

**EXPLICANDO A VARIABILIDADE DOS ALUGUÉIS DE APARTAMENTOS NA  
CIDADE DE FORTALEZA**  
**Uma abordagem utilizando Regressão por Componentes Principais**

**AMORIM, GLADSTONE SABÓIA**

Eng° Civil. CREA CE1672/D, IBAPE-CE nº 146  
Av. Dom Luis nº 73, apto. 201, Fortaleza-Ce, CEP 60160-230  
Telefone (85) 3224 9183 / Fax 32241414  
e-mail: [glasamo@secrel.com.br](mailto:glasamo@secrel.com.br)

**RESUMO.** De acordo com a literatura especializada o valor do aluguel de um apartamento é determinado pelas características físicas do imóvel, da sua vizinhança, e pelos serviços e amenidades ofertados pelo condomínio. Para se conhecer a influência que cada uma dessas características exerce na variabilidade do valor do aluguel de apartamentos da cidade de Fortaleza foi elaborado este trabalho. Utilizando a técnica de regressão linear foram analisadas 17 variáveis representativas das principais características relacionadas com 160 apartamentos ofertados em 13 bairros de Fortaleza. A pesquisa de dados de mercados foi realizada no mês de maio de 2003 através de consultas aos classificados de jornais e às administradoras de imóveis da cidade. Devido a colinearidade existente entre as variáveis analisadas aplicou-se a técnica de regressão por componentes principais. Foram analisados cinco modelos, sendo um geral representando o mercado de Fortaleza e os demais correspondendo a segmentos desse mercado.

**Palavras-chave:** Aluguel de apartamentos, Regressão linear, Componentes Principais

## **1 – INTRODUÇÃO**

Apesar de sua importância sócio-econômica o segmento do mercado imobiliário destinado a locação de apartamentos merece pouca atenção da engenharia de avaliações em nosso país.

A análise para determinar as características relacionadas com apartamentos que mais contribuem para a formação e a variabilidade dos aluguéis desse tipo de habitação proporciona importantes informações para os agentes econômicos que participam desse mercado tais como: administradoras de imóveis, investidores, projetistas de prédios residenciais, e profissionais de avaliações de imóveis.

Este trabalho tem por objetivo, especificamente, estudar as principais características que explicam a variabilidade do valor de aluguel de apartamentos residenciais em Fortaleza.

Utilizando a técnica da análise de regressão linear e seguindo os preceitos das normas brasileiras em vigor a pesquisa busca obter um modelo econométrico que mostre as relações existentes entre as variáveis representativas das principais características dos apartamentos e os seus respectivos aluguéis.

Este estudo também pretende apresentar os procedimentos utilizados pela técnica de Regressão por Componentes Principais como medida corretiva para o tratamento de dados na presença da multicolinearidade.

Na seção 2 descrevem-se as pesquisas: bibliográficas, de dados estatísticos sobre apartamentos alugados em Fortaleza, e da amostra de dados analisada. Na seção 3 são descritas as variáveis selecionadas para comporem os modelos analisados. Na seção 4 apresentam-se os conceitos e procedimentos estatísticos usados nas análises dos dados. Na seção 5 analisam-se os modelos geral e por segmentos de mercado. No capítulo 6 estão as conclusões e as sugestões.

## **2 – DETALHAMENTO DA PESQUISA**

### **2.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA**

Procurou-se na bibliografia conhecer os procedimentos adotados em trabalhos semelhantes que pudessem auxiliar na elaboração das várias etapas do presente estudo.

Gau e Kohlhepp (1978) publicaram um estudo comparativo entre as técnicas de regressão stepwise e por componentes principais na redução dos efeitos da multicolinearidade num modelo de regressão múltipla composto por 44 variáveis explicativas. Para tanto utilizaram uma amostra com 504 dados de vendas de imóveis unifamiliares localizados em Norman, Oklahoma, no período de janeiro de 1973 e dezembro de 1975.

Guntermann e Norrbin (1987) analisaram a relação existente entre o aluguel de apartamentos e as suas características físicas, locacionais e amenidades. Utilizaram uma amostra de 291 imóveis localizados em Mesa e Tempe Arizona. Para reduzir a multicolinearidade das variáveis relacionadas com amenidades os autores aplicaram a técnica de componentes principais.

Sirmans et all (1989) pesquisaram os efeitos de várias características relacionadas com amenidades, serviços e fatores externos, no aluguel de habitações multifamiliares. Utilizaram uma amostra com 188 dados de apartamentos localizados na cidade de Lafayette, Louisiana.

Sirmans e Benjamim (1991) analisaram a literatura existente sobre processos de determinação de alugueis de apartamentos nos Estados Unidos.

González (1993), utilizando uma amostra de 504 apartamentos residenciais localizados na cidade de Porto Alegre, pesquisou a influência de diversas variáveis na formação dos valores dos aluguéis de apartamentos na capital do Rio Grande do Sul.

Bible e Hsieh (1996) elaboraram estudo no qual analisaram a influência de fatores relacionados com a localização no valor de aluguel de apartamento numa área metropolitana. Utilizaram informações geradas por GIS (Geographic Information System) para 81 complexos de apartamentos em Shreveport – Bossier (Louisiana) .

Des Rosiers e Thériault (1996) realizaram uma análise comparativa das características determinantes no aluguel de apartamentos em cinco segmentos de mercado da região de Quebec, no Canadá,

Dantas (2000) publicou trabalho sobre o uso da técnica de regressão por componentes principais analisando o comportamento de 10 covariáveis em uma amostra de preços de 147 apartamentos na cidade de Recife.

Cavalcante (2001) – analisou as características que contribuem para a formação do valor de apartamentos residenciais em Fortaleza usando uma amostra com 202 imóveis situados em cinco bairros localizados na área nobre de Fortaleza.

## **2.2. PESQUISA DOS DADOS DA AMOSTRA**

Esta etapa do trabalho constou da elaboração de uma amostra de apartamentos ofertados para locação em Fortaleza. Os dados foram obtidos, no mês de maio de 2003, através de consulta aos classificados dos jornais e às administradoras de imóveis da cidade. Os dados foram pesquisados no período de um mês afim de não serem influenciados por fatores conjunturais, como por exemplo: inflação e mudança de legislação. Ao final, obteve-se uma amostra de 160 imóveis, utilizando-se os seguintes critérios:

- a) Para representar regiões da cidade com características sócio-econômicas semelhantes utilizou-se os bairros de Fortaleza, critério adotado pelo IBGE no Censo Demográfico. O número de dados que cada bairro participa na amostra foi definido de acordo com a proporção existente entre o número de apartamentos alugados em cada bairro e o total de apartamentos alugados na cidade de Fortaleza, (Tabela 2.1). Esta tabela foi obtida a partir dos dados brutos constantes da Tabela 3.1.7.10 e da Tabela 3.3.8.10 do Censo Demográfico de 2000 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Esses dados foram cruzados gerando a segunda coluna da Tabela 2.1 que fornece a proporção média de apartamentos alugados por bairros de Fortaleza.
- b) Os bairros selecionados foram os que apresentaram maior número de ofertas no período das consultas. Os bairros Praia de Iracema e José Bonifácio foram incorporados aos seus vizinhos, de características sócio-econômico semelhantes, respectivamente, Meireles e

Benfica, por causa do número de dados obtidos terem sido menores do que o previsto pelo critério adotado. Desse modo, obteve-se uma região contínua da cidade a partir da orla marítima. A área pesquisada abrange 13 bairros que correspondem, aproximadamente, a 55% do total de apartamentos destinados a locação em Fortaleza.. Os 45 % restantes correspondem a unidades dispersas nos demais 101 bairros, incluindo aquelas que não utilizam os meios pesquisados (anúncios de jornal e imobiliárias) para serem ofertadas. A Figura 2.1 mostra a localização dos imóveis pesquisados

De posse dos dados selecionados foram feitas as vistorias externas dos imóveis para a verificação do estado de conservação e do padrão de acabamento dos prédios. Durante as visitas foram obtidas outras informações referentes aos condomínios tais como: equipamentos e serviços disponibilizados pelo condomínio, valor da contribuição condominial, número de unidades total e por prédio. Não foi feita a vistoria interna dos imóveis pela dificuldade de acesso aos mesmos. Para se ter um conhecimento das áreas internas dos apartamentos foram vistas fotos dessas áreas, disponibilizadas pelas imobiliárias.

O próximo passo foi a obtenção, junto ao setor de ITBI da Secretaria de Finanças da Prefeitura de Fortaleza, de dados complementares referentes às seguintes características dos elementos da amostra: área total construída do apartamento, idade do apartamento, número de apartamentos existentes em cada condomínio, e área total do terreno onde foram construídos os apartamentos.

**TABELA 2.1 - Distribuição dos dados da amostra por bairros. ( Fonte: Dados brutos do Censo 2000 do IBGE)**

<b>BAIRROS</b>	<b>APARTAMENTOS ALUGADOS EM FORTALEZA</b>	<b>%</b>	<b>NÚMERO DE APARTAMENTOS NA AMOSTRA</b>
Meireles	1.721	11,47	33
Aldeota	1.518	10,13	29
Centro	1.019	6,79	20
Fátima	657	4,38	13
Joaquim Távora	582	3,88	11
Dionísio Torres	545	3,64	11
Cocó	477	3,18	9
Varjota	473	3,15	9
Benfica	383	2,56	7
Mucuripe	321	2,14	6
Papicu	294	1,96	6
José Bonifácio	201	1,34	4
Praia de Iracema	99	0,66	2
Outros	6.705	44,71	0
<b>TOTAL</b>	<b>14.995</b>	<b>100,00</b>	<b>160</b>



FIGURA 2.1. Localização dos imóveis pesquisados. Fonte: Mapa de Fortaleza - Universal Mapas e Atlas Didáticos, 2002.

### **3–ESPECIFICAÇÃO DO MODELO - VARIÁVEIS CONSIDERADAS**

O aluguel de um apartamento representa uma estimativa de mercado para o valor do fluxo de serviços fornecidos pelo imóvel em decorrência das suas características físicas, das amenidades (equipamentos e serviços) de que dispõe, bem como dos atributos locacionais. Assim sendo, as variáveis independentes de um modelo de regressão, deveriam fornecer uma confiável estimativa de valor de mercado para as várias características e atributos dos apartamentos (Guntermann, 1987; Sirmans et al., 1989).

As variáveis consideradas foram as seguintes:

#### **3.1. VARIÁVEIS RELACIONADAS COM AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

- a) **ÁREA** – representa a área total construída do apartamento
- b) **QUA** – representa o número de quartos, exceto o de empregada.
- c) **BAN** – dá a quantidade de banheiros, exceto o da empregada.
- d) **DE** – informa se há, ou não, dependências de empregada.
- e) **VAG** – indica a quantidade de vagas de carros do apartamento pesquisado.
- f) **PAD** – informa o padrão do imóvel pesquisado. Se é normal ou alto.
- g) **CONS** – representa o estado de conservação do imóvel de acordo com a vistoria feita. A variável assume os valores 10, 9, e 8. Esses valores classificatórios foram definidos a partir dos dados da tabela de Heidecke para depreciação, e transformados para a escala de 0 a 10. O valor 10 corresponde ao estado “entre novo e regular” cuja depreciação é 0,32 % (conservação = 99,78 %, arredondado para 100); o valor 9 corresponde ao estado “entre regular e reparos simples” cuja depreciação é de 8,09 % (conservação = 91,91%, arredondado para 90) ; e o valor 8 corresponde ao estado “reparos simples” cuja depreciação é de 18,10 % ( conservação = 81,90 %, arredondado para 80).
- h) **ID** – dá a idade do imóvel, em anos, para 2003.
- i) **AND** – indica o andar.
- j) **ELE** – indica se há, ou não, elevador.
- l) **Nº UNID** – indica a quantidade de apartamentos existentes no condomínio.
- m) **UNID/AND** – indica a quantidade de apartamentos por andar obtida através da divisão do número de unidades pelo número de andares do prédio.
- n) **LOTE** – representa a área total do terreno onde está construído o imóvel,

### **3.2. VARIÁVEL RELACIONADA COM AS AMENIDADES**

COND. – Representada pela contribuição condominial mensal, esta variável foi adotada porque os valores assumidos por ela, apresentam uma relação com a quantidade de serviços prestados e com os equipamentos (zeladoria, portaria, equipamento de segurança, salão de festas, quadra de esportes, play-ground, piscina, sauna, etc) disponibilizados pelo condomínio para os apartamentos. Os valores foram obtidos nas imobiliárias e confirmados in loco.

### **3.3. VARIÁVEIS RELACIONADAS COM A LOCALIZAÇÃO**

PÓLO – indica a valorização relativa dos imóveis causada pela proximidade de um pólo valorizante. É representada pela distância, em metros, medida em linha reta, do imóvel até o pólo valorizante mais próximo.

Foram considerados os seguintes pólos valorizantes:

Orla marítima, tomando-se como referência o trecho compreendido entre a Praia de Iracema e a do Mucuripe, por representar um pólo de lazer e turismo, onde se localizam clubes sociais, hotéis, restaurantes e condomínios de luxo.

Centro da cidade, tomando-se como referência a Praça do Ferreira. Representa o centro histórico e tradicional do comércio de Fortaleza.

Com a descentralização da cidade diversos bairros passaram a ter seus próprios centros comerciais e de lazer. Esses centros, implantados na grande maioria por empreendedores, são precedidos por estudos mercadológicos para definir uma localização estratégica que possa atender a população de uma região. Devido a atração de público que exercem, em consequência da concentração dos serviços que proporcionam, esses centros comerciais provocam a valorização dos imóveis localizados em suas proximidades. Os centros comerciais que foram considerados influenciantes nas regiões pesquisadas foram: Shopping-Center Benfica; Shopping Center Iguatemi; e Praça Portugal (onde localizam-se no seu entorno vários Shopping Center) .

ACES – representa a localização do imóvel no bairro (micro região) e indica o nível de acessibilidade a grandes vias de circulação (facilidade de deslocamento entre pontos da cidade). Para representá-la considerou-se a distância de cada imóvel à avenida mais próxima .

BAI – representa o bairro (macro região) e indica a valorização relativa do imóvel em função das características sócio-econômicas (indicativa do poder aquisitivo) da região da cidade. Para quantificá-la foi utilizada a renda mensal média por domicílio para cada bairro detectada pelo IBGE no Censo 2000

### **3.4. VARIÁVEL DEPENDENTE**

Para variável dependente adotou-se o ALUGUEL, através da transformada LOG ALU (Logaritmo decimal do aluguel), por ter obtido um melhor ajustamento aos dados.

### 3.5. LIMITAÇÕES DO MODELO

As seguintes características, embora consideradas, não foram utilizadas no modelo:

- a) Apartamentos sem quarto. Não foi considerado porque, na pesquisa, o valor do aluguel obtido para esse tipo de apartamento incluía a contribuição condominial impossibilitando o conhecimento e a utilização desses valores separadamente.
- b) Apartamentos localizados na avenida Beira-mar, por pertencerem a um segmento especial do mercado imobiliário em virtude do elevado padrão construtivo e da localização privilegiada .
- c) Apartamentos na cobertura; Móvel (ter ou não); e Favela (proximidade) não foram considerados em razão de uma das alternativas de cada uma dessas variáveis representar mais de 90 % dos dados. Segundo Dantas (2000), deve-se evitar alternativas que concentrem mais de 70 % dos casos pois o desequilíbrio amostral prejudica a análise.

### 3.6. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA AMOSTRA PESQUISADA

As estatísticas descritivas da amostra pesquisada constam da Tabela 3.1.

**TABELA 3.1 - Estatísticas descritivas – Modelo geral**

VARIÁVEIS	UNID	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMA
ALUG	R\$	524,90	237,87	150,00	1.800,00
LOG ALUG	-	2,68389	0,173797	2,17609	3,25527
COND	R\$	209,08	98,67	50,00	650,00
AREA	M <sup>2</sup>	159,49	55,25	49,00	381,00
QUA	UN	2,79	0,59	1	4
BAN	UN	2,23	0,81	1	4
DE	(*)	-	-	0	1
VAG	UN	1,43	0,62	0	3
PAD	(*)	-	-	0	1
CONS	PONTOS	8,63	0,73	8,0	10,00
ID	ANOS	14,0	9,22	0,0	42,0
AND	UN	5,24	4,52	1	23
ELE	(*)	-	-	0	1
Nº UN	UN	41,12	35,90	4,0	198,0
UN./AND	UN	3,16	1,66	1,00	14,0
LOTE	M <sup>2</sup>	2.073,51	2.007,1	243,00	11.250,00
ACES	M	105,93	91,42	1,00	400,00
PÓLO	M	1.005,53	628,91	20,00	2.420,00
BAI	R\$	2.803,41	1.086,75	1.306,00	4.289,00

(\*) – Variáveis dicotômicas

## 4 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

### 4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A análise estatística da amostra pesquisada foi feita utilizando-se o método comparativo de dados de mercado através da análise de regressão linear múltipla.

A partir dos dados da amostra procurou-se um modelo econométrico que mostrasse as relações entre as variáveis explicativas selecionadas e a variável explicada.

Para combater a multicolinearidade foi utilizada a técnica da Análise de Componentes Principais. A utilização desta técnica possibilitou a obtenção de uma equação final composta por todas as variáveis originais, resultado que não se obteria utilizando-se a técnica, mais usual, de eliminação de variáveis colineares ( método stepwise)

A seguir apresentam-se alguns conceitos sobre a Análise de Componentes Principais.

### 4.2. Análise de Componentes Principais

O objetivo da Análise de Componentes Principais é condensar as informações contidas num conjunto de variáveis em outro com menos variáveis e com um mínimo de perda de informação (Hair Jr et al, 1998). Essas novas variáveis, denominadas Componentes Principais, são caracterizadas pelos seus autovalores (eigenvalues) e seus respectivos autovetores (eigenvectors) da matriz de variância-covariância ou da matriz de correlação (esta última usada neste trabalho).

Os autovetores definem as direções de máxima variabilidade, e os autovalores indicam as suas variâncias.

Os componentes principais são classificados em ordem decrescente de importância de acordo com o valor de seus respectivos autovalores.

O primeiro componente principal corresponde ao eixo que passa equidistante dos pontos na direção cuja variância é máxima. O segundo componente, perpendicular ao primeiro, é o eixo que passa equidistante dos pontos na direção da máxima variabilidade que restou após a definição do componente anterior, e assim sucessivamente. Como cada componente é definido para maximizar a variabilidade não capturada pelo componente anterior, eles são independentes um do outro, ou seja, são não correlacionados (ortogonais).

Os componentes principais correspondem, geometricamente, a uma transformação de coordenadas e, algebricamente, a combinações lineares das variáveis originais.

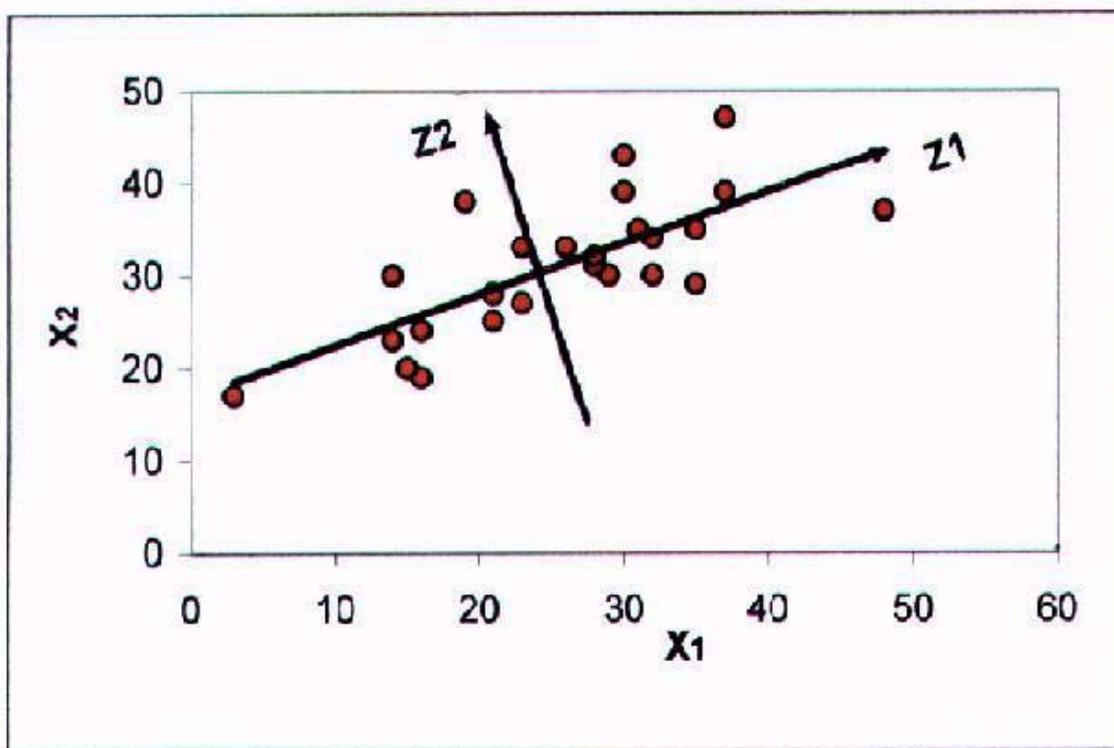
Por exemplo, no caso de duas variáveis  $X_1$  e  $X_2$ , a combinação linear é do tipo:

$$Z_1 = aX_1 + bX_2$$

$$Z_2 = cX_1 + dX_2$$

Onde  $Z_1$  e  $Z_2$  são, respectivamente, o primeiro e o segundo componentes principais;  $X_1$  e  $X_2$  são as variáveis originais;  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , e  $d$  são “pesos”, ou carregamentos, determinados pelos autovetores e correspondem aos ângulos formados pelos eixos representativos das variáveis e dos seus componentes principais.

A Figura nº 4.1 mostra um exemplo de gráficos de duas variáveis  $X_1$  e  $X_2$  e dos seus componentes principais  $Z_1$  e  $Z_2$ .



**FIGURA 4.1 – Componentes Principais  $Z_1$  e  $Z_2$  das variáveis  $X_1$  e  $X_2$**

Uma etapa necessária para se aplicar na análise dos componentes principais como medida corretiva da multicolinearidade é a eliminação daqueles componentes possuidores de autovalores muito pequenos, que são de pouca importância para explicar a variabilidade dos dados. Para proceder a essa eliminação e se reter só os componentes mais importantes, há vários critérios. Os mais usados são :

- Critério de Kaiser: os componentes principais a serem retidos são aqueles com autovalores maiores de 1,0, eliminando-se os de valores menores de 1,0.
- Método gráfico (Scree test): os componentes principais a serem retidos devem corresponder aos autovalores localizados acima do ponto de inflexão da curvatura (“ponto de corte”) do gráfico “autovalor (eixo dos Y) versus componentes principais (eixos dos X)”.
- Retenção dos componentes cuja soma dos seus autovalores totalizem um determinado percentual ( por exemplo 70 %) que represente uma proporção mínima aceitável da variação total.

Segundo Dantas (2000), os Componentes Principais podem ser usados para solucionar o problema de multicolinearidade existente em regressão múltipla sem causar prejuízos para as análises.

## 5 – ANÁLISE DOS MODELOS

### 5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Primeiramente, foi elaborado um modelo geral representativo de Fortaleza e analisado o comportamento das variáveis. Em seguida, foram elaborados modelos para os segmentos do mercado relacionados à idade e ao bairro. Dividiu-se a amostra ao meio obtendo-se as seguintes sub-amostras de imóveis: com idade de até 13 anos; com idade de mais de 13 anos; localizados em bairros com renda mensal média por domicílio de até R\$ 2.796,00; e com renda mensal média por domicílio com mais de R\$ 2796,00. Finalmente, foi elaborada uma tabela comparativa dos vários modelos.

### 5.2. MODELO GERAL

#### 5.2.1. Modelo com todas as variáveis pesquisadas

O modelo de regressão geral de LOG ALU sobre as 17 variáveis independentes teve um bom ajustamento aos dados ( $R^2 = 83,13\%$ ), mas apresentou variáveis com a significância acima do limite adotado de 5%, e inversão de sinal (variável VAG), características de multicolinearidade. As estatísticas relacionadas com a equação constam da Tabela 5.1.

**Tabela 5.1 – Equação LOG ALU com as variáveis pesquisadas**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ESTATÍSTICA t	Valor – p
CONSTANTE	2,230630	15,6665	0,0000
COND	0,000062	0,5323	0,5953
ÁREA	0,001385	5,8880	0,0000
QUA	0,011244	0,7773	0,4382
BAN	0,014850	1,0137	0,3124
DE	0,031079	1,4456	0,1505
VAG	-0,004036	-0,2583	0,7966
PAD	0,076012	3,5883	0,0005
CONS	0,009186	0,6460	0,5193
ID	-0,002463	-2,2151	0,0283
AND	0,001477	0,8411	0,4017
ELE	0,054296	2,5935	0,0105
Nº UNID	0,000141	0,4111	0,6816
UN/AND	-0,002085	-0,3819	0,7031
LOTE	-0,0000004	-0,0872	0,9307
ACES	0,000070	1,0340	0,3029
PÓLO	-0,000019	-1,5236	0,1298
BAI	0,000014	1,8664	0,0641
R <sup>2</sup> = 83,13%		F = 41,16	Nº de dados = 160
R <sup>2</sup> (ajustado) = 81,11%		p = 0,0000	Nº de variáveis = 17

## 5.2.2. Regressão por Componentes Principais

Para combater a multicolinearidade constatada no modelo inicial aplicou-se a técnica de análise de componentes principais às 17 variáveis independentes obtendo-se os seguintes autovalores( Tabela 5.2):

**TABELA 5.2 - Autovalores dos Componentes Principais**

COMPONENTE NÚMERO	AUTOVALORES	% DA VARIÂNCIA	
		SIMPLES	ACUMULADA
1	5,6865	33,45	33,45
2	2,6196	15,41	48,86
3	1,8495	10,88	59,74
4	1,4451	8,50	68,24
5	0,9263	5,45	73,69
6	0,7542	4,43	78,12
7	0,6653	3,91	82,04
8	0,5525	3,25	85,29
9	0,4588	2,70	87,99
10	0,4090	2,41	90,40
11	0,3780	2,22	92,62
12	0,3077	1,81	94,43
13	0,2501	1,47	95,90
14	0,2201	1,30	97,20
15	0,2045	1,20	98,40
16	0,1527	0,90	99,30
17	0,1194	0,70	100,00

Para a eliminação dos componentes principais de baixa importância, utilizou-se o critério de Kaiser, resultando na extração de 4 componentes principais (CP1, CP2, CP3 e CP4). A variabilidade dos componentes retidos corresponde a 68,24 % da variabilidade dos dados da amostra. Os pesos (carregamentos) dos seus autovetores estão na Tabela 5.3.

Em seguida, foi feita a regressão da variável dependente LOG ALU sobre os componentes principais retidos (CP1, CP2, CP3 e CP4). Os componentes CP2 e CP3 apresentaram significância maior do que o limite de 5% (os valores - p foram de 0,1914 e 0,0991, respectivamente) e, em consequência disso, foram excluídos da equação. A equação final, na forma padronizada (subtraindo de cada variável a sua média e dividindo pelo desvio padrão), está na Tabela 5.4

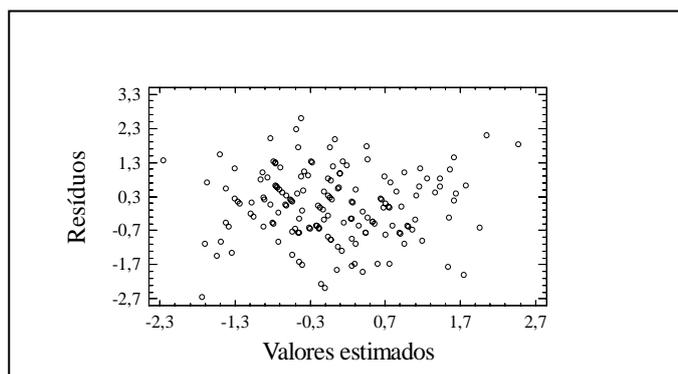
**TABELA 5.3. Pesos (carregamentos) dos 4 componentes principais retidos**

Variáveis	CP 1	CP 2	CP3	CP 4
<b>COND</b>	0,349295	0,122797	-0,00107303	-0,0865987
<b>ÁREA</b>	0,344393	0,181124	0,14947	-0,159415
<b>QUA</b>	0,273682	0,224853	0,199438	-0,0203287
<b>WC</b>	0,363885	0,0911114	0,0714009	-0,0242121
<b>DE</b>	0,10764	0,406549	0,308051	0,148252
<b>VAG</b>	0,333516	0,0100237	0,102059	0,0705221
<b>PAD</b>	0,28612	-0,146999	-0,134174	-0,0122087
<b>COM</b>	0,241542	-0,319742	-0,187688	0,284885
<b>ID</b>	-0,246643	0,319864	0,129963	-0,29786
<b>AND</b>	0,147396	-0,392795	0,150843	0,120939
<b>ELEV</b>	0,243111	-0,29256	0,0859779	0,046455
<b>Nº UN</b>	-0,0906175	-0,39677	0,455222	-0,119652
<b>UN AND</b>	-0,265763	-0,245759	0,0801737	-0,100679
<b>LOTE</b>	-0,0333658	-0,105422	0,641206	-0,0721074
<b>AC</b>	0,0284785	0,0980312	-0,155238	0,335279
<b>PÓLO</b>	-0,0678751	0,133587	0,268515	0,631374
<b>BAI</b>	0,24902	-0,0737804	-0,078793	-0,460028

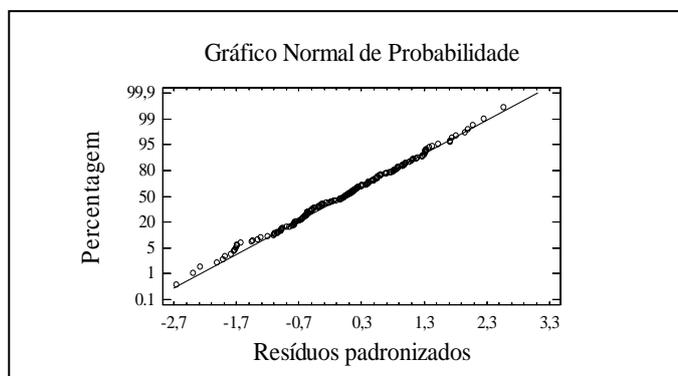
**TABELA 5.4 - Regressão de LOG ALU sobre os componentes CP1 e CP4**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	DESVIO PADRÃO	ESTATÍSTICA t	P – VALOR
CP – 1	0,370004	0,0154096	24,0112	0,0000
CP – 4	-0,081110	0,0305671	-2,6535	0,0088
R <sup>2</sup> = 78,80%		F = 291,79	Nº de dados = 160	
R <sup>2</sup> (Ajustado) = 78,53%		p = 0,0000	Nº de variáveis = 2	

A análise dos gráficos de resíduos (dois deles apresentados nas Figuras 5.2 e 5.3) mostra que são atendidos satisfatoriamente os pressupostos básicos das equações de regressão tais como: homocedasticidade, não-autocorrelação, normalidade dos resíduos, linearidade.

**FIGURA 5.2– Gráfico dos resíduos x valores estimados de LOG ALU do modelo geral**

**FIGURA 5.3** – Gráfico de probabilidade normal dos resíduos de LOG ALU do modelo geral



### 5.2.3. Equação final do modelo geral com as variáveis originais

Substituindo-se, na equação da Tabela 5.4, os componentes principais CP1 e CP4 pelas respectivas combinações lineares das variáveis originais obtém-se a equação final composta por estas variáveis.( Tabela 5.5 )

**TABELA 5.5. Equação final de LOG ALU para o modelo geral**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES
COND	0,00024001
ÁREA	0,00044150
QUA	0,03008553
BAN	0,02921987
DE	0,01204388
VAG	0,03295653
PAD	0,04311868
CONS	0,01575457
ID	-0,00126000
AND	0,00172058
ELE	0,03239303
Nº UNID	-0,00011532
UN/AND	-0,00944936
LOTE	-0,00000056
ACES	-0,00003167
PÓLO	-0,00002109
BAI	0,00002070
CONSTANTE	2,19543756

#### 5.2.4 – Análise do comportamento das variáveis

As variáveis participantes do modelo geral encontrado apresentam comportamentos coerentes com o que ocorre no mercado imobiliário.

Mantida a condição “ceteris paribus “ a influência que cada variável explicativa exerce no valor do aluguel é, em média, a seguinte:

COND – para cada R\$ 20,00 de acréscimo na contribuição condominial, decorrente de aumento de serviços oferecidos pelo condomínio, o aluguel eleva-se em 1,1%.

ÁREA – para cada acréscimo de 10m<sup>2</sup> o aluguel cresce em 1,0 %.

QUA – para uma variação unitária o aluguel eleva-se em 7,2%.

BAN – para cada acréscimo de banheiro o aluguel aumenta em 7,0 %.

DE – a existência de dependência de empregada valoriza o aluguel em 2,8%

VAG – cada vaga a mais aumenta o valor do aluguel em 7,9%.

PAD – os apartamentos de padrão alto são mais valorizados em 10,4 % do que os de padrão normal.

CONS – os aluguéis são maiores para os imóveis mais conservados. O acréscimo é de 3,7% para cada mudança de estado de conservação.

ID – o aumento da idade dos imóveis afeta o aluguel de modo negativo. A desvalorização é de 1,0 % para cada acréscimo de 4 anos.

AND – o aluguel cresce em 0,4 % para cada andar mais elevado.

ELE – a presença de elevador no imóvel aumenta o aluguel em 7,7 %.

Nº UNID – o aluguel não é influenciado pela quantidade de apartamentos existentes no condomínio.

LOTE – o tamanho do terreno não influencia o valor do aluguel.

ACES – para a distância de 100 metros, média da amostra, o aluguel varia em -0,7 %..

PÓLO – os apartamentos mais afastados de um pólo de valorização apresentam menores valores de aluguéis. Para cada 200 metros de afastamento do pólo o aluguel diminui em 1,0 %.

BAI – Indica que os bairros de maior poder aquisitivo apresentam aluguéis maiores. Para cada R\$ 200,00 de acréscimo na renda do bairro o aluguel é acrescido em 1%.

### 5.3. MODELOS POR SEGMENTOS DE MERCADO

#### 5.3.1. Considerações iniciais

Objetivando comparar o modelo geral único para Fortaleza com modelos por segmentos de mercado foram calculadas as equações de regressões utilizando-se as seguintes sub-amostras dos dados pesquisados.

#### 5.3.2. Modelos por idade

Para verificar a influência exercida pelo segmento de mercado caracterizado pela idade dos imóveis (imóveis antigos x imóveis novos) no comportamento das variáveis pesquisadas dividiu-se a amostra ao meio, resultando em uma sub-amostra com 84 dados de imóveis com até 13 anos e outra com 76 imóveis com mais de 13 anos. Em seguida, foram feitas duas regressões: uma, usando os dados dos imóveis com idade de até 13 anos, e a outra, usando os dados dos imóveis com idade maior do que 13 anos. As equações foram obtidas seguindo o mesmo procedimento utilizado no cálculo da equação geral.

A análise dos componentes principais das duas sub-amostras resultou:

**Imóveis com idade de até 13 anos.** Foram **retidos** 5 componentes principais (CP1, CP2, CP3, CP4, CP5) que correspondem a 74,42 % da variabilidade dos dados. Os componentes CP4 e CP5 foram excluídos da equação de regressão de LOG ALU por apresentarem significância maior do que 5% (os valores de p foram de 0,0973 e 0,6919 respectivamente);

**Imóveis com idade maior do que 13 anos.** Foram **retidos** 5 componentes principais que correspondem a 71,84 % da variabilidade dos dados. Os componentes CP2, CP3, e CP4, foram excluídos da equação de regressão de LOG ALU por apresentarem significância maior do que 5% (os valores de p foram 0,5156, 0,2494, e 0,5532 respectivamente).

As Tabelas 5.6, e 5.7 apresentam as equações de regressões com os componentes principais correspondentes às duas sub-amostras relacionadas com a idade dos imóveis.

**TABELA 5.6 - Regressão de LOG ALU sobre os Componentes Principais para imóveis com idade de até 13 anos.**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	ESTATÍSTICA t	P - VALOR
CP – 1	0,355549	0,0270774	13,1308	0,00000
CP – 2	0,10131	0,0361995	2,7985	0,0064
CP – 3	0,163606	0,0402008	4,06973	0,0001
R <sup>2</sup> = 71,10%; R <sup>2</sup> (ajustado) = 70,02%		F = 65,60 p = 0,0000	Nº de dados = 84; Nº de variáveis = 3	

**TABELA 5.7 - Regressão de LOG ALU sobre os Componentes Principais para imóveis com idade maior de 13 anos.**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	ESTATÍSTICA t	P - VALOR
CP – 1	0,371909	0,0233483	15,9287	0,00000
CP – 5	0130443	0,0523548	2,4915	0,0150
R <sup>2</sup> = 78,07%; R <sup>2</sup> (ajustado) = 77,47%		F = 129,97 p = 0,0000	Nº de dados = 76; Nº de variáveis = 2	

A seguir são apresentadas as equações de regressão após a substituição dos Componentes Principais pelas combinações lineares das variáveis originais.

**TABELA 5.8 - Equações de regressões com LOG ALU e as variáveis originais para sub - amostras de idade**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES DAS EQUAÇÕES	
	IMÓVEIS COM ATÉ 13 ANOS	IMÓVEIS COM MAIS 13 ANOS
CONSTANTE	2,19795372	2,081669
COND	0,000203773	0,000240927
ÁREA	0,00041659	0,000485124
QUA	0,031966993	0,03592568
BAN	0,028238	0,0275011
DE	0,01174929	0,056820665
VAG	0,0405223	0,02325402
PAD	0,041529581	0,0249663
CONS	0,010585695	0,01747766
ID	-0,00188882	-0,000087
AND	0,002411	0,005866208
ELE	0,068425389	0,036478981
Nº UNID	0,000088808	-0,000215
UNID/AND	-0,009816589	-0,006502
LOTE	0,00000484	-0,000000477
ACES	0,000055961	0,000040145
PÓLO	-0,00000995	-0,000005339
BAI	0,0000137305	0,0000140552

### 5.3.3. Modelos por bairros

O mesmo procedimento adotado para o segmento de mercado relacionado com a idade foi utilizado para analisar o comportamento do modelo com relação a localização dos imóveis, representada pela variável bairro (BAI).

A amostra, dividida ao meio, ficou composta por uma sub amostra de 84 dados de imóveis localizados nos bairros representados pela renda mensal média por domicílio de até R\$ 2.796,00 e outra composta por 76 dados de imóveis localizados nos bairros representados pela renda maior de R\$ 2.796,00.

A análise de componentes principais apresentou os seguintes resultados:

**Bairros com renda média mensal de até R\$ 2.796,00.** Foram **retidos** 4 componentes principais que correspondem a 66,22% da variabilidade dos dados. Os componentes CP2 e CP3 foram eliminados da equação de regressão por apresentarem os valores de  $p$  iguais a 0,8527 e 0,7617 respectivamente.

**Bairros com renda maior do que R\$ 2.796,00.** Foram **retidos** 4 componentes principais que correspondem a 69,68% da variabilidade dos dados. O componente CP3 foi eliminado por apresentar um valor  $p = 0,2799$ .

As Tabelas 5.9, 5.10 e 5.11 mostram as equações obtidas.

**TABELA Nº 5.9 - Regressão de LOG ALU sobre os Componentes Principais para bairros com renda mensal média por domicílio de até R\$ 2.796,00.**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	ESTATÍSTICA t	P – VALOR
CP – 1	0,34327	0,023699	14,4846	0,0000
CP – 4	-0,111436	0,0545447	-2,04302	0,0447
R <sup>2</sup> = 74,56%; R <sup>2</sup> (ajustado) = 73,86%		F = 106,99 p = 0,0000	Nº de dados = 76; Nº de variáveis = 2	

**TABELA Nº 5.10 - Regressão de LOG ALU sobre os Componentes Principais para bairros com renda mensal média por domicílio maior de R\$ 2.796,00.**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES	ERRO PADRÃO	ESTATÍSTICA t	P -VALOR
CP – 1	0,365032	0,0227866	16,0196	0,0000
CP – 2	0,110906	0,0266717	4,15818	0,0001
CP – 4	0,279538	0,0383295	7,29303	0,0000
R <sup>2</sup> = 80,35%; R <sup>2</sup> (ajustado) = 79,61%		F = 109,04 p = 0,0000	Nº de dados = 84; Nº de variáveis = 3	

**TABELA Nº 5.11 - Equações de regressões com LOG ALU e as variáveis originais para sub - amostras de bairros.**

VARIÁVEIS	COEFICIENTES DAS EQUAÇÕES	
	BAIRROS COM RENDA ATÉ R\$ 2.796,00	BAIRROS COM RENDA MAIOR DE R\$ 2.796,00
CONSTANTE	2,128862	2,036709
COND	0,0003038	0,000237886
ÁREA	0,00048464	0,00054821
QUA	0,02685531	0,035255187
BAN	0,0290673	0,034509
DE	0,020932848	0,013874162
VAG	0,023686328	0,033769243
PAD	0,06624367	0,0431617
CONS	0,0147015	0,012091
ID	-0,0012000	-0,001074
AND	0,00364358	0,001834213
ELE	0,02673761	0,05542042
Nº UNID	0,000044491	0,000220715
UNID/AND	-0,0062058	-0,005609
LOTE	0,0000019909	0,00000251096
ACES	0,000040561	-0,0000004768
PÓLO	-0,000008079	-0,00003806
BAI	0,00003784	0,0000457

#### 5.3.4. Análise comparativa das equações

Para comparar a equação geral com as por segmento de mercado foi elaborada a Tabela 5.12.

**TABELA 5.12 – Coeficientes e estatísticas das cinco equações obtidas**

ITENS	MODELOS				
	GERAL	IDADE ≤ 13 ANOS	IDADE > 13 ANOS	RENDA ≤ 2.796	RENDA > 2.796
Coeficiente de CP-1	0,370004	0,355549	0,371909	0,34327	0,365032
Coeficiente de CP-2	-	0,101310	-	-	0,110906
Coeficiente de CP-3	-	0,163606	-	-	-
Coeficiente de CP-4	- 0,081110	-	-	- 0,111436	0,279538
Coeficiente de CP-5	-	-	0,130443	-	-
Nº dados	160	84	76	76	84
R <sup>2</sup> ( % )	78,80	71,10	78,07	74,56	80,35
R <sup>2</sup> Ajust. ( % )	78,53	70,02	77,47	73,86	79,61
F	291,79	65,60	129,97	106,99	109,04

Esta tabela mostra que, das variáveis independentes de cada modelo (CP1, CP2, CP3, CP4 e CP5), somente o primeiro componente, CP1, participa de todas as equações. Comparando-se a equação geral com as por segmento de mercado verifica-se que, para determinar o valor de LOG ALU, as variáveis analisadas combinam-se de modo diferente em função de cada segmento. Este comportamento pode ser explicado pelas diferenças existentes nos segmentos de mercado relacionadas com as características físicas e locacionais dos imóveis, bem como com o perfil mercadológico (sócio-econômico) dos locatários. Conclusões semelhantes a estas foram encontradas por Guntermann e Norrbin (1987) e González (1993).

Apesar dessas diferenças a equação geral pode ser usada para calcular os valores dos aluguéis em Fortaleza. Isso pode ser comprovado observando-se a superposição dos intervalos de confiança mostrados nos gráficos das Figuras 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7, que comparam o intervalo de confiança de valores de LOG ALU calculados pela equação geral e pela equação de cada segmento. Os gráficos apresentam, no eixo das abcissas, os dados dispostos na ordem crescente dos valores de LOG ALU obtidos pela equação geral. Nas ordenadas, são representados os limites inferior e superior do intervalo de confiança de cada valor de LOG ALU calculado pela equação geral, emparelhados com os valores correspondentes calculados pela equação do segmento analisado. As Figura 5.4 e Figura 5.5 correspondem aos imóveis com idades de até 13 anos e aos com idade maior de 13 anos, respectivamente, e a Figura 5.6 e a Figura 5.7 referem-se aos segmentos constituídos pelos bairros com renda de até R\$ 2796,00 e aos com renda maior do que R\$ 2796,00, respectivamente.

## **6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES**

### **6.1. Considerações finais**

O objetivo deste trabalho era identificar e analisar as características mais importantes que explicam a variabilidade do valor de aluguel de apartamentos em Fortaleza.

Através da técnica de regressão linear elaborou-se um modelo geral para representar o mercado de locação de apartamentos desta cidade e quatro modelos para representarem os segmentos desse mercado relacionados com idade e com bairro.

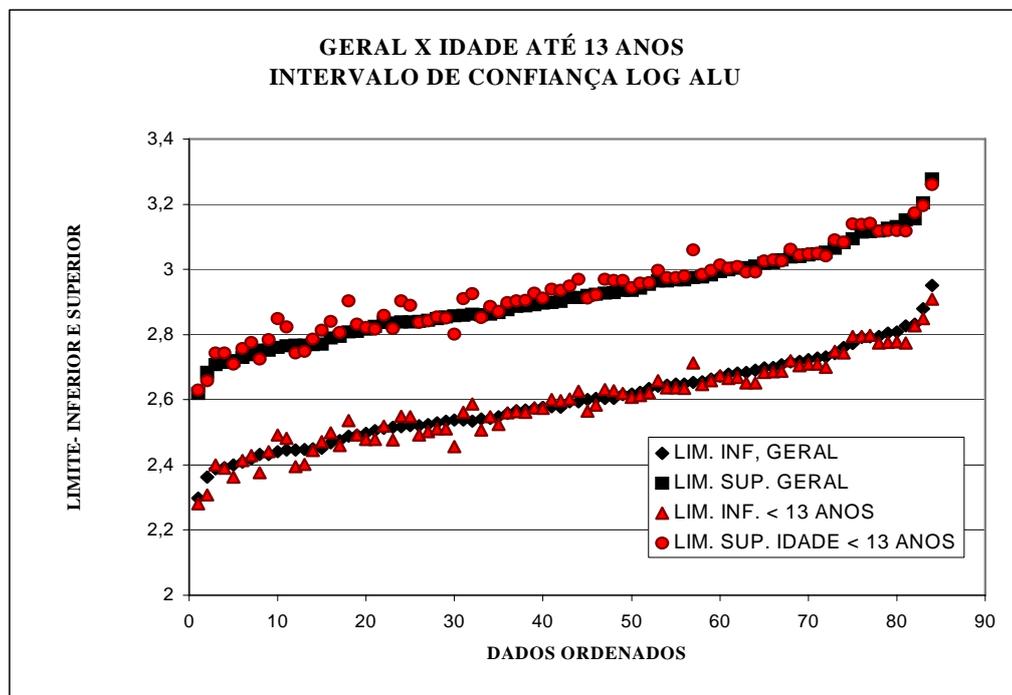
Foram utilizadas 17 variáveis representando as principais características dos 160 imóveis, pesquisados no mês de maio de 2003. Para combater a multicolinearidade utilizou-se a técnica de Regressão por Componentes Principais.

### **6.2. Conclusões**

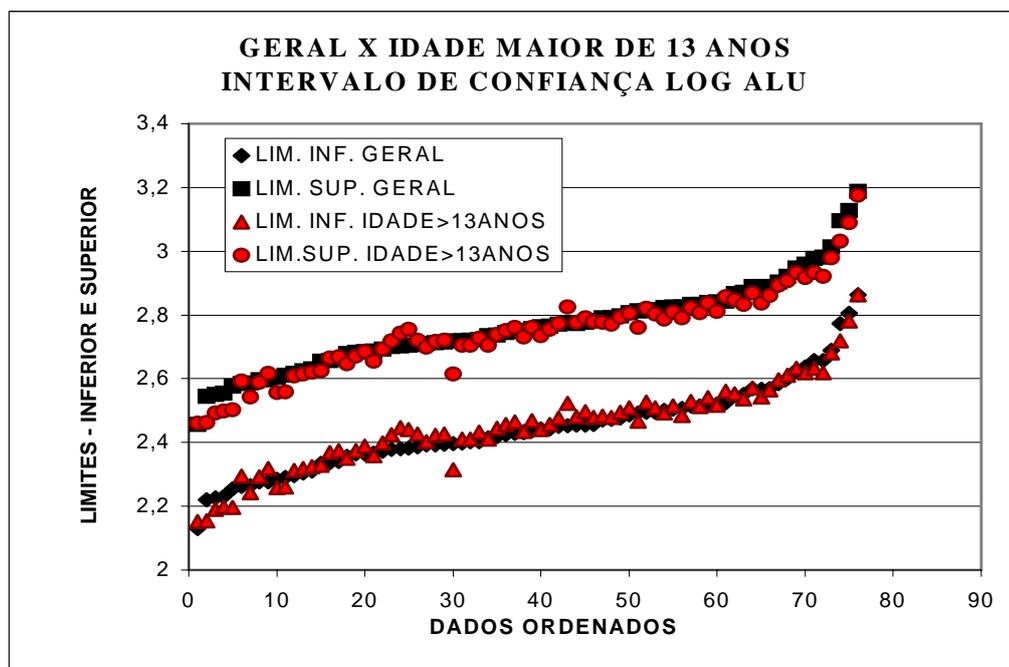
As principais conclusões retiradas deste trabalho são as seguintes:

a) A equação do modelo geral, obtida através de Regressão por Componentes Principais, explica 78,8 % da variabilidade dos valores dos aluguéis;

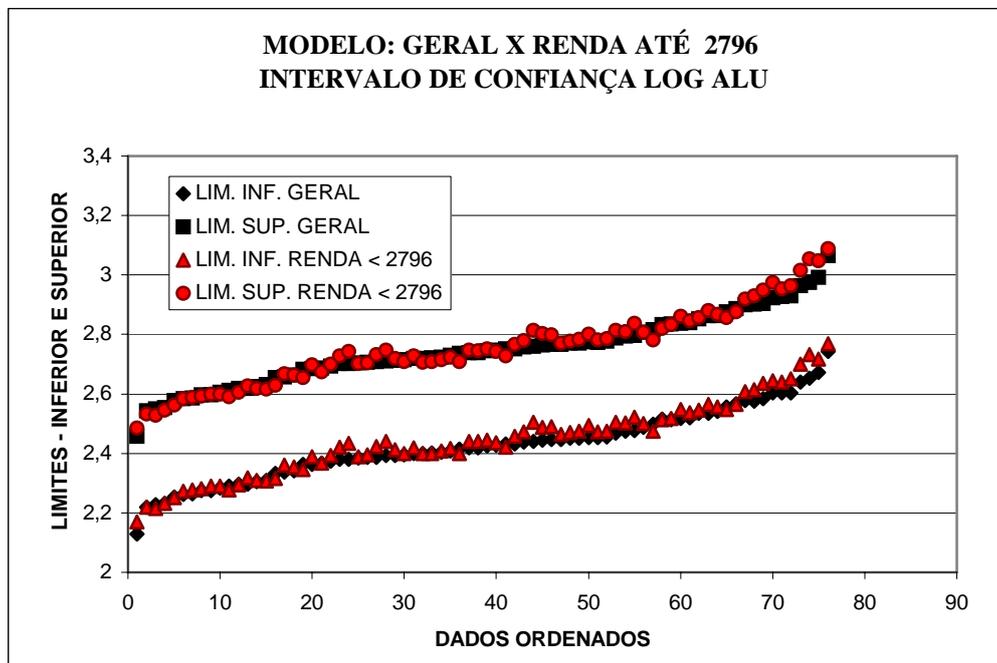
**FIGURA 5.4-Comparação entre o intervalo de confiança de LOG ALU calculado pelo modelo Geral e pelo modelo de Idade até 13 anos**



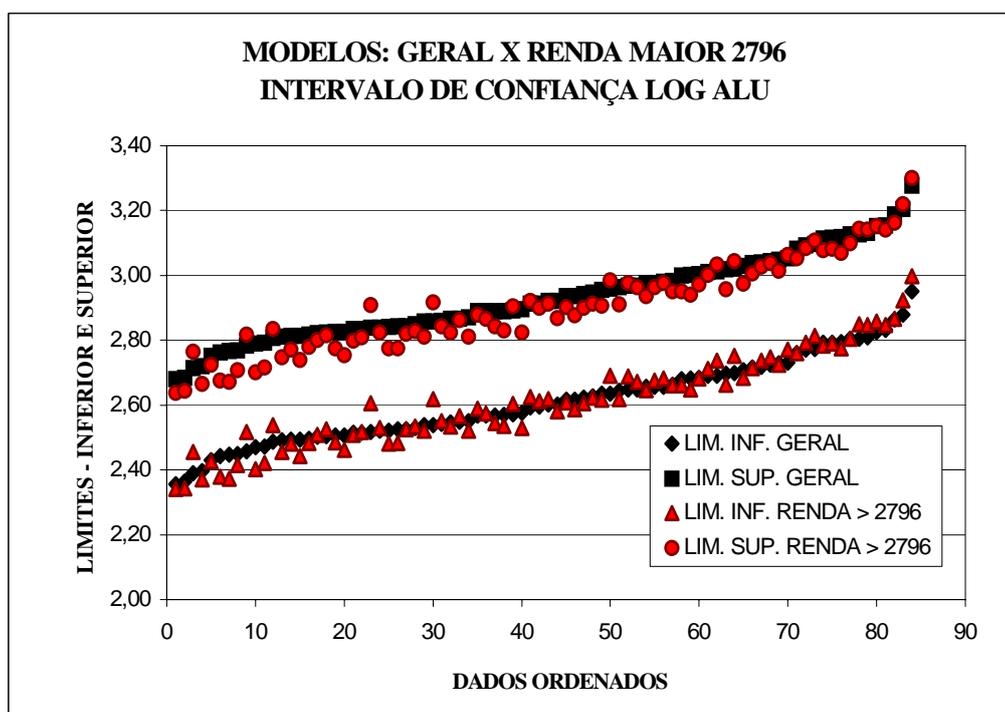
**FIGURA 5.5-Comparação entre o intervalo de confiança de LOG ALU calculado pelo Modelo Geral e pelo modelo de Idade maior de 13 anos.**



**Figura 5.6-Comparação entre o intervalo de confiança de LOG ALU calculado pelo modelo Geral e pelo modelo de Renda até R\$ 2796,00.**



**FIGURA 5.7-Comparação entre o intervalo de confiança de LOG ALU calculado pelo modelo Geral e pelo de Renda maior de R\$ 2796,00.**



- b) O modelo geral, ao mostrar as fortes influências que as variáveis QUA, BAN, PAD, VAG exercem na determinação do valor da variável ALUGUEL, reflete o que ocorre no mercado de locação de Fortaleza, ou seja, essas características são destacadas nas ofertas de imóveis para locação.
- c) O bairro onde o aluguel é, em média, mais elevado é Meireles enquanto o de menor valor é o Centro. Tomando-se como referência aquele bairro o aluguel varia para menos do seguinte modo: Cocó, Aldeota e Dionísio Torres = 4 %; Mucuripe = 7 %; Papicu, Varjota e Fátima = 10%; Joaquim Távora, Benfica, José Bonifácio e Centro = 13 %.
- d) A influência que cada variável explicativa exerce no valor do aluguel difere de acordo com os segmentos de mercado. Isso pode ser explicado pelas diferenças que existem nas características físicas e locacionais dos imóveis e no perfil mercadológico das pessoas pertencentes a cada segmento de mercado. Apesar disso, o modelo geral pode ser usado para calcular o valor do aluguel de um apartamento no período em que foi feita a pesquisa de dados, respeitados os limites do campo amostral pesquisado.

### **6.3. Sugestões**

Outros trabalhos poderiam ser elaborados para se conhecer melhor o mercado de locações de apartamentos em Fortaleza, como por exemplo:

- a) Estudo da contribuição condominial ao longo do tempo para verificar, até que ponto, a elevação periódica dessa contribuição está afetando o valor do aluguel, tendo em vista que a despesa com moradia (composta pelos dois valores) a ser arcada pelo locatário é condicionada pela sua renda.
- b) Estudo do custo benefício para se conhecer a repercussão no valor do aluguel provocada pela inclusão de equipamentos de lazer no condomínio, tais como: piscinas, quadras de esportes, sauna, salões de jogos e de ginástica, etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Avaliação de bens. Parte 1 : Procedimentos gerais: NBR 14653 – 1.** Rio de Janeiro, abril 2001.

\_\_\_\_\_. **Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis urbanos: NBR 14653 - 2.** Rio de Janeiro, dezembro de 2003.

BIBLE, Douglas S.; HSIEH, Cheng-Ho. **Applications of Geographic Information Systems for the analysis of apartment rents.** The Journal of Real Estate Research, vol12, nº1, 1996.

CAVALCANTE, Marcelo Gadelha. **Determinação das características que contribuem para a formação do valor de apartamentos residenciais na cidade de Fortaleza.** Fortaleza: Curso de Pós – Graduação em Engenharia Civil da U.F.C.2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

CLEMENTE, Ademir. **Pesquisas de variáveis múltiplas.** Curitiba: Scientia et Labor, 1989

DANTAS, Rubens, A **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica.** São Paulo: PINI 1998

DANTAS, Rubens A; LIMA, Ricardo, Chaves **Avaliação de imóveis utilizando Componentes Principais.** 19º Congresso Panamericano de Avaliações. Porlamar 2000

DES ROSIERS, François; THÉRIAULT, Marius. **Rental Amenities and the Stability of Hedonic Prices: A Comparative Analysis of Five Market Segments.**

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis.** New York: John Wiley Sons, 1966.

GAU, George W.; KOHLHEPP, Daniel B. **Multicollinearity and Reduced – Form Price Equations for Residential Markets: Evaluation of Alternative Estimation Methods.** AREUEA Journal, vol. 6, 1978.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio S. **A formação do valor dos alugueis de apartamentos residenciais na cidade de Porto Alegre.** Porto Alegre: Curso de Pós – Graduação em Engenharia da UFRS. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

GUJARATI, Damodar N. **Econometria básica.** São Paulo: Makron Books, 2000.

GUNTERMANN, Karl L. & Norrbin, Stefan. **Explain the variability of apartment rents** AREUEA Journal, 15, nº 4, 1987

HAIR JR, J. F.; et all **Multivariate data analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 1998

HILL, Carter; GRIFFITHS, W.; JUDGE, G. **Econometria.** São Paulo: Editora Saraiva, 1999

JEFFERS, J. N. R. **Two Case Studies in the Application of Principal Component Analysis.** Applied Statistics, 16, 225-236, 1967

JOLLIFFE, I. T. **Discarding variables in a principal component analysis. I. artificial data.** Applied Statistics, 21 160-173. 1972.

KMENTA, J. **Elementos de econometria.** São Paulo: Ed. Atlas, 1977

MONTEGOMERY, Douglas. C.; PECK, Elizabeth. A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1982

NETER. John.; WASSERMAN. William; KUTNER. Michael. H. **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs.** Boston: Richard D.. Irwin, 1990.

SAMPRIT, Charatterjee; BERTRAM Price. **Regression Analysis by example.** New York: John Wiley & Sons, 1977

SIRMANS, G. Stacy; SIRMANS, C.F.; BENJAMIN, John D. **Determining apartment rent: the value of amenities, services and external factors.** The Journal of Real State Research, vol. 4, nº 2, 1989.

SIRMANS, G. Stacy; BENJAMIN, John D. **Determinants of market rent.** The Journal of Real Estate Research, vol. 6, nº 3, 1991.

## **CURRICULUM VITAE**

### **Gladstone Sabóia Amorim – CREA CE 1672/D**

- Engenheiro civil graduado em 1970 pela Universidade Federal do Ceará. – U.F.C.
- Pós – graduado em Avaliação e Perícias de Engenharia pela U. F. C. em 2003.
- Engenheiro de obras no período 1970 a 1979.
- Diretor Técnico do Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais do Ceará – Piauí- Maranhão – INOCOOP – CPM. desde 1979.
- Trabalha com avaliações e perícias de imóveis desde 1980, tendo realizados trabalhos para pessoas físicas e jurídicas, privadas e públicas.
- Membro do Conselho Deliberativo do IBAPE – Ceará.