método é a utilização de diferenças salariais para trabalhos

com diferentes graus de risco. Neste caso, salários maiores para trabalhar em áreas poluídas podem ser utilizados para valorar impactos ambientais.

BENAKOUCHE et all. (1994), apresentam o método abaixo, para o cálculo do valor hedonista. Supondo-se que um bem imobiliário tem  $n$  atributos  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , seu valor ( $V$ ) pode ser expresso da seguinte forma:

$$V = f(A_1, A_2, \dots, A_n) \quad [1]$$

O valor de cada atributo deste bem é:  $(\partial V / \partial A_i) a_i$ , onde  $a_i$  é o “preço hedonista” do atributo  $A_i$ .

Pode-se determinar  $a_i$  de duas maneiras: considerá-lo igual à disposição a pagar ou calcular seu valor a partir da regressão de  $V$  em relação aos atributos  $A_i$ , o que permite obter equações desta forma:

$$V = a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_n A_n \quad [2]$$

Consequentemente, nesta equação, os atributos ambientais tais como poluição, barulho, etc., apresentam valor negativo, uma vez que comprometem a qualidade ambiental do local. O autor conclui dizendo que dessa forma obtêm-se o preço efetivo do imóvel.

O importante no método dos valores hedônicos é segregar claramente o efeito ambiental dos gerados por outros fatores (localização com relação a serviços públicos, benfeitorias do próprio imóvel, etc.), o que requer a coleta de informações sobre numerosos imóveis semelhantes com e sem a influência ambiental que se quer mensurar.

Na literatura norte-americana, existem diversos trabalhos que analisam o valor da propriedade frente à poluição urbana. BORBA (1992) relaciona alguns destes trabalhos, que consideram a influência sobre o valor dos imóveis de variáveis como qualidade do ar, proximidades a usina elétrica a carvão, usina nuclear, aterro sanitário, incinerador, etc.

Para LI et al (1980), são esperados valores mais altos para casas em bairros ou locais mais atraentes, do que aquelas localizadas em bairros menos atraentes. Da mesma forma, casas em áreas de baixa poluição sonora terão seus valores mais altos que casas semelhantes em áreas com poluição sonora mais alta.

BORBA (1992), através do método dos valores hedônicos, determinou um modelo de avaliação da propriedade imobiliária referenciado à qualidade ambiental, como instrumento para estudos de impacto ambiental. O autor empregou o modelo no problema do odor exalado pela operação de compostagem de lixo, impacto causado no meio ambiente pela Usina de Compostagem da Vila Leopoldina em São Paulo.

BORANGA (2000) também argumenta a favor da análise do valor das propriedades considerando a presença de elementos ambientais. Embora esta última autora não tenha apresentado resultados em forma de valor no trabalho publicado, seus estudos seguem a linha proposta neste artigo. A nível local, devem ser citados os trabalhos de FERNANDEZ (1999) e DANTAS (2000) que estudaram a satisfação e os desejos de proprietários de apartamentos em Florianópolis, em relação à presença de qualidades ambientais em seu entorno, embora sem relacioná-los com o valor do imóvel.

### 3.2 Método Comparativo de Dados de Mercado

O método comparativo de dados de mercado é aquele que define o valor através da comparação com dados de mercado assemelhados quanto as características intrínsecas e extrínsecas dos imóveis. Uma condição fundamental para a aplicação deste método é a existência de um conjunto de dados que possa ser tomado, estatisticamente, como amostra do mercado imobiliário.

A aplicação do método de regressão linear permite estimar o valor de um imóvel a partir de uma amostra de dados de mercado, representativa da população, através de modelos do tipo (HOFFMAN & VIEIRA, 1977; WONNACOT & WONNACOT, 1978):

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n + e \quad [3]$$

Onde: Y = valor estimado para o imóvel (variável dependente ou explicada)  
 a = parâmetro estimado para o intercepto (interseção da reta com o eixo Y)  
 b<sub>i</sub> = parâmetro estimado para o coeficiente do i-ésimo regressor  
 X<sub>i</sub> = i-ésimo regressor (i-ésima variável independente ou explicativa)  
 e = erro total da regressão amostral em relação à verdadeira equação de regressão

Após a determinação do modelo que melhor se ajusta aos dados de mercado, calcula-se parâmetros para avaliar a qualidade deste modelo, como os coeficientes de determinação e correlação linear. Cada coeficiente deve ser objeto de um teste de hipótese para verificar se a variável independente à qual ele se refere é importante na formação do valor do imóvel. A existência de regressão, considerando o modelo com todas as variáveis é comprovada através da análise de variância.

Deve ser verificado também se os regressores são independentes entre si (análise de multicolinearidade).

Em seguida, deve-se fazer diversos testes relativos aos resíduos da amostra (diferenças entre os valores observados e os respectivos valores estimados pela equação de regressão). Deve ser verificado se os resíduos apresentam distribuição normal, se inexistem correlação serial entre eles (através do teste de Durbin-Watson, ou de uma análise gráfica), se eles possuem variância constante (homocedasticidade).

Os resíduos também permitem a identificação de pontos atípicos na amostra (*outliers*), que devem ser eliminados por serem relativos a imóveis que, por um ou outro motivo, não seguem o comportamento de imóveis semelhantes no mercado.

Finalmente, após o modelo ser aprovado, é determinado um intervalo de confiança para a estimativa do valor do imóvel, que se constitui no campo de arbítrio do avaliador.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange o centro urbano do município de Florianópolis, geograficamente limitado ao norte e ao sul, pelas Baías Norte e Sul, respectivamente, e a leste pelo divisor de águas do Morro da Cruz (Figura 1).



Figura 1 – Localização da Área de Estudo

Esta área localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, contida nas coordenadas geográficas de: 27° 34' 00" à 27° 37' 00" de latitude Sul e 48° 33' 50" à 48° 32' 00" de longitude oeste de Greenwich

O Centro Urbano pode ser dividido em três áreas de características distintas quanto a ocupação do solo e o relevo. A área do triângulo central (denominação usada pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - IPUF e pela Prefeitura Municipal de Florianópolis - PMF), com alta densidade predial e área de 2,21 km<sup>2</sup>, apresenta um relevo suavemente ondulado e localiza-se no coração do Centro Urbano; a área dos aterros das Baías Norte (área de 0,37 km<sup>2</sup>) e Sul (área de 0,75 km<sup>2</sup>), os quais abrigam grandes vias de circulação, espaços livres e equipamentos públicos variados, apresenta relevo plano e, a encosta do Morro da Cruz, com relevo fortemente acidentado e área de 2,55 km<sup>2</sup>, apresenta uma ocupação predial menos densa e mais recente que a do triângulo central.

O Município de Florianópolis é a capital político-administrativa do Estado de Santa Catarina, o qual está localizado na Região Sul do Brasil. Possui uma população de 271.281 habitantes (IBGE, 1996). Seu território é formado essencialmente pela Ilha de Santa Catarina e uma pequena porção do Continente. Sendo uma ilha continental, separa-se da área continental por um estreito canal de aproximadamente 500m de largura com uma profundidade que já atingiu 28 metros, formando as Baías Norte e Sul.

A Figura 2 apresenta uma vista panorâmica do Centro Urbano de Florianópolis, tirada no Morro da Cruz.



Foto: João Ricardo Z. Scharf

Figura 2 – Vista Panorâmica do Centro Urbano de Florianópolis

## 5 DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO VALOR DOS IMÓVEIS

### 5.1. Etapas da pesquisa

Com apoio em conceitos extraídos do Método dos Valores Hedônicos e da Engenharia de Avaliações, e utilizando-se o método comparativo de dados de mercado, pretende-se chegar a uma equação de regressão múltipla que relacione o valor da propriedade com fatores ambientais, entre outros fatores locais e/ou físicos dos imóveis.

Esta etapa é necessária para a valoração econômica de componentes do meio ambiente urbano (praças, áreas de lazer, áreas verdes, paisagens, etc.) como será demonstrado mais adiante.

Esta parte da pesquisa foi desenvolvida através das etapas que podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 3 e descritas abaixo.

1. Definição das variáveis: esta etapa foi dividida em duas sub-etapas:
  - 1.1. Variáveis relacionadas ao imóvel: procurou-se levantar todas as variáveis que poderiam ser importantes na formação do valor dos imóveis, como características do condomínio e do seu entorno, características do apartamento e sua localização na área de estudo.
  - 1.2. Variáveis ambientais: após análise da área de estudo, as variáveis ambientais consideradas relevantes foram: ruído (poluição sonora), vista panorâmica, distância a uma área verde e distância a Avenida Beira Mar Norte.
2. Pesquisa de mercado: buscou-se informações sobre apartamentos comercializados e a venda na região de estudo, através de consultas aos classificados dos jornais e visitas a imobiliárias.
3. Análise das variáveis: foi definido o tipo e os valores possíveis para as variáveis.
4. Elaboração de mapa digital: através da digitalização da base cartográfica 1:10.000 do IPUF/1979. A digitalização foi feita através de mesa digitalizadora. A edição do mapa também foi realizada nesta etapa.
5. Localização dos imóveis na área de estudo: a posição dos imóveis foi marcada no mapa digital, para indicar onde seriam feitas as medições de ruído e possibilitar as medidas de distância até as áreas verdes e a Avenida Beira Mar Norte.
6. Levantamento dos níveis de ruído: utilizando-se de decibelímetro e com os imóveis localizados no mapa, realizou-se as medidas de ruído junto a todos os imóveis da amostra.
7. Realização das medidas de distâncias a áreas verdes e a Av. Beira Mar Norte: realizou-se as medidas de distância, utilizando-se as ferramentas próprias do *software* utilizado no tratamento da base digital.
8. Determinação da equação de regressão múltipla: utilizando-se *software* específico para Engenharia de Avaliações, obteve-se o modelo que melhor se ajusta aos dados de mercado.
9. Análise dos resultados.

METODOLOGIA: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO VALOR DOS IMÓVEIS

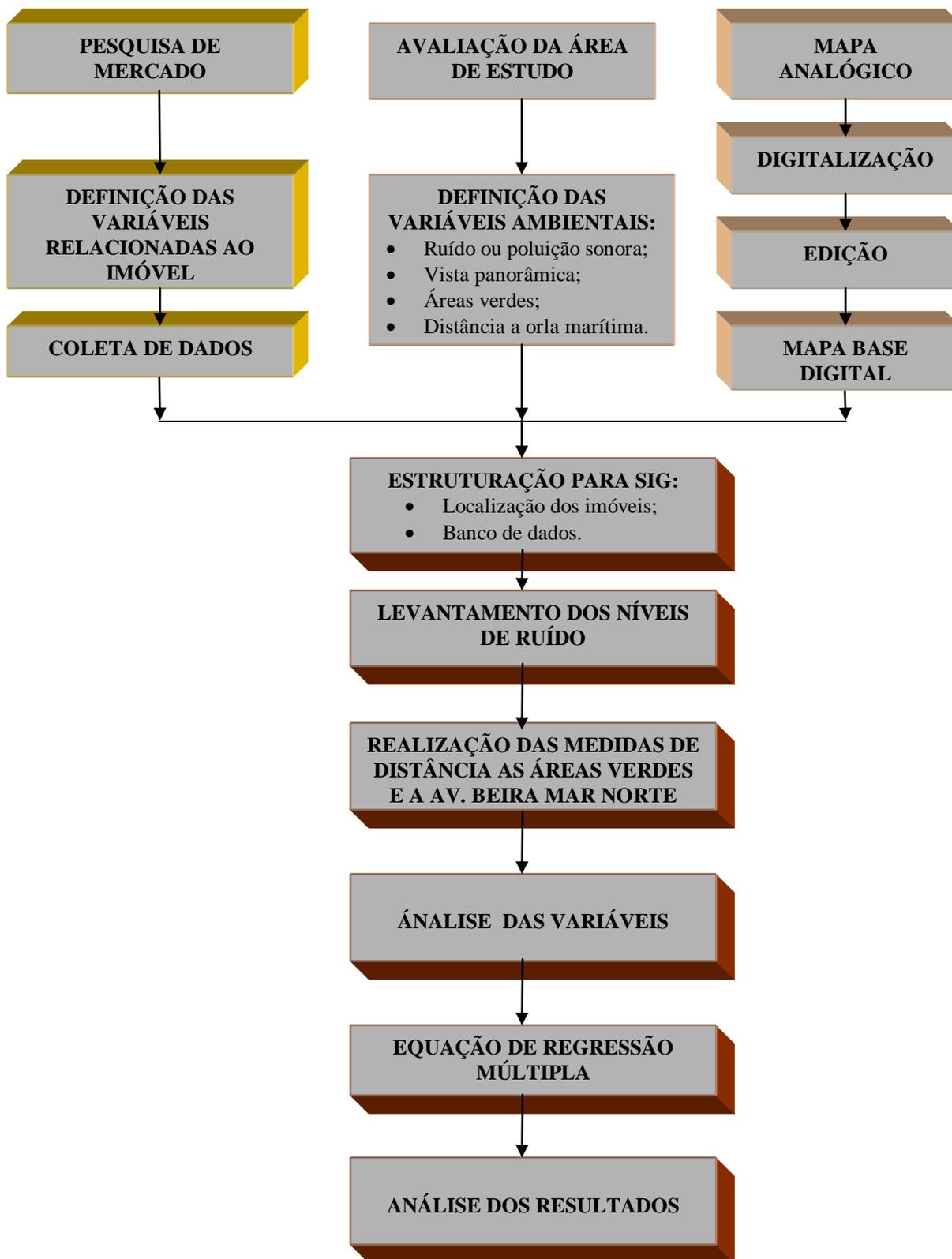


Figura 3 – Fluxograma para determinação da influência das variáveis ambientais no valor dos imóveis (UBERTI, 2000)

## 5.2 Pesquisa dos valores de imóveis

A amostra analisada (Anexo A) é composta de 88 (oitenta e oito) imóveis do tipo apartamento, novos e usados, levantados em classificados de jornais e por entrevistas nas imobiliárias. Os dados sobre os imóveis foram coletados através de fichas específicas para cada imóvel, aplicando metodologia recomendada pela NB – 502/89. Foram levantados dados sobre a identificação do imóvel, sua localização, as características e infra-estrutura do condomínio, as características e infra-estrutura do apartamento, os dados sobre o preço de oferta em valores à vista e/ou financiado, os quais foram transformados em preço à vista, e a fonte de informação.

A amostra de 88 (oitenta e oito) imóveis considerados para as análises, foi obtida no período de agosto de 1998 a dezembro de 1999. Uma parte da amostra, cerca de 52 (cinquenta e dois) imóveis, foi coletada em agosto de 1998 e agosto de 1999. As informações dos outros 36 (trinta e seis) imóveis foram coletadas entre outubro e novembro de 1999.

O período de coleta dos dados caracterizou-se por uma grande estabilidade dos índices econômicos e dos preços do mercado imobiliário local, na região delimitada para o estudo. Para analisar uma possível influência dos efeitos da desvalorização monetária e valorização imobiliária, no período e região considerados, realizou-se um pré-estudo por inferência estatística, com a utilização de uma variável “Data”, identificando o período da coleta dos dados, para uma avaliação rigorosa. Esta variável não se mostrou significativa para a avaliação. Portanto, não se encontrou evidência desses efeitos (desvalorização monetária e valorização imobiliária) com significação estatística. Por isso, o valor coletado dos imóveis não teve correção, sendo utilizado na análise os preços pesquisados.

Foi realizada uma vistoria exterior de todos os elementos da amostra, verificando-se os seguintes aspectos: localização precisa do prédio, acessibilidade, disponibilidade (prédio concluído ou em construção), idade aparente, estado de conservação, padrão de acabamento, número de blocos, segurança e as características do entorno. A vistoria realizada permitiu a verificação de algumas informações de interesse, principalmente quanto a localização do prédio e quanto a existência de vista panorâmica.

## 5.3 Obtenção e utilização do mapa digital

A utilização do mapa em meio digital, foi de fundamental importância para a realização deste trabalho. A cartografia digital vem sendo utilizada nas mais variadas áreas de pesquisa, pois quando aliada aos recursos computacionais, tem-se maior agilidade na produção de diagnósticos e maiores possibilidades de atualização dos dados, além de fornecer dados cartográficos num formato cada vez mais solicitado por planejadores e gerentes de recursos.

Para a obtenção do mapa digital da área de estudo, foi necessário digitalizar a folha SG.22-Z-D-V-2-NE-F e a folha SG.22-Z-D-V-2-NE-D do IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) na escala 1:10.000 obtida por levantamento aerofotogramétrico de 1979. A entrada de dados em meio digital, foi através de mesa digitalizadora tamanho A1, gerando arquivos vetoriais.

Após a digitalização das folhas, executou-se a edição do mapa, procurando estruturá-lo para SIG (Sistema de Informação Geográfica).

## 5.4 Formulação do modelo de avaliação

A tentativa de relacionar os efeitos da qualidade ambiental à variação dos valores imobiliários, partiu da hipótese fundamental de que a qualidade ambiental, ocasiona uma valorização ou uma desvalorização nas propriedades. Sendo o preço do imóvel função dos atributos ambientais, ele pode ser utilizado como parâmetro de avaliação da qualidade ambiental.

Assim fundamentado, a equação que reflete este conceito de maneira genérica foi assim formulada:

$$V_i = f(VF_{1i}, VF_{2i}, \dots, VF_{ni}, VA_{1i}, VA_{2i}, \dots, VA_{mi}) \quad [4]$$

onde:  $V_i$  – valor da propriedade  $i$ ;

$VF_{ni}$  – características físicas de cada propriedade (ex.: área, número de quartos, idade aparente, etc.);

$VA_{mi}$  – características ambientais individuais de cada propriedade (ex.: ruído, vista panorâmica, qualidade do ar, etc.).

Para estabelecer esta relação de multivariáveis, a partir de uma amostra de dados de mercado, a aplicação da regressão linear múltipla dos preços sobre as características residenciais e ambientais, fornece modelos do tipo:

$$V_i = a + b_1 VF_{1i} + b_2 VF_{2i} + \dots + b_n VF_{ni} + b_{(n+1)} VA_{1i} + \dots + b_{(n+m)} VA_{mi} + e_0 \quad [5]$$

onde:  $V_i$  – valor da propriedade  $i$ ;

$b_1$  a  $b_{(n+m)}$  – parâmetros a serem estimados: são os preços implícitos para as características da propriedade ( $VF_1$  a  $VF_n$ ) e as características ambientais ( $VA_1$  a  $VA_m$ );

$VF_{ni}$  – variáveis físicas de cada propriedade;

$VA_{mi}$  – variáveis ambientais de cada propriedade;

$a$  – constante;

$e_0$  – erro.

Os parâmetros ( $b_1$  a  $b_{(n+m)}$ ,  $a$ ,  $e_0$ ) foram obtidos com a análise da equação de regressão linear múltipla, da variável dependente (valor dos imóveis levantados), sobre as variáveis independentes (atributos físicos, locacionais e ambientais) que representam as características das propriedades e sua qualidade ambiental.

## 5.5 Variáveis ambientais consideradas

### 5.5.1 Ruído

Ruído é normalmente considerado como um som indesejável, produto das atividades diárias de uma comunidade.

O ruído gerado pelo tráfego é classificado como um dos tipos mais agressivos devido ao seu predomínio em relação aos demais ruídos. É um dos principais responsáveis pelo desconforto acústico, e *stress* apresentado por moradores de regiões urbanas e suburbanas.

O ruído do tráfego no interior das residências, é uma das principais causas de insatisfação expressa pelas pessoas (DANTAS, 2000). O ruído, a partir de uma certa intensidade, afeta as pessoas, causa incômodo e perturbação, interfere no sono e no desempenho das atividades.

O tráfego urbano é a causa principal da poluição do ar ao redor das grandes áreas metropolitanas. SILVA (1998) analisou os níveis de ruído e monóxido de carbono gerados pelo tráfego veicular urbano, em alguns pontos da cidade de Florianópolis. Em todos os pontos analisados, a concentração de monóxido de carbono, manteve-se muito abaixo dos limites críticos padronizados.

Por isso, neste trabalho, a poluição atmosférica não será analisada separadamente. Contudo, sabe-se que a poluição do ar originada pelo tráfego urbano, é maior onde a poluição sonora gerada pelos veículos for grande, estando pois, estas duas variáveis associadas.

No mercado imobiliário, o ruído poderá afetar os valores das propriedades. A hipótese fundamental é que o ruído ocasiona uma desvalorização e que uma equação incorporando os preços de características que diferenciam cada uma das propriedades pesquisadas, deverá comprovar esta perda.

Nesta pesquisa, os níveis de ruído foram coletados utilizando-se um medidor de nível sonoro, com escala de 40 a 100 dB (A), com mostrador digital. Os procedimentos para a coleta obedeceram a NBR 10151/87, norma para “Avaliação em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”. A NBR 10151/87, determina os limites do nível sonoro ou nível critério em função do uso do solo, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Nível critério

Tipo de Zona	Diurno dB (A)	Noturno dB (A)
Zona de Hospitais	45	40
Residencial Urbana	55	50
Centro da Cidade (comércio, negócios, administração)	65	60
Área Industrial	70	65

Fonte: ABNT, NBR 10151 (1987)

A Tabela 2 mostra uma estimativa da reação pública que pode ser esperada quando o nível sonoro ultrapassar o nível critério.

Tabela 2 - Resposta estimada da comunidade ao ruído

Valor em dB (A) pelo qual o nível sonoro ultrapassa o nível critério	Resposta estimada da comunidade	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito enérgicas	Ação comunitária rigorosa

Fonte: ABNT, NBR 10151 (1987)

O foco desta pesquisa foi o uso residencial urbano, e pela recomendação da NBR 10151/87, o nível máximo permitido ou nível critério para o período diurno é de 55 dB (A). Por isso, foi adotado o seguinte critério: quando as medidas de ruído realizadas, ultrapassarem em 10 dB (A) o nível critério de 55 dB (A), o imóvel foi classificado como localizado em rua com ruído, que pela resposta da comunidade é classificado na categoria média, com queixas generalizadas. Abaixo deste valor de 10 dB (A), a classificação foi de rua sem ruído.

### **5.5.2 Vista panorâmica**

A utilização da variável vista panorâmica, ou linda vista, é muito importante para a região em estudo.

Por hipótese, as propriedades que oferecem ao seu provável comprador, uma linda vista para o mar ou para áreas verdes, são mais valorizadas do que outras que não possuem este atributo.

### **5.5.3 Áreas verdes**

A existência de áreas verdes é uma necessidade nas cidades, em função dos benefícios que as mesmas proporcionam no âmbito da qualidade ambiental. A arborização urbana contribui para o controle da radiação solar, na temperatura e umidade do ar, na ação dos ventos e da chuva, ameniza a poluição do ar e a poluição sonora, oferecem sombra, valorizam economicamente as propriedades e são locais de lazer para a população.

Neste trabalho, serão consideradas áreas verdes públicas, algumas praças arborizadas e áreas verdes de uso particular localizadas no centro de Florianópolis. Como praças arborizadas temos a Praça XV de Novembro, a Praça Getúlio Vargas, a Praça Esteves Júnior, a Praça dos Namorados, o Largo Benjamim Constant e o Mirante da Ponte Hercílio Luz, que apesar de não ser área verde arborizada foi considerada por ser um ponto de vista, onde toda a Baía Sul e a Ponte Hercílio Luz podem ser apreciadas. Como área arborizada de uso particular, temos a área do Exército, localizada na Rua Bocaiúva, por ser de grande importância como área verde.

A hipótese considerada é que a proximidade a estas áreas pode ocasionar uma valorização nos imóveis. A utilização desta variável na equação de regressão poderá mostrar esta valorização.

Para medir a distância do imóvel à área verde utilizou-se o mapa digital já citado anteriormente. A distância, em metros, foi medida pelo eixo da rua, do prédio onde o imóvel da amostra está localizado até a área verde mais próxima.

### **5.5.4 Avenida Beira Mar Norte**

A região da Avenida Beira Mar Norte é considerada área nobre, os imóveis localizados ao longo de sua via, são os mais valorizados da região do Centro de Florianópolis. A avenida delimita a orla marítima, com vias de tráfego em dois sentidos, além de calçadas e uma ciclovia que a população utiliza para passeios e caminhadas.

Da mesma forma que na variável área verde, para medir a distância dos imóveis da amostra até a Avenida Beira Mar Norte, utilizou-se o mapa digital. A distância foi medida pelo eixo da rua, pelo caminho mais curto, em metros. A Figura 4 mostra um exemplo de como a distância a Avenida foi realizada, para o Imóvel 18.

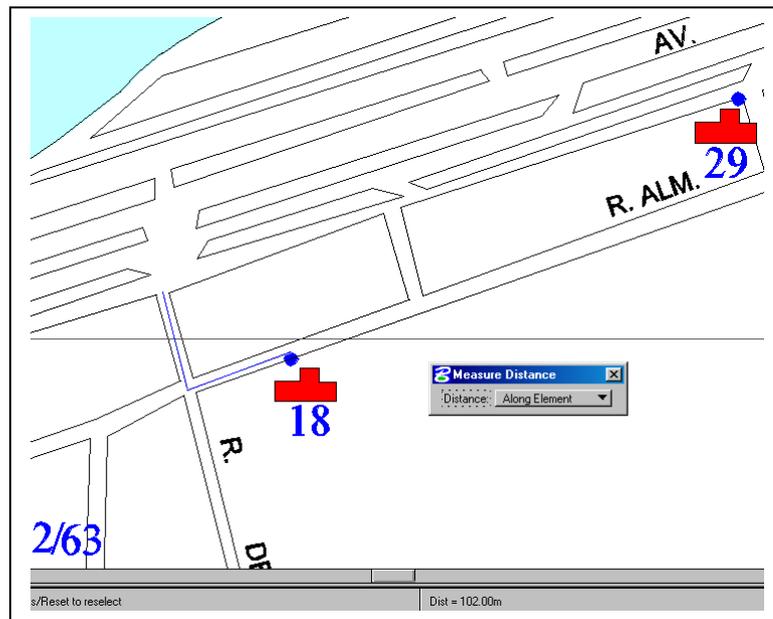


Figura 4 – Distância à Avenida Beira Mar

## 5.6 Variáveis consideradas

Na busca de um modelo para explicar a variação de preços no mercado imobiliário, foram testadas diversas variáveis. A seguir serão descritas aquelas que se mostraram significativas na análise de regressão.

a) Variável Dependente:

- **Valor Unitário [V.U.]:** Determinou-se o valor do apartamento por metro quadrado de área total como variável dependente.

b) Variáveis Independentes:

- **Área Total [Área]:** Utilizou-se a área total do apartamento em metros quadrados.
- **Idade Aparente [IA]:** Neste trabalho, utilizou-se a idade que o apartamento aparenta ter (considerou-se assim seu estado de conservação), não a idade real da construção.
- **Andar [Andar]:** É o número do andar do apartamento.
- **Suítes [Suítes]:** É uma variável qualitativa: se o apartamento não tiver suíte seu valor é igual a 1, se tiver uma suíte igual a 100, duas suítes igual a 200, etc.
- **Distância a Avenida Beira Mar [Dist. BM]:** É a distância em metros, pelo eixo da rua do prédio onde os apartamentos estão localizados até a Avenida Beira Mar Norte.
- **Vista Panorâmica [Vista]:** A variável ambiental vista panorâmica é uma variável dicotômica: se o apartamento tiver vista panorâmica a variável vista assume valor igual a 100, se não tiver vista seu valor será 1.
- **Sem Ruído na rua [Sem Ruído]:** A variável ambiental Sem Ruído é uma variável dicotômica: se o apartamento está localizado em rua sem ruído, conforme definido no item 5.5.1 terá valor 100, se estiver localizado em rua com ruído terá valor 1.
- **Área Verde a uma distância de XX metros [AV XX m]:** é uma variável dicotômica: se o apartamento está localizado até XX metros da área verde assumirá valor 100, ultrapassando XX metros terá valor 1. Foram testadas as seguintes distâncias: até 100m, 150m, 200m, 250m e 300 metros.

## 6 METODOLOGIA PARA VALORAÇÃO AMBIENTAL

### METODOLOGIA: VALORAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREA URBANA

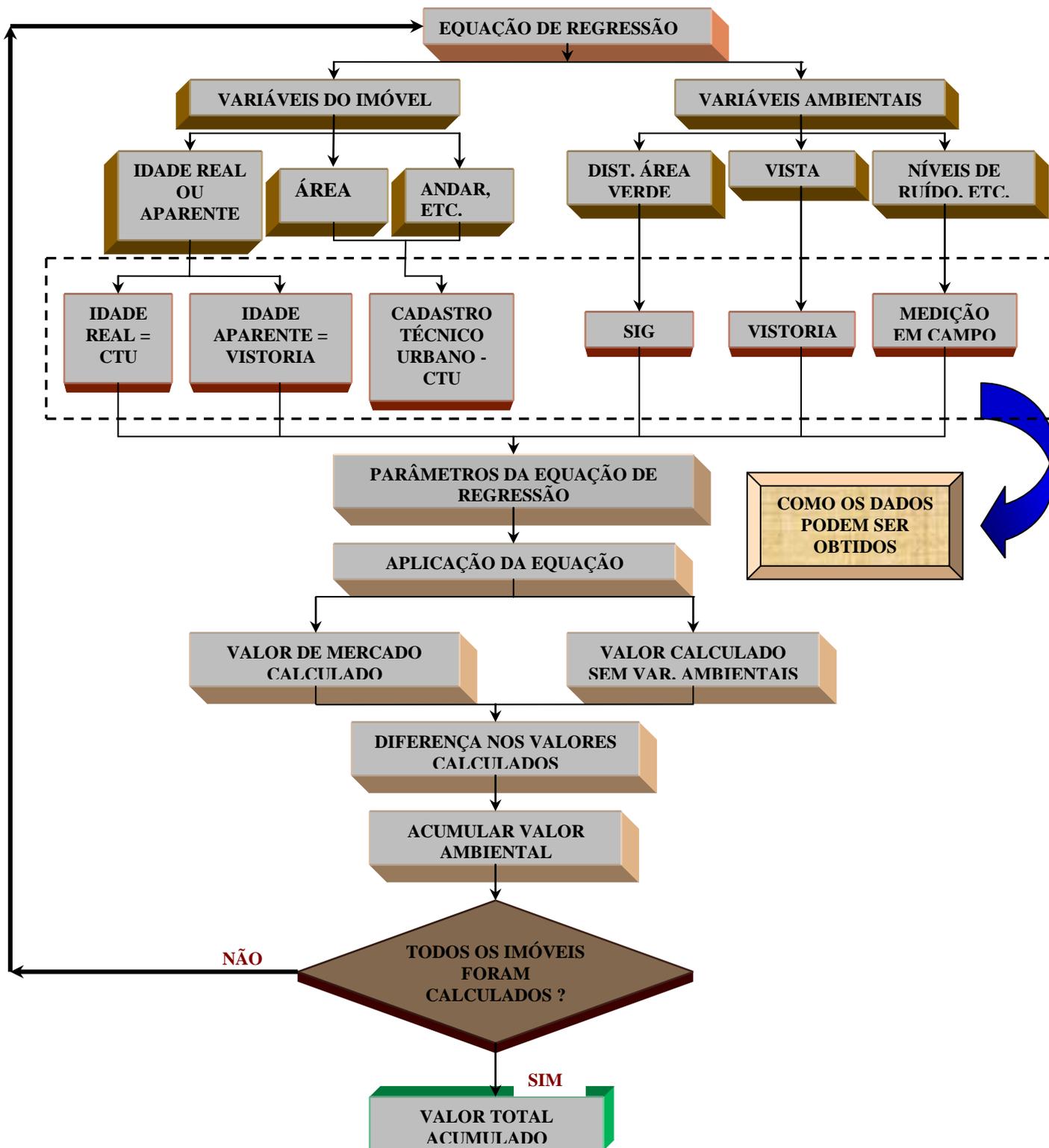


Figura 5 – Fluxograma para valoração ambiental em área urbana (UBERTI, 2000)

Um fluxograma que mostra as etapas da metodologia proposta para a valoração ambiental de um componente do meio urbano (praças, áreas de lazer, áreas verdes, paisagens, etc.) é mostrado na Figura 5.

Uma aplicação prática desta metodologia também foi feita na mesma área de estudo já descrita. Os resultados obtidos serão analisados na seção 7.

## 7 RESULTADOS E ANÁLISES

### 7.1. Influência das variáveis ambientais no valor dos imóveis

Outras variáveis independentes, além daquelas descritas no item 5.6 foram testadas, porém nem todas demonstraram exercer influência a nível estatístico na formação dos valores dos imóveis. Na busca do melhor modelo, as variáveis independentes foram testadas na forma direta, exponencial, inversa, logarítmica e potencial.

#### 7.1.1 Equação de regressão

A equação do modelo de regressão múltipla obtida para a região estudada, foi a seguinte:

$$\begin{aligned} [\text{Valor/m}^2] = & 924,58 - 0,4613 \times [\text{Área}] - 8,4130 \times [\text{IA}] + 10,146 \times [\text{Andar}] + \\ & + 0,6975 \times [\text{Suítes}] - 0,06022 \times [\text{Dist. BM}] - 53,151 / [\text{Vista}] - \\ & - 73,113 / [\text{Sem Ruído}] - 53,367 / [\text{AV 250m}] \end{aligned} \quad [6]$$

#### 7.1.2 Análise da equação

Analisando-se a equação, pode-se fazer algumas considerações:

- A variável área total do apartamento [Área], tem sinal negativo, ou seja, o valor do metro quadrado diminui em apartamentos com área maior, confirmando o que já era esperado. O valor unitário [Valor/m<sup>2</sup>] diminui R\$ 0,46 por metro quadrado de área total na região estudada.
- A variável idade aparente [IA] tem sinal negativo, pois esta variável representa a idade que o apartamento aparenta ter, e a depreciação do imóvel está diretamente ligada ao tempo de uso do imóvel. O coeficiente para a variável [IA] é igual a R\$/m<sup>2</sup> 8,41; sendo esta a depreciação para cada ano de construção dos apartamentos da amostra.
- A variável número do andar [Andar], tem sinal positivo e reflete a valorização que ocorre nos apartamentos que estão em andares mais altos. O valor unitário [Valor/m<sup>2</sup>] aumenta R\$ 10,14 por andar.
- A variável número de suítes [Suítes] tem sinal positivo. Se o apartamento tiver uma suíte o acréscimo no valor unitário é de R\$ 69,05 em relação a um apartamento sem suítes; para duas suítes o acréscimo é de R\$ 138,80; três suítes, R\$ 208,55; quatro suítes, R\$ 278,30.
- A variável ambiental distância a Avenida Beira Mar Norte [Dist. BM] tem sinal negativo e comportamento linear, ou seja, a desvalorização no valor unitário [Valor/m<sup>2</sup>], para cada metro de distância da Avenida, é de R\$ 0,06.
- A variável ambiental vista panorâmica [Vista] assumiu função inversa. A função inversa e o sinal negativo se mostram coerentes, isto é, se o apartamento tem vista, seu valor unitário [Valor/m<sup>2</sup>], vai decrescer menos pois o regressor será dividido por 100 ( o que representa R\$ 0,53) e se não tiver vista, seu valor decrescerá em R\$ 53,15. Ou seja, o fato de apresentar vista panorâmica, valoriza o apartamento em R\$/m<sup>2</sup> 52,62 em relação a um apartamento sem vista.

- g) A variável sem ruído na rua [Sem Ruído] assumiu a função inversa e tem sinal negativo. Com o mesmo tipo de comportamento da variável vista panorâmica, o valor unitário [Valor/m<sup>2</sup>] do apartamento, vai ter um decréscimo de R\$ 72,38 se estiver situado numa rua com ruído, em relação a uma rua sem ruído excessivo.
- h) A variável ambiental área verde a uma distância de 250 metros [AV 250m], assumiu a função inversa e tem sinal negativo. Esta variável situa o imóvel em relação a uma área verde próxima, isto é, se o imóvel estiver a uma distância maior de 250 metros terá um decréscimo de R\$ 52,83 em seu valor unitário em relação a um imóvel que está próximo de uma área verde.

Analisando-se o modelo, pode-se verificar que todos os sinais estão coerentes, refletindo o comportamento esperado para as variáveis consideradas.

### 7.1.3 Significância dos regressores

Na Tabela 3 são apresentados os valores *t* de Student e a significância para cada regressor da equação, considerando teste bicaudal. Observa-se que todas as variáveis passaram com folga no teste exigido pela Norma.

Tabela 3 – Significância dos regressores

Variável	Coefficiente	t Calculado	Significância	Aceito
Área	b1	-4,398	3,8x10 <sup>-3</sup> %	Sim
IA	b2	-6,587	6,6x10 <sup>-7</sup> %	Sim
Andar	b3	3,391	0,11%	Sim
Suítes	b4	5,910	1,1x10 <sup>-5</sup> %	Sim
Dist. BM	b5	-2,764	0,7%	Sim
Vista	b6	-2,424	1,8%	Sim
Sem Ruído	b7	-3,404	0,11%	Sim
AV 250m	b8	-2,915	0,5%	Sim

### 7.1.4 Estatísticas de regressão

O coeficiente de correlação encontrado foi  $r = 0,8135$ , o que representa uma relação forte entre a variável dependente e as variáveis independentes.

A equação representativa do modelo obteve, para as variáveis e coeficientes respectivos, um coeficiente de determinação  $r^2 = 0,6618$ .

O erro padrão ou desvio padrão da equação de regressão pode ser estimado a partir da dispersão observada na amostra em relação à reta de regressão. O desvio padrão da regressão ( $s_e$ ) é 79,41 R\$/m<sup>2</sup>.

O coeficiente de variação *CV* também é um indicador da qualidade do ajustamento obtido, pois mede a dispersão relativa das observações. O resultado é tanto melhor quanto menor for o coeficiente de variação. O coeficiente de variação da equação de regressão foi de:

$$CV = s_e / Y_{med} = 0,174 = 17,4 \% \quad [7]$$

que é um valor aceitável.

O gráfico da Figura 6, mostra que existe uma grande dispersão do valor unitário em relação à sua média aritmética.

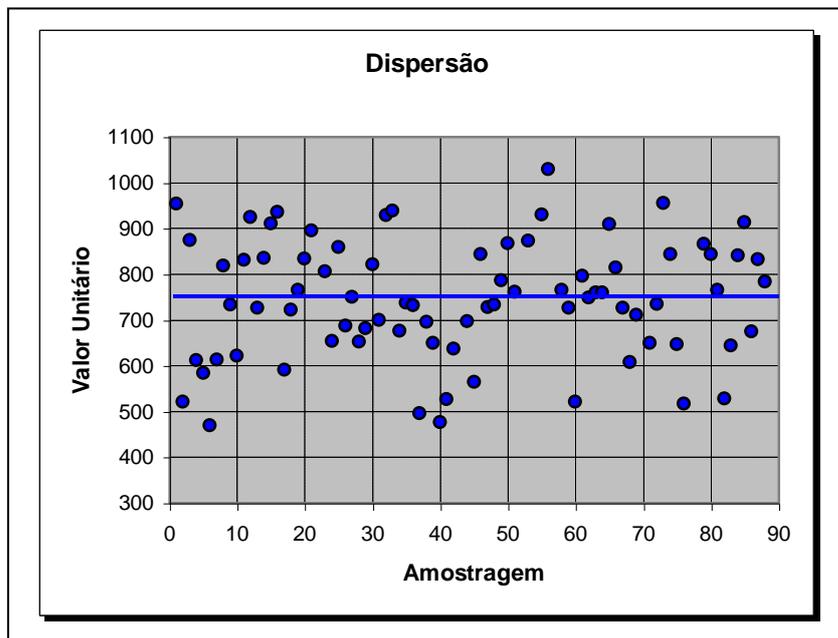


Figura 6 – Gráfico da dispersão em torno da média

### 2.7.1.5 Intervalo de confiança para os regressores ( $b_i$ )

A Tabela 4 apresenta os limites superior e inferior de cada regressor, para um nível de confiança de 80%.

Tabela 4 – Intervalo de Confiança para os Regressores (80%)

Variáveis	Coefficiente	D. Padrão	Mínimo	Máximo
Área	$b_1 = -0,461$	0,139	-0,641	-0,280
IA	$b_2 = -8,413$	1,451	-10,290	-6,535
Andar	$b_3 = 10,145$	3,376	5,777	14,514
Suítes	$b_4 = 0,697$	0,159	0,491	0,903
Dist. BM	$b_5 = -6,021 \times 10^{-2}$	$2,570 \times 10^{-2}$	$-9,346 \times 10^{-2}$	$-2,696 \times 10^{-2}$
Vista	$b_6 = -53,150$	25,903	-86,658	-19,642
Sem Ruído	$b_7 = -73,113$	24,718	-105,088	-41,137
AV 250m	$b_8 = -53,366$	19,610	-78,735	-27,998

### 2.7.1.6 Análise de variância

A Tabela 5 apresenta os valores para a análise da variância. A significância do modelo é igual a  $6,0 \times 10^{-12}\%$ .

Tabela 5 – Análise de variância

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Variância	F calculado
Explicada	$8,762 \times 10^5$	8	$1,095 \times 10^5$	17,37
Não Explicada	$4,477 \times 10^5$	71	6305,976	
Total	$1,323 \times 10^6$	79	16759,060	

**2.7.1.7 – Número Mínimo de dados**

Para avaliação a nível rigoroso especial, a NB - 502/89 exige um número de dados definido pela expressão:

$$n \geq 2K + 5 \tag{8}$$

e  $n \geq 3K \tag{9}$

onde: n = número de dados amostrais = 80

K = número de variáveis independentes (k) mais a dependente = 9

logo,  $n = 80 > 23 (=2 \times 9 + 5)$

e  $n = 80 > 27 (=3 \times 9)$

Fica, pois, atendida a condição para Avaliação Rigorosa Especial.

**2.7.1.8 Outliers**

O gráfico da Figura 7 evidencia três elementos suspeitos de serem *outliers*. Contudo, optou-se por deixá-los na amostra, por não apresentarem comportamento que destoasse excessivamente dos demais, fazendo parte da nuvem de dispersão, característica dos dados da amostra.

Os elementos suspeitos de serem *outliers* são os dados de números 6, 56 e 73 (os elementos amostrais são apresentados no Anexo A).

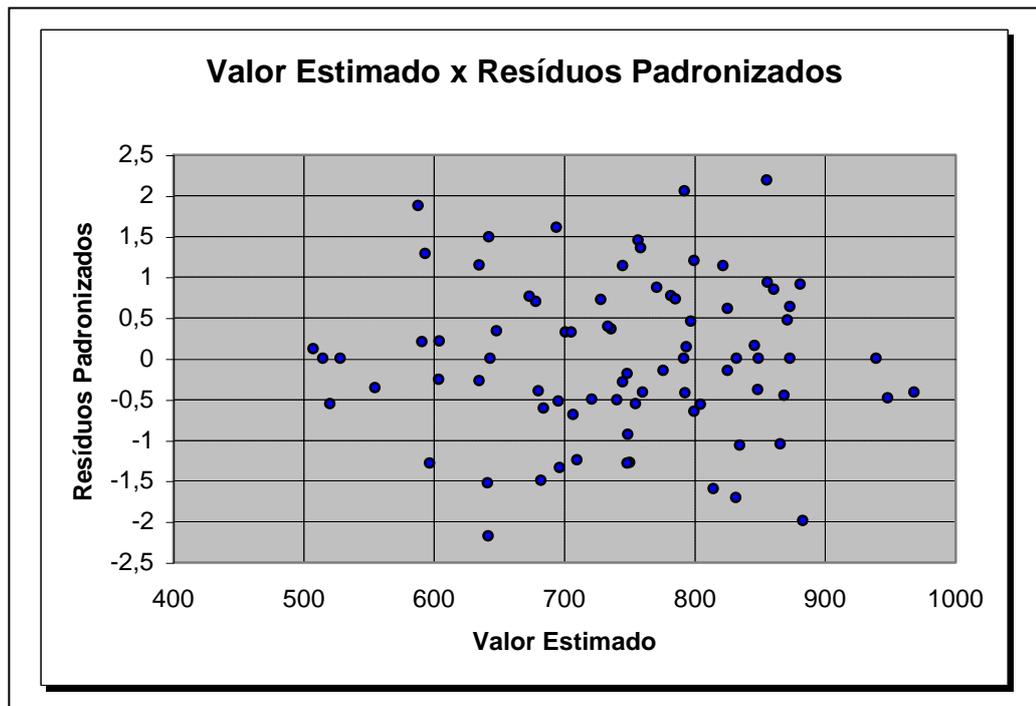


Figura 7 – Gráfico de Indicação de Outliers

### 7.1.9 Multicolinearidade

A Tabela 6 apresenta a matriz de correlações parciais, que mostra que não existe nenhuma correlação forte entre as variáveis consideradas.

Tabela 6 – Correlações Parciais

	Valor/m2	Área	IA	Andar	Suítes	Dist. BM	Vista	Sem Ruído	AV 250m
Valor/m2	1,0000								
Área	0,2081	1,0000							
IA	-0,6209	-0,2537	1,0000						
Andar	0,4145	0,2965	-0,2752	1,0000					
Suítes	0,4385	0,6099	-0,3018	0,2279	1,0000				
Dist. BM	-0,2178	-0,1290	-0,0515	-0,1734	-0,0880	1,0000			
Vista	-0,2374	-0,1483	-0,0223	-0,2483	0,0540	0,4381	1,0000		
Sem Ruído	-0,1970	-0,0856	0,2517	0,0119	0,0588	-0,2627	0,0128	1,0000	
AV 250m	-0,1954	-0,0431	0,0507	0,0963	-0,1557	0,0080	0,0125	-0,2566	1,0000

### 2.7.1.10 Homocedasticidade

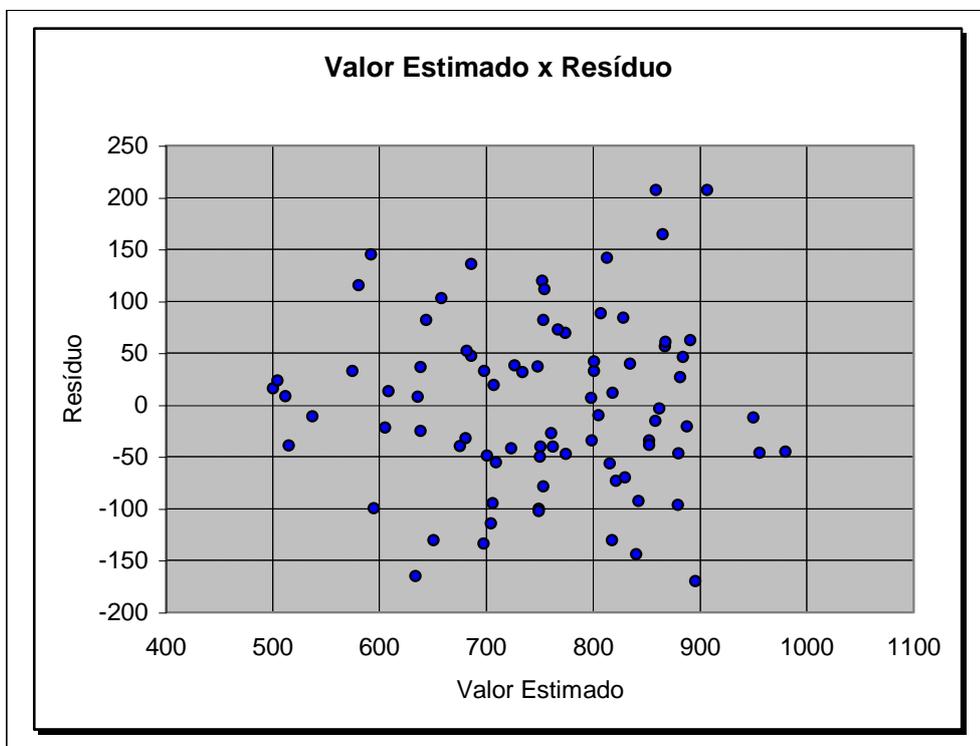


Figura 8 – Gráfico para análise de homocedasticidade

Na Figura 8 pode-se observar que os resíduos estão distribuídos aleatoriamente, não indicando nenhuma tendência, podendo-se considerar o modelo homocedástico.

**2.7.1.11 Normalidade dos resíduos**

Pelos valores apresentados na Tabela 7, pode-se considerar que os resíduos tem distribuição normal.

Tabela 7 – Distribuição dos resíduos padronizados

Intervalo	Distribuição de Gauss	% de Resíduos no Intervalo
$-1 \leq DP \leq +1$	68,3 %	68,75 %
$1,64 \leq DP \leq +1,64$	89,9 %	92,50 %
$1,96 \leq DP \leq +1,96$	95,0 %	95,00 %

**7.1.12 Autocorrelação**

Neste caso obteve-se  $DW = 1,57$  para um nível de significância de 5,0%

Da tabela da estatística de Durbin-Watson:

$$DL = 1,51 \text{ e } DU = 1,77$$

Como  $DL < DW < DU$ , o teste de Durbin-Watson é inconclusivo. Contudo, o gráfico dos resíduos ( $e_i$ ) x ( $e_{i-1}$ ) apresentado na Figura 9, mostra que não existe uma tendência nítida de autocorrelação. Isto permite concluir pela independência dos resíduos (inexistência de autocorrelação).

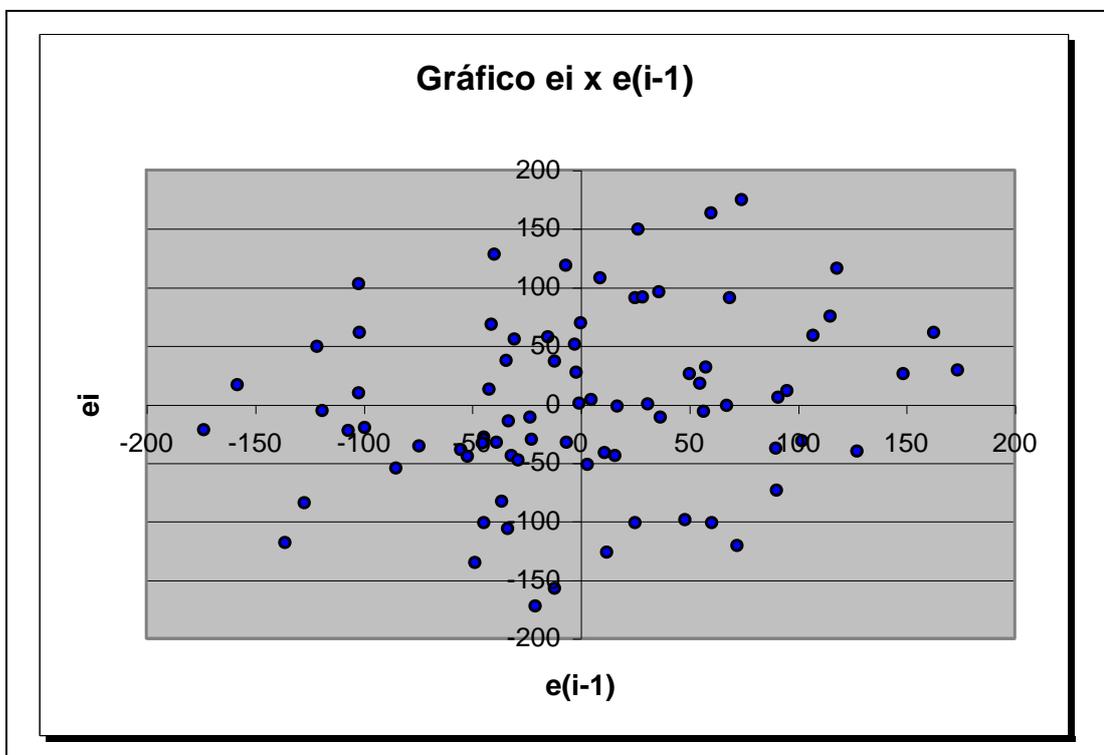


Figura 9 – Gráfico para autocorrelação

### 7.1.13 Outros comentários sobre a equação de regressão

A equação comprovou a hipótese fundamental deste trabalho: a influência de variáveis ambientais nos valores dos apartamentos. Todas as análises feitas permitem classificar esta avaliação como rigorosa especial, de acordo com a classificação da norma NB – 502/89, que fixa diretrizes para a avaliação de imóveis urbanos.

Com relação ao valor do coeficiente de determinação, foram realizados testes na tentativa de aumentar seu valor. Em novos processamentos foram retirados da amostra os elementos 6, 56, 67 e 73 (Anexo A), suspeitos de serem *outliers*. O valor passou de  $r^2 = 0,6618$  para  $r^2 = 0,7103$ , um aumento de 0,0485 ou 4,85%, sendo que o número de dados retirados da amostra passou de 8 para 12 elementos, equivalendo a 13,6% da amostra. Diante disso, e em função de que estes elementos fazem parte da nuvem de dispersão correspondente aos elementos amostrais (vide Figura 7), optou-se por continuar com o modelo com  $r^2 = 0,6618$ , encontrado para 80 elementos amostrais válidos. Expurgou-se da amostra 8 elementos (números 22, 43, 52, 54, 57, 70, 77 e 78 do Anexo A).

### 7.1.14 Análise da influência das variáveis ambientais

Para realizar uma análise da influência das variáveis ambientais, a amostra foi separada em 3 (três) grupos. No grupo 1, estão os apartamentos que possuem 2 (dois) dormitórios, no grupo 2 apartamentos com 3 (três) dormitórios e no grupo 3 os apartamentos com 4 (quatro) dormitórios.

Extraíndo-se as médias aritméticas dos valores das variáveis, para o Grupo 1, obteve-se um apartamento tipo para este grupo. Este elemento médio tem os seguintes valores para as variáveis: área igual a 120,20 m<sup>2</sup>, idade aparente igual a 5,20, número do andar igual a 4 e sem suítes (o que implica que esta variável assume valor igual a 1 na equação). Fixando-se a variável distância a Avenida Beira Mar em 511,16 metros (distância média desta variável na amostra), calculou-se o valor unitário, em função das outras variáveis ambientais, do caso mais favorável ao menos favorável (mais favorável, o apartamento tem vista panorâmica ([Vista] = 100), sem ruído na rua ([Sem Ruído] = 100) e área verde a um distância de 250 metros ([AV 250m] = 100); menos favorável o apartamento não tem vista ([Vista] = 1), com ruído na rua ([Sem Ruído] = 1) e área verde a um distância de mais de 250 metros ([AV 250m] = 1)). Este apartamento médio, tem seu valor unitário variando entre R\$/m<sup>2</sup> 834,08 para o caso mais favorável e R\$/m<sup>2</sup> 656,25 para o menos favorável. A diferença no valor é igual a R\$/m<sup>2</sup> 177,83; ou seja, as variáveis ambientais favoráveis provocaram uma valorização no valor unitário do apartamento, equivalente a 27%.

Aplicando-se o mesmo procedimento, para o Grupo 2 (apartamentos com 3 dormitórios), o elemento fictício, teve as seguintes características: área igual a 173,39 m<sup>2</sup>, idade aparente igual a 7,92, número do andar igual a 5, com 1 suíte (o que implica que esta variável assume valor igual a 100 na equação) e a variável distância a Avenida Beira Mar 511,16 metros. Para o caso mais favorável o valor unitário foi de R\$/m<sup>2</sup> 865,82 e R\$/m<sup>2</sup> 687,99 para o menos favorável. Neste caso, as variáveis ambientais favoráveis proporcionaram um aumento no valor unitário do apartamento equivalente a 26%.

Para o Grupo 3 (apartamentos com 4 dormitórios), o elemento fictício, teve os seguintes valores: área igual a 317,73 m<sup>2</sup>, idade aparente igual a 3,45, número do andar igual a 6, com 2 suítes suítes (o que implica que esta variável assume valor igual a 200 na equação) e a variável distância a Avenida Beira Mar 511,16 metros. Para o caso mais favorável o valor unitário foi de R\$/m<sup>2</sup> 916,74 e R\$/m<sup>2</sup> 738,91 para o menos favorável. Para este grupo, a ocorrência de variáveis ambientais favoráveis provocou um aumento no valor unitário do apartamento equivalente a 24%.

Outras análises podem ser realizadas, utilizando-se do mesmo procedimento anterior. Para cada grupo, fixa-se as variáveis área, idade aparente, andar, suítes e distância a Beira Mar. Calcula-se o valor unitário, para o caso mais favorável (com vista panorâmica, rua sem ruído e distância a área verde até 250 metros) e para o caso menos favorável (sem vista panorâmica, rua com ruído e distância a área verde mais de 250 metros). Na Tabela 8, estão algumas das análises que foram realizadas.

Na análise desta tabela deve-se lembrar que os valores encontrados dizem respeito ao imóvel médio definido para cada grupo, ou seja, com uma determinada área, idade aparente, posição no andar e número de suítes.

Tabela 8 – Resultados das análises do modelo de regressão

	Caso 1	
Grupos	[Dist. BM]=511,16 [Vista]=100 [Sem Ruído]=100 [AV 250m]=100	[Dist. BM]=511,16 [Vista]=1 [Sem Ruído]=1 [AV 250m]=1
Grupo 1 Dois dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 834,08	R\$/m <sup>2</sup> 656,25
Variação	27 %	
Grupo 2 Três dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 865,82	R\$/m <sup>2</sup> 687,99
Variação	26 %	
Grupo 3 Quatro dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 916,74	R\$/m <sup>2</sup> 738,91
Variação	24 %	

	Caso 2		Caso 3	
Grupos	[Dist. BM]=1617,00 [Vista]=100 [Sem Ruído]=100 [AV 250m]=100	[Dist. BM]=1617,00 [Vista]=1 [Sem Ruído]=1 [AV 250m]=1	[Dist. BM]=0 [Vista]=100 [Sem Ruído]=100 [AV 250m]=100	[Dist. BM]=1617,00 [Vista]=1 [Sem Ruído]=1 [AV 250m]=1
Grupo 1 Dois dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 767,49	R\$/m <sup>2</sup> 589,66	R\$/m <sup>2</sup> 864,87	R\$/m <sup>2</sup> 589,66
Variação	30 %		46 %	
Grupo 2 Três dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 799,23	R\$/m <sup>2</sup> 621,39	R\$/m <sup>2</sup> 896,61	R\$/m <sup>2</sup> 621,39
Variação	28 %		44 %	
Grupo 3 Quatro dormitórios	R\$/m <sup>2</sup> 850,15	R\$/m <sup>2</sup> 672,31	R\$/m <sup>2</sup> 947,52	R\$/m <sup>2</sup> 672,31
Variação	26 %		40 %	

O Caso 3 confronta o valor do imóvel médio de cada grupo para duas situações extremas: na primeira, todas as variáveis ambientais estão na sua posição mais favorável; na segunda, todas as variáveis ambientais estão na sua posição mais desfavorável. Observa-se que a valorização no valor do imóvel vai de 40% (Grupo 3) até 46% (Grupo 1), devido à influência favorável das variáveis ambientais.

### 2.7.2. Valoração ambiental em área urbana

O modelo desenvolvido neste trabalho pode ser utilizado e aplicado na valoração ambiental de áreas existentes ou a serem criadas, além de outras análises (HOCHHEIM et al., 2001). Por exemplo, suponha-se que a Prefeitura queira desenvolver um projeto para desapropriar uma área do Centro de Florianópolis, para a implantação de uma praça. É necessário, neste caso, uma análise benefício/custo deste projeto. Alguns custos deste projeto serão: o valor total da desapropriação, o custo da implantação e manutenção da praça. Os benefícios, além de uma melhora na qualidade ambiental urbana da comunidade, podem advir do aumento na arrecadação do IPTU (Imposto Predial Territorial Urbano) e da Contribuição de Melhoria, justificado pela valorização nos imóveis, em função da implantação da praça no local.

É no cálculo dos benefícios, que o modelo desta pesquisa, pode ser aplicado. Por exemplo, no modelo desenvolvido, as áreas verdes (que são as praças), têm influência positiva sobre o valor unitário dos apartamentos situados a uma distância de até 250 metros. Utilizando-se da equação de regressão e com os dados de todos os apartamentos a uma distância de 250 metros da praça a ser implantada, obtidos do cadastro imobiliário, pode-se calcular a valorização dos apartamentos da região. Conseqüentemente, tem-se o valor do aumento na arrecadação do IPTU, que pode então ser comparado com o custo da obra. Com estes valores, chega-se a relação benefício/custo que uma praça poderá proporcionar, fornecendo subsídios para auxiliar na tomada de decisão.

O exemplo numérico a seguir mostra como se pode calcular a valorização dos imóveis, pela implantação de uma praça. Partindo-se do mesmo princípio utilizado nas análises dos grupos 1, 2 e 3, calcularam-se as médias aritméticas para as variáveis área [Área], idade aparente [IA], número do andar [Andar], número de suítes [Suítes] e distância a Avenida Beira Mar [Dist. BM], considerando todos os elementos da amostra. Este apartamento médio teve as seguintes características: área igual a 209,73 m<sup>2</sup>, idade aparente igual a 6,53, número do andar igual a 5, com 1 suíte (portanto, esta variável assumirá o valor 100 na equação de regressão) e distância a Avenida Beira Mar igual a 511,16 metros. Fixou-se as variáveis [Vista]=1 (sem vista) e [Sem Ruído]=100 (rua tranqüila). O passo seguinte foi determinar, através da equação de regressão, o valor unitário do apartamento, em função da variável distância à área verde.

Aplicando-se a equação de regressão, o valor unitário (VU<sub>1</sub>) com [AV 250 m] igual a 100 (existe área verde nas proximidades) foi:

$$[\text{Valor/m}^2] = 924,5 - 0,4613 \times [\text{Área}] - 8,4130 \times [\text{IA}] + 10,146 \times [\text{Andar}] + 0,6975 \times [\text{Suítes}] - 0,06022 \times [\text{Dist. BM}] - 53,151 / [\text{Vista}] - 73,113 / [\text{Sem Ruído}] - 53,367 / [\text{AV 250m}]$$

$$[\text{Valor/m}^2] = 924,58 - 0,4613 \times [209,73] - 8,4130 \times [6,53] + 10,146 \times [5] + 0,6975 \times [100] - 0,06022 \times [511,16] - 53,151 / [1] - 73,113 / [100] - 53,367 / [100]$$

$$\text{VU}_1 = [\text{Valor/m}^2] = 808,21 \text{ R\$/m}^2$$

Para [AV 250 m] igual a 1(não existe área verde nas proximidades) tem-se  $VU_2$  igual a:

$$[\text{Valor}/\text{m}^2] = 924,58 - 0,4613 \times [209,73] - 8,4130 \times [6,53] + 10,146 \times [5] + 0,6975 \times [100] - 0,06022 \times [511,16] - 53,151 / [1] - 73,113 / [100] - 53,367 / [1]$$

$$VU_2 = [\text{Valor}/\text{m}^2] = 755,37 \text{ R\$/m}^2$$

A diferença, favorável aos apartamentos com boas condições ambientais é:

$$\begin{aligned} VU &= VU_1 - VU_2 \\ VU &= 52,63 \text{ R\$/m}^2 \end{aligned}$$

A área, dentro de um raio de abrangência de 250 metros a partir da praça é igual a:

$$\text{Área} = \pi R^2 = \pi (250)^2 = 196.350,00 \text{ m}^2.$$

Na área de estudo, segundo NEUMANN (1998), o total de área construída é estimado em 3.593.266,00 m<sup>2</sup>, até julho de 2000. Dividindo-se esta área por 3.000.000,00 m<sup>2</sup>, que corresponde à área do triângulo central mais a área do aterro da Baía Sul, tem-se o índice de 1,198.

Assim, a área construída, estimada para o caso em análise será igual a:

$$\text{Área} = 196.350,00 \text{ m}^2 \times 1,198 = 235.227,30 \text{ m}^2.$$

Finalmente, a valorização total dos imóveis, em função da implantação da praça, será:

$$\text{Valorização} = 235.227,30 \text{ m}^2 \times 52,63 \text{ R\$/m}^2$$

<b>Valorização = R\$ 12.380.013,00</b>
--

Portanto, a implantação de uma praça irá valorizar os imóveis em seu entorno, em R\$ 12.380.013,00 no Centro Urbano de Florianópolis (valor referido a novembro de 1999).

Considerando-se uma alíquota média para o IPTU (imposto predial e territorial urbano) igual a 1%, isto representa um aumento na arrecadação de **R\$123.800,13 por ano**. Ou seja, este aumento recupera a médio prazo os custos de desapropriação do terreno e de implantação da praça, mesmo não aplicando-se nenhuma contribuição de melhoria. Em termos de gestão municipal, deve-se considerar ainda o benefício do aumento na qualidade de vida dos moradores do local, devido à melhora das condições ambientais.

Outro exemplo de aplicação do método, é o cálculo do valor econômico ambiental da variável [Vista] (vista panorâmica). Utilizando novamente os dados dos imóveis constantes do cadastro imobiliário, aplica-se a equação de regressão a todos os apartamentos que possuem vista panorâmica da região. Fixando-se as outras variáveis e alternando-se a variável vista, nos seus valores 1 para sem vista e 100 com vista, pode-se obter a variação no valor unitário para cada apartamento que efetivamente possui este atributo ambiental. Multiplicando-se essa variação no valor pelas respectivas áreas obtêm-se o valor ambiental da variável vista de cada um dos apartamentos. A soma desses valores individuais será o valor econômico do atributo vista panorâmica.

## **2.8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **2.8.1. Conclusões**

A metodologia desenvolvida nesta pesquisa evidenciou a potencialidade do método dos valores hedônicos para valoração ambiental do uso do solo urbano, através da formulação de um modelo desenvolvido a partir de conceitos da Engenharia de Avaliações e fundamentado em pesquisa da variação espacial dos valores imobiliários associado a atributos ambientais.

A aplicação prática mostrou que a diferença nos valores dos imóveis na área de estudo, da condição ambiental menos favorável para a condição ambiental mais favorável, teve variação positiva de 40% a 46%, considerando diferentes tipologias de apartamentos. Isto comprova a influência positiva de uma boa qualidade ambiental nos valores dos imóveis.

O desenvolvimento de um SIG, voltado para as atividades de avaliação territorial urbana, com base no Cadastro Técnico Multifinalitário é de fundamental importância na aplicação do método dos valores hedônicos, para a valoração ambiental. Para tanto, seria necessário uma ampliação na base de informações do cadastro, contemplando os seguintes dados: localização de fontes de poluição sonora, hídrica, do ar e do solo; localização de shoppings, centros de compras e serviços; localização de áreas de desvalorização, como sub-habitacões (favelas), zonas de prostituição, cemitérios, postos de gasolina, casas de detenção, aterros sanitários, etc.; localização de praças e equipamentos urbanos de lazer; etc. Desta forma, estudos de valoração ambiental e outras análises podem ser realizadas pois as informações necessárias estarão disponíveis e armazenadas satisfatoriamente.

Mostrou-se também neste trabalho que a metodologia proposta serve para valorar ambientalmente diversos componentes urbanos, quantificando os benefícios financeiros para a municipalidade. Isto foi demonstrado na valoração de uma praça pública para a região central do município de Florianópolis (SC).

### **2.8.2 Recomendações para trabalhos futuros**

Como recomendações para trabalhos futuros, ligados à metodologia aplicada nesta pesquisa, pode-se citar:

- a) Valorar ambientalmente uma praça numa situação real (sem usar valores médios), com dados do cadastro imobiliário municipal.
- b) A utilização de outras variáveis ambientais, como por exemplo, vista panorâmica para praças e para outras áreas verdes, paisagens com valor cênico, distâncias até recursos hídricos (mar, rios, lagos, etc.) ou ainda a utilização de variáveis de degradação ambiental como poluição do ar, mau cheiro, presença de favelas, etc.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, por ter fornecido os meios financeiros para o desenvolvimento desta pesquisa, expressamos nossos sinceros agradecimentos.

## BIBLIOGRAFIA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Avaliação de Imóveis Urbanos, NB - 502/89*. Rio de Janeiro. 1990.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. NBR-10151/87*. Rio de Janeiro. 1987.
- BELLIA, Vitor. *Introdução à Economia do Meio Ambiente*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília. 262 p. 1996.
- BENAKOUCHE, R.; CRUZ, R. S. *Avaliação Monetária do Meio Ambiente*. Ed. Makron Books do Brasil Ltda. São Paulo. 1994.
- BENTLEY Systems Inc. *Micro Station 95 User's Guide – Academic Suite*. Bentley Systems Incorporated. USA.
- BORANGA, Marize Lechuga de Moraes. *A influência das variáveis ambientais no valor dos imóveis*. São Paulo, Avaliar 2000 – II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Avaliações, setembro de 2000, Anais, 6 p.
- BORBA, Robinson Antonio Vieira. *Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da Usina de Compostagem de Lixo da Vila Leopoldina*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 72 p. 1992.
- DANTAS, M. L. C. *Composto mercadológico de imóveis residenciais: uma análise do ponto de vista do incorporador e do cliente*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis. SC. EPS-UFSC. 2000.
- FERNANDEZ, João Alberto da C. Ganzo. *Preferências quanto à localização e influência do ciclo de vida familiar: Estudo exploratório com moradores de apartamentos do centro de Florianópolis*. Florianópolis: UFSC, Dissertação de mestrado, 1999.
- HOCHHEIM, Norberto et al. *Metodologia de valoração ambiental para diferentes tipos de uso e ocupação do solo*. Relatório do Projeto Integrado de Pesquisa de mesmo nome, financiado pelo CNPq. Florianópolis, 2001.
- HOFFMAN, R. & VIEIRA, S. *Análise de regressão: Uma introdução à econometria*. São Paulo. Hucitec. 1977.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 1996*. Santa Catarina. 1996.
- INFER 3 – *Estatística para Engenharia de Avaliações*. Versão 3. Manual de Operação. Belo Horizonte. 1998.

- LI, Mingche M. & BROWN H. James. *Micro-Neighborhood Externalities and Hedonic Housing Prices*. Land Economics. Vol 5. N<sup>o</sup> 2. p. 125-141. May. 1980.
- MARGULIS, Sergio (editor). *Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos*. 2<sup>a</sup> edição, Brasília, IPEA, 246 p., 1996.
- SEROA DA MOTTA, Ronaldo. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. IPEA/MMA/PNUQ/CNPq. Rio de Janeiro. RJ. 1997.
- SILVA, Geralcy Carneiro. *Tráfego, monóxido de carbono e ruído em áreas urbanas: o caso de Florianópolis*. Florianópolis. 1998. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. SC.
- UBERTI, Marlene Salete. *Valoração ambiental no uso do solo urbano: Aplicação do método dos valores hedônicos – Estudo de caso no centro de Florianópolis*. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2000.
- WONNACOT, R. J. & WONNACOT, T. H. *Econometria*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1978.

**ANEXO A –DADOS AMOSTRAIS**

Nº Am.	Valor/m2	Área	IA	Andar	Suítes	Dist. BM	Vista	Sem Ruído	AV 250m
1	953,46	167,81	1	5	100	388,00	100	100	1
2	520,19	128,80	1	6	1	1.617,00	1	1	1
3	874,09	217,37	1	8	100	240,00	1	1	100
4	611,11	180,00	12	4	100	233,00	1	1	100
5	583,33	120,00	15	3	100	993,00	1	1	1
6	468,75	160,00	18	2	1	70,00	100	1	100
7	612,90	155,00	5	3	100	1.603,00	1	1	1
8	818,18	165,00	1	2	100	123,00	100	1	100
9	733,33	150,00	10	4	100	395,00	1	1	1
10	621,62	185,00	15	5	100	820,00	1	1	1
11	829,94	392,40	1	4	200	471,00	1	100	100
12	923,55	392,40	1	8	200	471,00	1	100	100
13	726,05	225,60	1	2	100	361,00	1	1	1
14	835,14	312,82	1	3	200	289,00	1	1	1
15	909,71	304,35	1	5	400	509,00	1	1	100
16	935,19	304,35	1	7	400	509,00	1	1	100
17	590,06	161,00	6	3	100	395,00	1	1	1
18	722,02	277,00	2	8	100	102,00	1	1	1
19	764,33	157,00	5	10	100	426,00	1	1	1
20	833,33	156,00	5	6	100	611,00	1	100	1
21	895,06	162,00	1	8	100	1.092,00	1	1	100
«22»	473,46	179,53	1	1	100	255,00	1	1	100
23	805,14	129,17	1	6	100	1.105,00	1	1	100
24	653,85	130,00	1	6	1	705,00	1	1	1
25	858,47	174,73	1	12	100	897,00	1	1	100
26	687,37	160,03	1	5	100	684,00	1	100	1
27	749,86	160,03	1	7	100	684,00	1	100	1
28	651,85	135,00	6	2	1	310,00	1	100	1
29	681,82	220,00	20	7	100	0,00	100	1	100
30	821,43	140,00	5	2	100	1.450,00	1	1	100
31	700,00	150,00	2	2	100	138,00	1	1	1
32	928,57	210,00	1	6	200	529,00	1	1	100
33	937,50	192,00	1	6	300	529,00	1	1	100
34	675,00	200,00	17	3	100	239,00	1	1	100
35	737,05	251,00	19	6	100	198,00	1	1	1
36	730,77	260,00	6	3	100	691,00	1	100	1
37	494,79	192,00	15	1	100	221,00	1	1	1
38	695,65	115,00	18	2	1	347,00	1	1	100
39	648,65	370,00	12	2	300	375,00	1	1	1
40	476,19	105,00	18	1	1	589,00	1	1	1
41	526,32	171,00	15	1	1	808,00	1	1	100
42	635,84	173,00	12	2	100	380,00	1	1	100
«43»	1.141,14	217,37	1	11	100	240,00	1	1	100
44	696,11	179,53	1	7	100	255,00	1	1	100
45	563,49	159,72	15	9	100	395,00	1	1	1
46	842,77	242,00	0	6	100	340,00	100	1	100
47	727,27	220,00	15	5	200	0,00	100	1	1
48	733,33	150,00	2	4	100	350,00	1	1	1
49	785,19	135,00	20	9	100	0,00	100	1	1
50	866,67	150,00	7	8	100	0,00	100	1	100
51	760,81	170,87	20	9	1	0,00	100	1	1
52	1.113,55	287,37	2	9	200	0,00	100	1	1

**ANEXO A – DADOS AMOSTRAIS (Continuação)**

Nº Am.	Valor/m2	Área	IA	Andar	Suítes	Dist. BM	Vista	Sem Ruído	AV 250m
53	872,27	321,00	3	1	100	0,00	100	1	100
«54»	1.062,50	400,00	2	6	200	0,00	100	1	1
55	930,15	381,66	2	11	200	0,00	100	1	1
56	1.029,41	272,00	0	6	100	0,00	100	1	100
«57»	1.476,71	366,00	0	4	200	0,00	100	1	100
58	765,03	183,00	10	4	100	57,00	1	1	100
59	725,93	135,00	20	7	100	340,00	1	1	1
60	520,00	150,00	20	3	1	395,00	1	1	1
61	795,45	264,00	0	4	200	188,00	1	1	1
62	747,90	183,84	0	8	100	188,00	1	1	1
63	759,84	434,37	0	13	200	188,00	1	1	1
64	759,09	220,00	5	8	100	198,00	100	1	1
65	908,09	136,00	0	7	100	405,00	1	100	1
66	813,95	430,00	2	12	200	300,00	100	1	1
67	725,39	386,00	2	9	200	376,00	100	100	1
68	607,14	140,00	20	1	100	892,00	1	1	100
69	710,38	183,00	4	2	100	250,00	1	1	100
«70»	773,33	75,00	30	3	1	379,00	1	1	1
71	648,65	148,00	7	4	100	509,00	1	1	100
72	733,94	218,00	8	5	100	401,00	1	1	1
73	955,06	178,00	0	8	100	360,00	1	1	1
74	842,70	178,00	0	7	100	360,00	1	1	1
75	646,64	283,00	3	6	100	400,00	1	1	100
76	516,67	180,00	20	2	100	1.265,00	1	1	1
«77»	1.065,91	147,51	0	7	100	322,00	1	1	1
78	1.065,94	164,54	0	11	100	322,00	1	1	1
79	866,14	127,00	4	2	100	937,00	1	100	1
80	843,37	166,00	7	6	100	1.327,00	1	100	100
81	764,71	170,00	0	1	100	1.092,00	1	1	100
82	527,87	435,71	9	1	100	1.534,00	1	100	1
83	643,56	202,00	15	6	100	1.420,00	1	100	1
84	839,90	203,00	0	2	100	709,00	1	100	1
85	912,32	203,00	0	7	100	709,00	1	100	1
86	674,70	415,00	5	11	200	1.105,00	1	1	100
87	832,62	233,00	0	7	100	576,00	100	100	1
88	782,70	102,21	0	7	1	475,00	100	100	1

**Obs.:** Os dados marcados com « » não foram utilizados nos cálculos para a determinação da equação de regressão adotada.

## **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - XI COBREAP**

### **USO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS: UMA CONTRIBUIÇÃO À VALORAÇÃO AMBIENTAL**

#### *CURRICULA VITAE DOS AUTORES:*

##### **NORBERTO HOCHHEIM**

Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Produção (área de concentração: Engenharia Econômica) pela Universidade Federal de Santa Catarina, obteve seu doutorado na *Université de Nancy I*, em Nancy, França. Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, onde atua desde 1983. Nesta Universidade, ministra disciplinas de Engenharia de Avaliações e Planejamento Econômico e Financeiro na Graduação e disciplinas de Engenharia de Avaliações; Análise de Investimentos Imobiliários; Elaboração de Planta de Valores Genéricos; Cadastro Técnico Urbano; Elaboração, Implementação e Avaliação de Projetos, na Pós-Graduação. Desenvolve atividades de pesquisas e extensão nestas mesmas áreas. É integrante do corpo docente dos programas de pós-graduação em Engenharia Civil (mestrado e doutorado), Engenharia de Produção (mestrado e doutorado) e Administração (mestrado; doutorado em implantação) da Universidade Federal de Santa Catarina. Foi laureado no X COBREAP com a Medalha Eurico Miranda, pelo melhor trabalho de Avaliações (Porto Alegre, 1999).

##### **MARLENE SALETE UBERTI**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil (área de concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário) pela Universidade Federal de Santa Catarina. Trabalha em empresa especializada na execução de cadastros técnicos para prefeituras e concessionárias de serviços públicos, onde atua nas áreas de geoprocessamento, avaliação de imóveis e elaboração de plantas de valores genéricos.

## **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - XI COBREAP**

### **USO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS: UMA CONTRIBUIÇÃO À VALORAÇÃO AMBIENTAL**

**Hochheim, Norberto** ([hochheim@ecv.ufsc.br](mailto:hochheim@ecv.ufsc.br))

**Uberti, Marlene Salete** ([msuberti@bol.com.br](mailto:msuberti@bol.com.br))

Universidade Federal de Santa Catarina – Depto Eng. Civil  
Caixa Postal 476 – Campus Universitário – Trindade  
88010-970 – Florianópolis – SC  
Fone (0 48) 331 51 67 – Fax (0 48) 331 51 91 –

#### **RESUMO**

A qualidade do meio ambiente nas cidades, principalmente nos lugares onde a aglomeração de homens e atividades já assumiu um certo porte, vem experimentando uma deterioração crescente. As manifestações mais importantes do fenômeno das poluições urbanas, como poluição do ar, da água, sonora e outras, provocam uma série de efeitos nocivos que impõem pesados custos à sociedade. Para amenizar estes efeitos negativos, diversas intervenções relativas à urbanização se fazem necessárias. Situações ambientais favoráveis ou desfavoráveis se refletem no valor dos imóveis. Como determinar os custos gerados pela poluição urbana? Ou os benefícios gerados por determinada área verde? Na literatura existem diversas teorias e métodos para se determinar estes custos e benefícios, relacionados ao meio ambiente, mas poucas aplicações práticas são relatadas com detalhes.

Este estudo apresenta um caso de aplicação prática do método de preços hedônicos com preços de propriedade, para valorar benefícios ambientais associados a proximidade a áreas verdes, existência de vista panorâmica e a localização da propriedade em rua sem poluição sonora.

O objetivo desta pesquisa é mostrar que variáveis ambientais são importantes na formação do valor de imóveis urbanos e contribuir aos estudos de valoração econômica do meio ambiente, propondo, para a análise desta última questão, a formulação de um modelo desenvolvido a partir de conceitos da engenharia de avaliações e associado, através de pesquisa na variação dos valores imobiliários, ao meio ambiente.

É mostrada a influência de variáveis ambientais na formação do valor de imóveis urbanos do tipo apartamento, através de uma aplicação prática no centro de Florianópolis (SC). A partir de um modelo de regressão linear que inclui variáveis relativas ao meio ambiente urbano, foi desenvolvido um estudo de valoração ambiental de uma praça pública a ser implantada. Em seguida, mostrou-se como avaliar os benefícios econômicos devidos à valorização dos imóveis vizinhos por causa da implantação desta praça.

A metodologia proposta permite estimar os benefícios que podem ser auferidos pelas prefeituras, através de um aumento na arrecadação do imposto predial e territorial urbano devido à valorização de imóveis urbanos beneficiados com a implementação de projetos de urbanização que melhorem as condições ambientais da cidade.