

AVALIAÇÃO DE UNIDADES DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS UTILIZANDO ESTATÍSTICA INFERENCIAL: APLICAÇÃO EM BAIROS DA REGIÃO CONTINENTAL DE FLORIANÓPOLIS¹

BRANDÃO, Douglas Queiroz, GUCH, Daniel Umsza, NEUMANN, Clóvis

Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Área de Construção Civil
Centro Tecnológico - Trindade
88.040-900 - Florianópolis - SC

Resumo. O trabalho apresenta uma aplicação prática da Engenharia de Avaliações utilizando a estatística inferencial e a teoria das regressões para avaliação do valor de imóveis urbanos. Segue os requisitos da norma de avaliações de imóveis urbanos, a NBR 5676/89 da ABNT. A pesquisa de dados limitou-se a imóveis novos, lançados recentemente em Florianópolis na região do continente. Compreende os resultados de uma primeira experiência dos autores com o tema, que é parte da disciplina "Tópicos Especiais - Engenharia de Avaliações" do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, tendo, portanto, caráter didático.

Abstract. This paper presents an application of evaluation of flats in urban area. Inferencial statistic and regression theory is applied and brazilian normalization NBR 5676/89 is followed. The data obtained refer to new projected buildings which have been offered and sold in the Florianópolis continental area. It is a first experience of the authors with this methodology which is a module of "Special Topics/Evaluation Engineering" discipline of the Civil Engineer Postgraduate Course of the Federal University of Santa Catarina. The results achieved are showed and the whole work has a didactic purpose.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil, particularmente no setor de habitações, um estudo de grande interesse reside na determinação do valor das unidades.

Este trabalho se baseia no levantamento e na análise das características que contribuem na formação do valor de mercado de unidades habitacionais. Cada imóvel observado apresenta além do seu preço, um grande número de informações ou características, expressas quantitativamente e qualitativamente. Estas características, também denominadas de "atributos", podem ser trabalhadas como variáveis individuais ou agrupadas formando outras variáveis.

O conceito de "valor" não é tão simples pois o mesmo se reveste de um caráter subjetivo, que depende de circunstâncias diversas e do ponto de vista sob o qual esteja sendo examinado. O "valor" de um bem decorre sempre da sua utilidade, entendida esta como a sua capacidade de atender a uma necessidade, a um desejo, e até mesmo a um capricho. Já o preço representa a quantidade de dinheiro pelo qual se efetua a operação imobiliária, podendo este ser superior ou inferior ao valor. (Moreira Filho et al, 1993).

O presente trabalho, relativo à área de Engenharia de Avaliações, mostra uma aplicação prática da avaliação utilizando o Método Comparativo de Dados de Mercado. A análise é fundamentada na estatística inferencial, através da teoria das regressões, e segue as exigências da norma brasileira.

A pesquisa de dados limitou-se a imóveis novos, lançados recentemente em Florianópolis, na região do continente, englobando 3 bairros: Coqueiros, Estreito e Capoeiras. Os preços de venda tiveram como base o mês de Julho de 1995, tendo sido devidamente atualizados os preços de venda obtidos relativos à meses anteriores, pela variação do Custo Unitário Básico (CUB) de Santa Catarina.

Além das variáveis mensuráveis como área privativa e área de venda, trabalhou-se com variáveis qualitativas relativas às características de localização, às características do condomínio e às características do apartamento. Nestas últimas, levou-se em conta, inclusive, as influências relativas à posição ocupada pelo apartamento no prédio tais como o andar, a vista e a insolação dentre outras.

Teve-se, portanto, como objetivo geral, compreender a metodologia de avaliação de imóveis urbanos por estatística inferencial, através de regressões múltiplas,

¹ Trabalho divulgado no VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, 6 a 10 de novembro, 1995. Os autores são engenheiros civis e, atualmente, mestrandos do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

em conformidade com os requisitos da norma brasileira vigente, a NBR 5676/89.

De modo mais específico, este trabalho objetivou obter uma equação adaptada à realidade momentânea do mercado imobiliário de imóveis em lançamento na região escolhida, verificando os atributos mais expressivos na formação do valor e, dessa forma, conhecer melhor as tendências das novas construções.

A parte continental de Florianópolis, é uma região importante e de alto índice de urbanização, englobando vários bairros. A amostra obtida contou com dados referentes a 16 apartamentos com diferentes características e preços de venda, pertencentes a 6 empreendimentos conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Empreendimentos

Residencial	Bairro	Endereço	Bl	Pav
Batel	Estreito	R. Manoel O. Ramos	1	5
Tarumã	Estreito	R. José Bonifácio	1	5
Boa Vista	Estreito	R. Odilon Galotti	1	5
Pinhais	Capoeiras	R. Prof. Dib Cherem	1	5
I. Neumann	Coqueiros	Prox. da Via Expressa	1	5
Forest Park	Coqueiros	Av. Max de Souza	3	5

2 MÉTODO COMPARATIVO DE DADOS DE MERCADO

A NBR 5676/89, diz que "a metodologia avaliatória a ser utilizada deve alicerçar-se em pesquisa de mercado, envolvendo, além dos preços comercializados e/ou ofertados, as demais características e atributos que exerçam influência no valor" (item 6.1, p. 4).

Neste aspecto, o Método Comparativo de Dados de Mercado é o mais recomendado, pois o mesmo permite a determinação do valor levando em consideração as diferentes tendências e flutuações do mercado imobiliário que ocorrem freqüentemente de forma diferenciada em outros ramos da economia. "É condição fundamental para aplicação deste método a existência de um conjunto de dados que possa ser tornado, estatisticamente, como amostra do mercado imobiliário." (NBR 5676/89).

A utilização da inferência estatística é feita a partir de um modelo matemático adequado, conhecido como modelo de regressão, que permite uma avaliação com grande isenção de subjetividade, e que, submetido a diversos testes previstos em norma, transmite à avaliação a confiabilidade do rigor estatístico (Moreira Filho et al, 1993).

3 RIGOR E PRECISÃO

É importante frisar que a referida norma prevê 3 níveis de rigor, cujo alcance possibilita classificar o trabalho avaliatório. Assim, as avaliações podem ter nível expedito, normal e rigoroso. A norma prevê, ainda, a avaliação rigorosa especial, uma inovação quando da reformulação da Norma. Este trabalho prevê a adoção

de nível rigoroso, nível este que já exige o uso de estatística inferencial.²

De acordo com o item 7.1 da referida norma, o nível de rigor pretendido em uma avaliação está diretamente relacionado com as informações que possam ser extraídas do mercado, sendo que este nível, que mede a precisão do trabalho, será tanto maior quanto menor for a subjetividade contida na avaliação. Este rigor, como complementa o item 7.2, está condicionado à abrangência da pesquisa, à confiabilidade e à adequação dos dados coletados, à qualidade do tratamento aplicado ao processo avaliatório e ao menor grau de subjetividade emprestado pelo engenheiro de avaliações. O maior rigor pretendido numa avaliação não leva necessariamente à maior precisão.

4 COLETA DOS DADOS

Adotou-se para a coleta de dados uma ficha com a qual procurou-se coletar o maior número possível de dados de caracterização de cada imóvel.³ Os dados foram coletados junto às construtoras e imobiliárias que atuam no local objeto de estudo. Além das informações obtidas verbalmente, coletou-se dados através de vistoria no local, leitura de plantas, memoriais descritivos e quadros da NB-140.

5 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS E SISTEMÁTICA DE TRANSFORMAÇÃO

Do agrupamento das informações coletadas na planilha de coleta de dados, estruturou-se as variáveis possíveis de constar no modelo matemático. A cada uma das variáveis qualitativas, associou-se um valor numérico através de um sistema de transformação (Tabelas 2 a 5). Tentou-se atribuir pontos que apresentassem uma graduação coerente com a realidade do imóvel, agrupando variáveis, de tal forma a reduzir o seu número e facilitar o trabalho de avaliação, conforme recomendação de Moreira Filho et al (1993). As variáveis testadas foram:

- y preço de venda ou preço de venda unitário;
- x₁ área de venda ou área privativa;
- x₂ carac. locais ou subvariáveis isoladamente;
- x₃ carac. do condomínio ou subvariáveis isoladamente;
- x₄ carac. do apartamento ou subvariáveis isoladamente acrescidas das características de posição.

Tabela 2. Subvariáveis de Características Locais (CL)

Subvariáveis	Pontos / Conceitos
Bairro (BA)	3 = Coqueiros; 2 = Estreito 1 = Capoeiras

² Segundo a NBR 5676/89, na avaliação expedita não se exige nenhum instrumento matemático de suporte; na avaliação normal exige-se procedimentos de homogeneização e utilização de estatística descritiva; e, nas avaliações rigorosa e rigorosa especial, só se admite tratamento de dados com base em processos de estatística inferencial.

³ Ficha de coleta de dados interessante foi adotada por Franchi et al (1989) em trabalho apresentado no IX Encontro Nacional de Engenharia de Produção em Porto Alegre.

Utilidades (UT)	np = no. de itens
Distância ao Centro de Florianópolis (DC)	5 = de 1 a 2 km 4 = 3 km 3 = 4 km 2 = 5 km 1 = 6 km zero = 7 km ou mais
Vizinhança (VZ)	10 = residencial alto 7 = residencial médio 5 = residencial médio e comercial 3 = somente comercial 2 = residencial baixo 1 = industrial

Tabela 3. Subvariáveis de Caract. do Condomínio (CC)

Subvariáveis	Pontos / Conceitos
Situação (ST)	5 = isolada (prédio único); 3 = conjunto de 2 ou 3 blocos; 1 = conjunto de 4 ou mais blocos;
Garagem (GA)	5 = cob. c/ acesso por elevador 3 = cob. s/ acesso por elevador 2 = desc. c/ acesso por elevador 1 = desc. s/ acesso por elevador +2 pontos - vagas para visitantes
Padrão de Acabamento (PA)	15 = luxo 10 = alto 5 = normal 1 = baixo
Aspecto Arquitetônico do Hall de Entrada e Fachada (AQ)	7 = padrão alto 3 = padrão normal ou médio 1 = simples
Elevador (EL)	np = (n. elev./ n. aptos) x 100 (arred. p/ número inteiro)
Infra-estrutura e Equipam. (IE)	np = (no. de equipamentos e elem. de infra-estrutura)
No. Aptos por Andar (AA)	10 = 1 apto. por andar 7 = 2 apto. por andar 4 = 3 a 5 aptos. por andar 1 = acima de 5 aptos. por andar

Tabela 4. Subvariáveis de Caract. do Apto. (CA)

Subvariáveis	Pontos / Conceitos
Número de Quartos (NQ)	8 = 4 quartos 4 = 3 quartos 2 = 2 quartos 1 = 1 quarto
Padrão de Acabamento (PA)	15 = luxo 10 = alto 5 = normal 1 = baixo
Número de Suites e Lavabos (SL)	np = (no. de suites + no. de lavabos) x 4
Planta de Arquitetura e Equipamentos ⁴	np = no. de itens especiais x 3
Sacadas ⁵ (SC)	np = (no. sac. pequenas) x 2 + (no. sac. médias) x 4 +

⁴ Itens especiais relativos à planta de arquitetura: (a) separação funcional, principalmente quando não utiliza "sala trânsito"; (b) planta reversível, com possibilidade de adicionar 1 quarto; (c) existência de mais de um ambiente na sala; (d) cozinha isolada com copa ou, ainda, cozinha integrada com a sala (com balcão); (e) existência de dependência para escritório ou biblioteca; (f) depósito ou hobby-box na garagem; (g) existência de despensa. Itens especiais relativos a equipamentos: (i) lareira; (j) closet na suite; (k) hidromassagem.

⁵ Convencionou-se para o presente estudo, sacada pequena aquela com área até 2 m², sacada média para áreas entre 2 e 8 m² e sacadas grandes, quando acima de 8 m².

	(no. de sacadas grandes) x 8
Dependência de Empregada (DE)	zero = não tem 8 = quarto + banheiro 4 = somente banheiro zero = não tem
Vagas de Garagem (VG)	np = no. de vagas de garagem x 5 zero = não tem

Tabela 5. Subvariáveis Caract. de Pos. do Apto. (P%)

Subvariáveis	Pontos / Conceitos
Posição Horizontal (HO)	2 = frente 1 = lateral zero = fundos
Posição Vertical (VE)	3 = 4o. andar para cima 2 = 3o. andar 1 = 2o. andar zero = 1o. andar
Vista (VI)	4 = excelente; especial 3 = muito boa 2 = boa 1 = normal ou razoável zero = ruim
Orientação Solar Predominante ⁶ (IN)	3 = E (Leste) 2 = N (Norte) 1 = O (Oeste) zero = S (Sul)
Poluição Sonora (PS)	2 = bem calmo e tranquilo 1 = razoav. calmo e tranquilo zero = c/ barulho em limites aceitáv. -2 = com barulho; sem tranqüilid.

6 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Do cruzamento dos dados coletados com o sistema de transformação adotado organizou-se os dados conforme as Tabelas 6 a 10.

Uma verificação preliminar foi obtida pela simples visualização gráfica do comportamento de cada variável principal (PV, AV, AP, CL, CC, CA') em relação a cada elemento da amostra, ordenada no sentido de crescimento da variável independente PV (Figuras 1.a a 1.f).

Deve ser ressaltado que estas verificações não são exigidas pela Norma, mostram o comportamento apenas individual das variáveis que, por sua vez, podem apresentar comportamentos variados quando analisados em conjunto.

Tabela 6. Preços de Venda Total e Unitário

El.	Residencial/Apto	PV (R\$)	PVU (R\$/m ²)
1	Tarumã 104	47.950,00	528,84
2	Ingo Neumann 205	50.074,00	447,65
3	Ingo Neumann 402	52.856,00	472,52
4	Pinhais 104	54.297,00	467,59
5	Tarumã 408	56.880,00	550,63
6	Pinhais 305	59.202,00	509,83
7	Boa Vista 402	63.000,00	525,00

⁶ Considerou-se a melhor posição quando o apartamento possui a maior parte das suas aberturas direcionadas para o nascente (Leste), especialmente os dormitórios.

8	Batel 403	67.169,00	515,89
9	Boa Vista 205	68.500,00	496,38
10	Batel 101	74.226,00	523,82
11	Batel 202	74.226,00	516,53
12	Boa Vista 303	74.500,00	539,86
13	Forest Park C 103	92.514,80	571,86
14	Forest Park A 204	95.784,70	592,07
15	Forest Park A 304	99.778,50	616,75
16	Forest Park A 403	103.768,50	641,42

Tabela 7. Área de Venda, Área Privat. e Carac. Locais

El.	AV (m ²)	AP (m ²)	CL	BA	UT	DC	VZ
1	90,67	60,56	6	2	4	3	7
2	111,86	67,42	6	2	4	4	5
3	111,86	67,42	6	2	4	4	5
4	112,72	67,94	6	1	5	1	4
5	103,30	71,36	6	2	4	3	7
6	116,12	70,78	6	1	5	1	4
7	120,00	79,81	6	2	4	3	7
8	130,20	77,34	8	2	6	4	6
9	138,00	91,61	6	2	4	3	7
10	141,70	95,37	8	2	6	4	6
11	143,70	96,76	8	2	6	4	6
12	138,00	91,61	6	2	4	3	7
13	161,78	98,50	11	3	8	5	5
14	161,78	98,50	11	3	8	5	5
15	161,78	98,50	11	3	8	5	5
16	161,78	98,50	11	3	8	5	5

onde: CL = BA + UT

Tabela 8. Características do Condomínio

El.	CC	ST	GA	PD	AQ	EL	IE	AA
1	24	5	5	5	3	3	7	1
2	27	5	5	5	3	4	9	1
3	27	5	5	5	3	4	9	1
4	28	5	5	5	3	5	6	4
5	24	5	5	5	3	3	7	1
6	28	5	5	5	3	5	6	4
7	29	5	5	5	3	5	7	4
8	29	5	5	5	3	6	6	4
9	29	5	5	5	3	5	7	4
10	29	5	5	5	3	6	6	4

Tabela 8. Características do Condomínio (cont.)

El.	CC	ST	GA	PD	AQ	EL	IE	AA
11	29	5	5	5	3	6	6	4
12	29	5	5	5	3	5	7	4
13	37	3	7	5	3	6	12	4
14	37	3	7	5	3	6	12	4
15	37	3	7	5	3	6	12	4
16	37	3	7	5	3	6	12	4

onde CC = GA + PD + AQ + EL + IE + AA

Tabela 9. Características do Apartamento

El.	CA	NQ	PA	SL	AE	SC	DE	VG	CA'
1	24	2	5	4	6	2	0	5	24,96
2	25	2	5	0	9	4	0	5	26,75
3	25	2	5	0	9	4	0	5	27,50
4	25	2	5	4	9	0	0	5	25,75
5	26	4	5	4	6	2	0	5	28,08
6	29	2	5	4	9	4	0	5	30,16
7	29	4	5	4	9	2	0	5	31,61
8	28	4	5	4	6	4	0	5	30,24
9	37	4	5	4	9	2	8	5	38,85
10	36	4	5	4	6	4	8	5	37,44
11	36	4	5	4	6	4	8	5	38,16
12	37	4	5	4	9	2	8	5	38,85
13	42	4	5	4	12	4	8	5	43,68
14	42	4	5	4	12	4	8	5	44,10
15	42	4	5	4	12	4	8	5	44,94
16	42	4	5	4	12	4	8	5	46,20

onde CA = NQ + PA + SL + AE + SC + DE + VG

e CA' = CA (1 + P%)

Tabela 10. Composição do peso P% relativo às Características de Posição do Apartamento

El.	P%	HO	VE	VI	IN	PS
1	4	0	0	1	2	1
2	7	2	1	2	1	1
3	10	1	3	2	3	1
4	3	1	0	1	3	-2
5	8	0	3	4	0	1
6	4	0	2	2	0	0
7	9	2	3	3	1	0
8	8	0	3	1	3	1
9	5	0	1	1	2	1
10	4	2	0	0	1	1
11	6	2	1	1	1	1
12	5	1	2	2	0	0
13	4	0	0	1	2	1
14	5	2	1	1	1	0
15	7	2	2	2	1	0
16	10	2	3	3	2	0

7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para o tratamento estatístico foi utilizado o software Statistica for Windows versão 4.5 da Statsoft (1993). Dentre os vários modelos testados, ou seja, combinação de varias variáveis que atenderam à confiabilidade mínima de 95 %, chegou-se a seguinte equação :

$$\ln PV = 9,917895 + 0,005048 AV + 0,015996 CA'$$

É apresentada a seguir toda a seqüência de análise na mesma ordem adotada por Moreira Filho et al (1993).

7.1 Análise da Equação de Regressão

A equação de regressão obtida mostra que o valor estimado de PV cresce positivamente em relação as duas variáveis, no caso AV e CA, indicando coerência na sua utilização.

7.2 Estimativa do Valor

Com o objetivo de testar a equação, aplicou-se a inferência à um pressuposto imóvel avaliando em condições de interpolação:

Qual o valor de um apartamento com área de venda de 140,00 m², com três dormitórios, sendo uma suíte, de padrão normal, com uma sacada de 1,5 m x 3,5 m, com dependência completa de empregada e uma vaga de garagem? Sabe-se ainda que o apartamento apresenta as seguintes características: sala em dois ambientes, quarto reversível e depósito na garagem. Considerar duas situações: (a) a mais favorável e (b) a menos favorável, em termos de posição vertical, horizontal, vista, insolação e poluição sonora.

Cálculos para Estimativa do Valor:

a) Área de Venda (AV) **AV = 140 m²**

b) Características do Apartamento, inclusive características de posição (CA')

CA' = CA x (1 + P%)
 CA' = (NQ + PA + SL + AE + SC + DE + VG).(1+P%)

onde

P%_(máx) = Ho_{máx} + VE_{máx} + VI_{máx} + IN_{máx} + PS_{máx} = **14%**
 e
 P%_(mín) = **zero**

- dormitórios NQ = 04
- padrão de acabamento normal PA = 05
- suíte SL = 04
- sala 2 amb. (3) + quarto rev. (3) + dep.(3) AE = 09
- sacada de 5,25 m² (média) SC = 04
- dependência completa de empregada DE = 08
- vaga de garagem VG = 05
- T O T A L CA = 39

Então:

Para a situação mais favorável, ou seja, considerando P%_(máx) tem-se:

Ln PV = 9,917895 + 0,005048x140 + 0,015996x39x1,14
 Ln PV = 11,33579716 ∴ **PV = R\$ 83.767,23**

E, para a situação menos favorável, ou seja, considerando P%_(mín) tem-se:

Ln PV = 9,917895 + 0,005048x140 + 0,015996x39x1,00
 Ln PV = 11,248459 ∴ **PV = R\$ 76.761,54**

Obtendo-se uma diferença de aproximadamente 9% nos preços de venda.

Se esse mesmo apartamento estivesse posicionado na frente (HO=2), no terceiro andar (VE=2), com vista boa (VI=2), insolação nos dormitórios ruim (IN=0) e, em

lugar razoavelmente calmo e tranquilo (PS=1), então P% = 7% e:

Ln PV = 9,917895 + 0,005048x140 + 0,015996x39x1,07
 Ln PV = 11,29212808 ∴ **PV = R\$ 80.187,91**

7.3 Análise de Variância

Este teste verifica a existência ou não da regressão. A Tabela 11 apresenta os resultados da análise de variância. Verificou-se que a estatística F de Snedecor calculada é muito superior a F tabelado ao nível de significância de 0,05 que com (2, 13) graus de liberdade corresponde a 3,81. Com uso do software foi fornecido diretamente o valor da significância correspondente, algo inferior a 0,00001 ou 0,001%, o que não é possível se verificar exatamente pelo número de casas decimais definidas pelo programa. Isso é mais que satisfatório pois o máximo exigido para avaliação rigorosa é 5%. No caso, atende também à Avaliação Rigorosa Especial que exige no máximo 1%.

Tabela 11. Quadro de Análise de Variância

Fonte	SQ	GL	MQ	F	α
Regress.	.864414	2	.432207	68.76740	.000000
Residual	.081706	13	.006285		
Total	.946120				

7.4 Significância de "b_i"

A Tabela 12 apresenta os valores da estatística t de Student para cada b_i e os correspondentes níveis de significância.

Tabela 12. Significância de "b_i"

N = 16	b	Sb	t	α
Intercepto	9.917895	.114173	86.86696	.000000
AV	.005048	.001762	2.86454	.013281
CA'	.015996	.005414	2.95445	.011176

A Norma exige α < 5% para cada b_i nas Avaliações Rigorosas e Rigorosas Especiais. Este teste indica que existe regressão, sendo rejeitada a hipótese de algum b_i = 0. No caso, obteve-se α = 1,3281% para AV e α = 1,1176% para CA'.

7.5 Intervalo de Confiança

Esse intervalo de confiança, que vai constituir o campo de arbítrio do avaliador, está definido na NBR 5676/89, para avaliações rigorosas (item 7.6.8) e rigorosas especiais (item 7.6.10.c), como sendo máximo de 80%. Pode ser calculado a partir dos "b_i", pela maior simplicidade de execução, pois o cálculo do intervalo para o conjunto das variáveis envolve a aplicação de cálculo de matrizes dificultando o trabalho (Moreira Filho et al, 1993, p. 56).

Deve-se, portanto, determinar o intervalo de confiança para "b₁" e "b₂", ao nível de 80% e, após, calcular o valor de y considerando, alternativamente, o intervalo de menor amplitude.

a) Intervalo de Confiança para "b₁":

$$IC\ b_1 = b_1 \pm t_{0,10,(13)} \cdot Sb_1$$

$$IC\ b_1 = 0,005048 \pm 1,35 \cdot 0,001762 \\ = 0,005048 \pm 0,0023787$$

ou: $Ls\ b_1 = 0,0074267$
 $Li\ b_1 = 0,0026693$

$$IC\ y = a + L_{s;i\ b_1} \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$$

$$Ls = 9,917895 + 0,0074267 \cdot 140 + 0,015996 \cdot 41,73 \\ Ls = Ln\ PV = 11,62514608 \therefore PVs = R\$ 111.875,96$$

$$Li = 9,917895 + 0,0026693 \cdot 140 + 0,015996 \cdot 41,73 \\ Li = Ln\ PV = 10,95911008 \therefore PVi = R\$ 57.475,27$$

b) Intervalo de Confiança para "b₂":

$$IC\ b_2 = b_2 \pm t_{0,10,(13)} \cdot Sb_2$$

$$IC\ b_2 = 0,015996 \pm 1,35 \cdot 0,005414 \\ = 0,015996 \pm 0,0073089$$

ou: $Ls\ b_2 = 0,0233049$
 $Li\ b_2 = 0,0086871$

$$IC\ y = a + b_1 \cdot x_1 + L_{s;i\ b_2} \cdot x_2$$

$$Ls = 9,917895 + 0,005048 \cdot 140 + 0,0233049 \cdot 41,73 \\ Ls = Ln\ PV = 11,59712848 \therefore PVs = R\$ 108.784,97$$

$$Li = 9,917895 + 0,005048 \cdot 140 + 0,0086871 \cdot 41,73 \\ Li = Ln\ PV = 10,98712768 \therefore PVi = R\$ 59.108,36$$

A menor amplitude entre os intervalos é dada para "b₂". Assim, este deverá ser o intervalo de confiança para y, ou seja:

$$y_s = R\$ 108.784,97 \\ y_i = R\$ 59.108,36$$

Lembrando que o valor médio obtido foi de R\$ 80.187,91.

7.6 Coeficientes de Determinação e de Correlação

Obteve-se 0,9136 para o coeficiente de determinação (r²), concluindo que 91,36 % da variação do valor do imóvel é explicada pela equação obtida; os restantes 8,64% são atribuídos a erros ocasionais e variáveis não consideradas. O coeficiente de correlação (r) obtido foi de 0,9558 o que representa uma correlação "fortíssima" entre a variável dependente e as variáveis independentes atuando conjuntamente.

7.7 Número Mínimo de Dados Amostrais

Para que a avaliação seja considerada "Rigorosa", o número mínimo de elementos da amostra deve ser maior ou igual a K+5, sendo K o total de variáveis dependentes e independentes. Neste caso K=3, então, N≥8. Como N é igual a 16 esta exigência é plenamente satisfeita. Para as avaliações "Rigorosas Especiais" exige-se N≥2K+5 e N≥3K, o que também é satisfeito.

7.8 Independência de y_i

Os vários valores de "y_i" foram tirados de dados de pesquisa independentes entre si, coletados em locais

diferentes. Portanto, a aleatoriedade de y_i pode ser considerada real.

7.9 Independência dos x_i - Multicolinearidade

Verificando-se a correlação simples entre as variáveis independentes, duas a duas, verificou-se valores muito altos (r = 0,96 entre AV e CA). Teoricamente isto indica a existência de multicolinearidade, o que pode ser muitas vezes casual (Moreira Filho et al, 1993).

O teste gráfico é mais recomendado, consistindo na verificação da plotagem dos resíduos versus cada variável independente. As Figuras 2 e 3 indicam a inexistência de multicolinearidade, pois não se percebe configuração regular ou tendenciosa.

7.10 Constância da Variância e Normalidade dos Resíduos

A verificação da homocedasticidade do modelo (variância constante) pode ser feita através da observação da Figura 4, que mostra a plotagem dos resíduos "e_i" versus valores esperados y. Como os resíduos se apresentam distribuídos aleatoriamente, não indicando nenhuma tendência, a variância pode ser considerada constante, havendo, portanto, homocedasticidade.

Quanto à normalidade dos resíduos, pode-se verificar nas Figuras 5 e 6 que a hipótese de normalidade não pode ser rejeitada. Outro teste prático, que consiste em verificar os percentuais de resíduos para os intervalos notáveis de desvios-padrão e comparar com as probabilidades da distribuição normal, forneceu resultados que, aparentemente, não permitem afirmar que a distribuição é normal (Tabela 13). Foi aplicado, por fim, o Teste de Komolgorov-Smirnov, verificou-se que a distribuição pode ser considerada normal ao nível de 5% de significância, dirimindo qualquer dúvida.

Tabela 13. Distribuição dos Resíduos.

Intervalo de desvios-padrão	probabilidade da distribuição normal	probabilidade obtida
-1s e +1s	68,27 %	93,75 %
-2s e +2s	95,45 %	100 %
-3s e +3s	99,73 %	100 %

7.11 Autocorrelação dos Resíduos - Teste de Durbin-Watson

Os erros não devem ser correlacionados sob hipótese de normalidade. A existência de autocorrelação é verificada pela estatística de Durbin-Watson, também conhecida como razão de Von Neumann, definida pela expressão:

$$DW = \frac{\sum (e_i - e_{i-1})^2}{\sum e_i^2}$$

em que: DW = razão de Von Neumann;
e_i = i-ésimo desvio da regressão ajustada para y;
e_{i-1} = resíduo imediatamente anterior.

Após o cálculo do valor "DW", ele é comparado com os valores d_L e d_U extraídos da Tabela de Pontos Críticos da Estatística de Durbin-Watson, determinada em função do número de variáveis independentes, k, do número de

observações que compõem a amostra, e do nível de significância desejado (Moreira Filho et al, 1993, p.93).

Testa-se, então, a hipótese nula de "não existência de correlação serial entre os resíduos", que é definida da seguinte forma:

se $DW < d_L$ a hipótese nula é rejeitada, pois existe autocorrelação

se $DW > d_U$ a hipótese nula é aceita, indicando a inexistência de autocorrelação

se $d_L < DW < d_U$ o teste é inconclusivo.

Neste caso, o valor DW fornecido pelo programa foi de 1,407724. A estatística de Durbin-Watson, fornecida pela Tabela de Pontos Críticos para $k=2$ regressores e $N=16$ elementos amostrais, é de $d_L=0,95$ e $d_U=1,54$. Como DW calculado se situa entre os valores de d_L e d_U , o teste é considerado inconclusivo.

7.12 Verificação da Existência de "outliers"

Ainda que não expressa na NBR 5676/89, deve ser verificada a existência dos "outliers" (valores extremos) que produzem resíduos exagerados, especialmente sensíveis no caso de utilização do "Método de Mínimos Quadrados", no qual a teoria das regressões está baseada. A constatação de existência ou não de outliers é feita, na prática, através de um gráfico dos valores dos erros padronizados (e_i/s), versus y , sendo considerados extremos os pontos acima de 2 desvios-padrão para cada lado da distribuição.

Para esta aplicação, verificou-se a inexistência de "outliers", pois nenhum dos desvios padronizados (e_i/s) é superior a ± 2 .

7.13 Análise Geral da Regressão

Utilizando duas variáveis independentes, área de venda (AV) e características do apartamento (CA), e realizados todos os testes e cálculos com a equação de regressão, pode-se concluir que, em conjunto estas variáveis são importantes para a formação de valor. A análise de variância forneceu um nível de significância inferior a 1% para o conjunto e, para cada coeficiente, níveis de significância inferiores a 5%. Dessa forma, a avaliação pode ser enquadrada como Avaliação Rigorosa Especial, segundo a NBR 5676/89.

Porém, considerando que somente duas variáveis satisfizeram as exigências do método, número este muito reduzido frente ao grande número de características intrínsecas a um imóvel e, considerando também, que o teste de autocorrelação dos resíduos se mostrou inconclusivo, podemos classificar a avaliação, apenas como Avaliação Rigorosa.

8 COMENTÁRIOS FINAIS

Este trabalho, resultado de uma primeira experiência na área de Engenharia de Avaliações, destacou a importância da utilização da estatística inferencial nas avaliações de imóveis.

Além da dificuldade de se obter certos dados, a interpretação de alguns foi também complicada pelo fato dos imóveis estarem ainda "em planta". A avaliação de itens, como por exemplo, aspecto do hall de entrada e aspecto de fachadas, foi feita com base no que se tinha em mãos como as plantas do projeto arquitetônico, desenhos em perspectiva, "folders" de venda e até mesmo através de memoriais descritivos.

A fase de definição e organização das variáveis é das mais importantes para que o tratamento estatístico posterior traga resultados melhores. A atribuição dos pesos para as variáveis qualitativas é a parte do trabalho que envolve maior subjetividade. As escalas de graduação podem ser feitas de diversas formas. Pode-se, tanto usar uma escala de 0 a 5, de 0 a 10 como de 0 a 100, ou outra qualquer, para uma mesma variável, gerando equações diferentes, em muitos casos invalidando o modelo proposto.

Uma das dificuldades encontradas foi a adequação da variável relativa a "características de posição do apartamento". Obteve-se, como no Residencial Forest Park, preços de venda diferentes para apartamentos idênticos. A solução encontrada foi, então, a atribuição de pontos (para posição vertical e horizontal, insolação, etc.) que somados fornecessem um fator P% de valorização, a ser adicionado às características normais do apartamento.

No tratamento estatístico, ficou evidente a necessidade da utilização de softwares mais poderosos, práticos e específicos, pois além de se trabalhar com regressões múltiplas é necessário testar diversas alternativas de modelos e realizar diversas simulações. O software deve trazer rapidez e confiabilidade nos resultados. O aplicativo utilizado, "Statistica for Windows - versão 4.5 da Statsoft", apesar de bastante prático e fornecer diversas opções de saídas gráficas, é limitado quando se trabalha com equação não-linear. Quando da aplicação de logaritmos ou outras funções não lineares, o programa fica restrito à escolha de apenas quatro variáveis simultâneas.

Obviamente, resultados melhores poderiam ser obtidos com um maior número de dados amostrais, o que é característico da ciência estatística.

Finalmente, pode-se afirmar que o aspecto mais relevante deste método avaliatório, é que o mesmo se baseia em dados colhidos no mercado imobiliário, caracterizando aleatoriedade e, assim, reduzindo em muito a subjetividade do engenheiro avaliador. Daí a sua vantagem em relação a outros métodos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Avaliação de Imóveis Urbanos*. NBR 5676/89 (NB 502). Rio de Janeiro: ABNT, 1990. 13 p.
- DUARTE, André Montenegro. Inferência Estatística: A Importância do Gráfico. *Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias*, ago. 1994. p. 61-73.

FRANCHI, Cláudia, SILVA, Maria de Fátima Souza e, OLIVEIRA, Míriam. Metodologia para Avaliação de Unidades Residenciais. In: IX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 03 a 06 de Setembro, 1989. *Anais ...* Porto Alegre: UFRGS/UFSM, set. 1989. p. 49-63.

MOREIRA FILHO, Iba Ilha, FRAINER, José Irany, MOREIRA, Ronaldo Medeiros Ilha et al. *Avaliação de Bens por Estatística Inferencial e Regressões Múltiplas*. 2. ed. Porto Alegre: Avalien, 1993. vol. 1, 95 p.