

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS XI COBREAP

PODE UM MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES SER MELHOR QUE UM MODELO DE REGRESSÃO? RESPOSTA PELO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO!

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE

Eng. Civil, *M.Sc. Eng^{ia}. de Produção*

CREA nº 27.600-D/RJ

IEL-RJ nº 1.298

IBAPE-SP nº 812

Rua Nascimento Silva nº 280 aptº 101, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22421-020

Tel. 0-xx-21-25231398, e-mail: gilsonlima@petrobras.com.br

Resumo: Este trabalho tem por finalidade apresentar uma medida para comparação entre um modelo de homogeneização por fatores e um modelo de regressão em avaliações utilizando o método comparativo direto de dados de mercado, um coeficiente aqui batizado de coeficiente de homogeneidade do modelo. Este coeficiente também tem utilidade na comparação entre modelos de homogeneização por fatores e entre modelos de regressão.

Abstract: This paper objective to give a measurement to compare in appraisals using sales comparison approach a homogenization model by factors against regression analyses technique. We named this measurement as homogeneity coefficient of the model. This coefficient can also be used to compare only homogenization models using factors or only regression analyses models.

1. INTRODUÇÃO

Na aplicação do método comparativo direto de dados de mercado¹ é possível utilizar dois tipos de modelo para a homogeneização dos elementos da amostra:

- Modelos de homogeneização por fatores;
- Modelos de regressão.

A homogeneização por fatores por muito tempo andou desacreditada, principalmente pelos profissionais que se iniciaram e se apaixonaram pela utilização de modelos de regressão oriundos da aplicação da inferência estatística.

Em 1995, houve uma tentativa de resgatar o prestígio dos modelos de homogeneização por fatores (ver Lima, 1995), na época denominando o modelo de “homogeneização fundamentada”, onde, para a determinação dos fatores de homogeneização, eram utilizados os modelos de regressão, ou seja, unindo as duas escolas.

Este trabalho visa dar continuidade ao assunto, propondo a criação de um coeficiente para medir a aderência dos modelos, seja de regressão, seja de homogeneização por fatores. A este coeficiente, propõe-se a denominação de “coeficiente de homogeneidade do modelo”, uma vez que a intenção é que ele meça o quanto da variabilidade dos preços em relação à média amostral não homogeneizada foi reduzida quando a medida da variabilidade passou a ser feita em relação aos preços homogeneizados pelo modelo, seja este um modelo de homogeneização por fatores ou um modelo de regressão.

2. A HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES.

A técnica de homogeneização por meio de fatores consiste em proceder modificações nos preços de cada elemento da amostra, decorrentes da alteração dos diversos atributos, de modo que, ao final do tratamento, os preços homogeneizados se refiram a um imóvel de características padronizadas (paradigma), que poderão até mesmo ser coincidentes com a do imóvel avaliado.

Pode-se formular este tratamento através da seguinte expressão:

$$P_{\text{hom}}(i) = \frac{P_{\text{ini}}(i)}{F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \cdots \cdots \cdots F_k(i)}, \quad i=1,n \quad (\text{eq. 1})$$

sendo:

$P_{\text{hom}}(i)$ = preço homogeneizado do imóvel correspondente ao registro “i” da amostra;

$P_{\text{ini}}(i)$ = preço inicial do imóvel correspondente ao registro “i” da amostra;

$F_1(i)$ = fator de homogeneização relativo ao atributo “1” do registro “i”, que espelha a diferença entre o preço do imóvel para o de outro que tenha o atributo “1” igual ao padrão de comparação;

¹ Aquele que identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra. (fonte: NBR-14653 Avaliação de Bens – Parte 1: Procedimentos Gerais, ABNT, 2001).

F_2 . (i) = fator de homogeneização relativo ao atributo “2” do registro “i”, que espelha a diferença entre o preço do imóvel para o de outro que tenha o atributo “2” igual ao padrão de comparação;

F_3 . (i) = fator de homogeneização relativo ao atributo “3” do registro “i”, que espelha a diferença entre o preço do imóvel para o de outro que tenha o atributo “3” igual ao padrão de comparação;

F_k (i) = fator de homogeneização relativo ao atributo “k” do registro “i”, que espelha a diferença entre o preço do imóvel para o de outro que tenha o atributo “k” igual ao padrão de comparação;

n = quantidade de registros na amostra.

Um indicativo do valor do imóvel avaliando ($\hat{P}(a)$) pode ser obtido a partir da média dos preços homogeneizados (\bar{P}_{hom}), através da operação inversa, ou seja:

$$\hat{P}(a) = \bar{P}_{hom} \cdot F_1(a) \cdot F_2(a) \cdot F_3(a) \cdots \cdots \cdot F_k(a) \quad (\text{eq. 2})$$

sendo:

- $\bar{P}_{hom} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{hom}(i)$
- $F_1(a), F_2(a), F_3(a), \dots, F_k(a)$ os fatores para o imóvel avaliado

Caso o imóvel avaliado seja o próprio padrão de comparação, $F_1(a)=F_2(a)=F_3(a)=\dots=F_k(a)=1$, e então:

$$\hat{P}(a) = \bar{P}_{hom}.$$

Um dos atributos que podem apresentar diferença entre os diversos registros da amostra é a área do imóvel ($A(i)$). Caso se entenda que a influência da mesma no preço seja de forma diretamente proporcional, pode-se trabalhar com preços unitários, ou seja:

$$PU_{hom}(i) = \frac{PU_{ini}(i)}{F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \cdots \cdots \cdot F_k(i)}, \quad i=1,n \quad (\text{eq.3})$$

sendo:

$$PU_{hom}(i) = \frac{P_{hom}(i)}{A(i)} = \text{preço unitário homogeneizado do imóvel correspondente ao registro “i” da amostra};$$

$$PU_{ini}(i) = \frac{P_{ini}(i)}{A(i)} = \text{preço unitário inicial do imóvel correspondente ao registro “i” da amostra};$$

Caso se tenha trabalhado com preços unitários, então:

$$\hat{P}(a) = \hat{PU}(a) \cdot A(a)$$

sendo:

- $\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom} \cdot F_1(a) \cdot F_2(a) \cdot F_3(a) \dots \cdot F_k(a)$ (eq.4)
- com $\overline{PU}_{hom} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PU_{hom}(i)$

Caso o paradigma para a homogeneização não tenha sido o imóvel avaliado, se pode, após a definição dos fatores de homogeneização, efetuar uma transposição de paradigma impondo que o produto dos fatores de homogeneização do imóvel avaliado seja igual à unidade e recalculando o produto dos fatores de homogeneização de cada registro da amostra, ou seja:

$$F_{hr}(i) = \frac{F_{ha}(i)}{F_{ha}(a)}$$

sendo

- $F_{ha}(i) = F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \dots \cdot F_k(i)$
- $F_{ha}(a) = F_1(a) \cdot F_2(a) \cdot F_3(a) \dots \cdot F_k(a)$

A homogeneização é então procedida com o fator de homogeneização relativo F_{hr} , sendo agora o paradigma o imóvel avaliado, ou seja:

$$P_{hom}(i) = \frac{P_{ini}(i)}{F_{hr}(a)}, \quad i=1, n \quad (\text{eq.5})$$

Daí decorre que a média destes preços homogeneizados será o indicativo do valor do imóvel avaliado $\hat{P}(a)$, ou seja, a equação 2 resulta $\hat{P}(a) = \overline{P}_{hom}$ ou, caso se tenha trabalhado com preços unitários, a equação 4 resulta $\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom}$.

3. O COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DOS MODELOS DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES.

O mesmo raciocínio que é feito para determinar o indicativo do valor do imóvel avaliado pode ser feito para cada um dos elementos da amostra, bastando considerar que, a cada cálculo, o imóvel avaliado tenha como atributos os de cada registro da amostra.

Com isto se teria para cada registro o seu preço inicial $P_{ini}(i)$ e o seu indicativo de valor determinando pela técnica de homogeneização por fatores $\hat{P}(i)$, com a aplicação da equação 2 ou 4, conforme os valores sejam totais ou unitários.

A diferença entre $P_{ini}(i)$ e $\hat{P}(i)$ podemos denominar resíduo, não explicado pelo modelo de homogeneização por fatores, ou seja:

$$R(i) = P_{ini}(i) - \hat{P}(i) \quad (\text{eq. 6})$$

A diferença entre $P_{ini}(i)$ e a média amostral \bar{P}_{ini} se pode denominar variação total inicial (T), não explicada antes da utilização da homogeneização por fatores, ou seja:

$$T(i) = P_{ini}(i) - \bar{P}_{ini} \quad (\text{eq. 7})$$

A diferença entre $\hat{P}(i)$ e \bar{P}_{ini} se pode denominar variação explicada (E) ao utilizar a homogeneização por fatores, ou seja:

$$E(i) = \hat{P}(i) - \bar{P}_{ini} \quad (\text{eq. 8})$$

Estes três parâmetros podem ser relacionados através da expressão:

$$T(i) = E(i) + R(i)$$

Propõe-se denominar coeficiente de homogeneidade do modelo (CH) a relação:

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} \quad (\text{eq.9})$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo assume valor máximo igual a 1, podendo assumir valores negativos.

O valor CH=1 corresponde a que todos os $R(i)$ sejam nulos , ou seja $P_{ini}(i) = \hat{P}(i)$ e o tratamento de homogeneização por fatores levou a estimar os valores de $\hat{P}(i)$ idênticos aos $P_{ini}(i)$, ou seja, o tratamento de homogeneização por fatores teve o poder de reduzir toda a variação dos preços em relação a média amostral, não resultando nenhum resíduo não explicado.

O valor CH=0 pode corresponder a que todos os $T(i) = R(i)$ e, consequentemente, os $E(i)$ sejam nulos, ou seja todos os $\hat{P}(i) = \bar{P}_{ini}$ e o tratamento de homogeneização por fatores não alterou em nada a alternativa inicial, antes de qualquer tratamento, que seria estimar os $\hat{P}(i)$ pela média dos P_{ini} amostrais (\bar{P}_{ini}), ou seja, o tratamento de homogeneização por fatores não teve nenhum poder de diminuição da variação dos preços em relação a média amostral.

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

O valor CH<0 corresponde a que ao invés de reduzir a variação dos preços em relação à média, o modelo de tratamento de homogeneização por fatores aumentou esta variação, heterogeneizando ao invés de homogeneizar, resultando resíduos não explicados superiores às variações iniciais.

4. O COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DOS MODELOS DE REGRESSÃO

Quando utilizados modelos de regressão para a solução do problema avaliatório, se propõe denominar coeficiente de homogeneidade do modelo (CH) a mesma relação:

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} \quad (\text{eq.9})$$

sendo:

$$R(i) = P_{\text{ini}}(i) - \hat{P}(i) \quad (\text{eq. 10})$$

$\hat{P}(i)$ = resultado da aplicação da equação de regressão utilizada no modelo para cada elemento (i) da amostra, cabendo observar que caso sejam utilizadas transformações (logarítmica, inversa, potência qualquer, etc.) da variável explicada, o $\hat{P}(i)$ é o resultado já destransformado

$$T(i) = P_{\text{ini}}(i) - \bar{P}_{\text{ini}} \quad (\text{eq. 11})$$

$$E(i) = \hat{P}(i) - \bar{P}_{\text{ini}} \quad (\text{eq.12})$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo assume valor máximo igual a 1, podendo assumir valores negativos.

O valor CH=1 corresponde a que todos os $R(i)$ sejam nulos , ou seja $P_{\text{ini}}(i) = \hat{P}(i)$ e o modelo de regressão levou a estimar os valores de $\hat{P}(i)$ idênticos aos $P_{\text{ini}}(i)$, ou seja, o modelo de regressão teve o poder de reduzir toda a variação dos preços em relação a média amostral, não resultando nenhum resíduo não explicado.

O valor CH=0 pode corresponder a que todos os $T(i) = R(i)$ e, consequentemente, os $E(i)$ sejam nulos, ou seja todos os $\hat{P}(i) = \bar{P}_{\text{ini}}$ e o modelo de regressão não alterou em nada a alternativa inicial, antes de qualquer tratamento, que seria estimar os $\hat{P}(i)$ pela média dos P_{ini} amostrais (\bar{P}_{ini}), ou seja, o modelo de regressão não teve nenhum poder de redução da variação dos preços em relação a média amostral.

O valor CH<0 corresponde a que ao invés de reduzir a variação dos preços em relação à média, o modelo de regressão aumentou esta variação, heterogeneizando ao invés de homogeneizar, resultando resíduos não explicados superiores às variações iniciais.

Quando na regressão não se tenha usado transformação na variável explicada, o coeficiente de homogeneidade do modelo (CH) resulta idêntico ao coeficiente de determinação (r^2), já amplamente utilizado na inferência estatística, pois:

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n E(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = CH \quad (\text{eq.13})$$

Neste último caso, o valor de CH varia de zero a um.

5. A ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UM TRATAMENTO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES E UM MODELO DE REGRESSÃO.

Para uma mesma amostra, se propõe que a comparação entre os tratamentos seja feita pela comparação entre os coeficientes de homogeneidade dos modelos, pois nos dois tratamentos:

1. Os somatórios dos $T(i)^2$ são idênticos;
2. O maior coeficiente de homogeneidade implica na menor soma dos quadrados dos resíduos não explicados, ou seja:

$$CH \max \Rightarrow (\sum_{i=1}^n R(i)^2) \min \text{ e o modelo é mais bem ajustado.}$$

Este mesmo critério pode ser usado para a hierarquização de dois ou mais modelos, seja de homogeneização por fatores, seja de regressão.

Cabe ressaltar que a hierarquização de modelos de regressão pelo coeficiente de determinação já foi anteriormente criticada, conforme a afirmativa a seguir:

“Duas equações de regressão, originadas na mesma amostra, só podem ser comparadas pelos seus Coeficientes de Determinação ou Correlação, quando a variável independente (y) apresenta a mesma forma nas duas equações lineares.”²

Esta comparação dos tratamentos pelo coeficiente de homogeneidade dos modelos pode ser estendida mesmo para o caso de utilização de amostras diferentes, uma vez que neste caso, embora os somatórios dos $T(i)^2$ não sejam idênticos, o maior coeficiente de homogeneidade do modelo implica que a soma dos quadrados dos resíduos não explicados ($R(i)$) tenha sido percentualmente mais reduzida em relação ao somatório do quadrado dos desvios em relação à média amostral ($T(i)$).

6. EXEMPLO

6.1 DADOS BÁSICOS DO EXEMPLO

Para um exemplo numérico se resgata o apresentado em Lima³ (1995).

² Silva, Sérgio Alberto Pires da. Palestra “Seleção de Modelos por Variação Residual”, Avaliar-2000, II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Avaliações, São Paulo, 2000. Nesta palestra, o coeficiente de homogeneidade do modelo aqui proposto, foi igualmente proposto, apenas para modelos de regressão, com a denominação “Coeficiente de Determinação da Função”- C_{df} .

³ Lima, Gilson Pereira de Andrade. “Homogeneização Fundamentada - Uma Utopia?”, VIII COBREAP, VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, 1995.

Tratava-se de um exemplo onde foi coletada uma amostra que registrou vinte e um eventos, todos de oferta de vendas de apartamentos.

Os atributos levantados compreenderam a localização do prédio, a existência de playground e salão de festas, o posicionamento horizontal do apartamento (frente ou fundos), a área privativa do mesmo, seu padrão de acabamento, sua idade, seu estado de conservação e quantidade de vagas de garagem vinculadas à unidade, assim como se a vaga de garagem era em condomínio ou tinha o seu direito registrado em escritura.

Para este exemplo, dos 21 elementos originais, se destaca os 7 primeiros, todos relativos a ofertas, que estão apresentados a seguir:

REGISTRO	IDADE (ANOS)	ESTADO DE CONSER- VACAO	VAGAS DE GARAGEM (UN)	PLAY- GROUND SALÃO	POSIÇÃO	PADRAO DE ACABA- MENTO	VR (UNIF)	PREÇO TOTAL (R\$)	ÁREA PRIVATIVA (m2)
1	6	A	1	SIM	FRENTE	H-8 N	21,3425	66.000,00	70,00
2	15	A	1(condomínio)	NAO	FRENTE	H-4 N	16,8663	55.000,00	75,00
3	25	A	0	NAO	FRENTE	H-8 N	21,3425	92.000,00	126,00
4	10	A	0	NAO	FRENTE	H-12 N	19,0071	60.000,00	80,00
5	3	A	1	SIM	FUNDOS	H-4 N	15,5218	96.000,00	120,00
6	20	C	0	NAO	FUNDOS	H-4 N	21,3425	53.000,00	80,00
7	30	C	0	NAO	FUNDOS	H-12 N	16,8663	42.000,00	75,00

Obs.: Estado de Conservação : A= novo, C = regular

Padrão de Acabamento: classificação segundo a norma NBR-12721⁴

VR varia conforme a localização do imóvel e é definido pela Prefeitura para a composição do valor venal para efeito de tributação do IPTU

Supõe-se que o avaliador só disponha destes 7 registros amostrais para determinar o melhor modelo para avaliação, seja por homogeneização por fatores, seja por regressão.

6.2 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES

6.2.1 UTILIZANDO OS FATORES DE HOMOGENEIZAÇÃO ORIUNDOS DO MODELO DE REGRESSÃO

Supõe-se que o avaliador disponha das fórmulas dos fatores de homogeneização determinadas naquele exemplo de Lima (1995), a partir do modelo de regressão com os 21 elementos amostrais originais.

Naquele exemplo, a partir do modelo de regressão que foi montado para 21 elementos amostrais, foram determinadas as seguintes fórmulas dos fatores de homogeneização:

$F_i = e^{-0,005716267 \text{ IDADE}}$, sendo IDADE a idade do imóvel em anos;

$F_{ec} = e^{-0,07626383 @ESCON}$, sendo @ESCON o estado de conservação do imóvel, @ESCON = 1 para imóvel necessitando reparos simples e @ESCON = 0 para imóveis em estado de novo, resultando $F_{ec} = 1,0$ para imóveis em estado de novo e $F_{ec} = 0,9924$ para imóvel necessitando reparos simples;

⁴ Norma NBR-12721 — AVALIAÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS E PREPARO DE ORÇAMENTO DE CONSTRUÇÃO PARA INCORPORAÇÃO DE PRÉDIO EM CONDOMÍNIO. Rio de Janeiro. ABNT, 1992.

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

$F_{ac} = e^{0,0786501 @PAD}$, sendo @PAD o padrão de acabamento, que assume o valor @PAD = 0 para imóveis com padrão normal e @PAD = 1 para imóveis com padrão alto, resultando $F_{ac} = 1,0$ para padrão normal e $F_{ac} = 1,08183$ para padrão alto;

$F_{tr} = e^{0,02158102 VR}$, sendo VR o valor atribuído pela Prefeitura para a composição do valor venal para efeito de tributação do IPTU, conforme Lei nº 2.080 de 31/12/93 (PMRJ,1993) variando conforme a localização do imóvel;

$F_{vaga} = e^{0,04265831 @VG}$, sendo @VG a quantidade de vagas de garagem;

$F_{play} = e^{0,09491981 @PLAY}$, sendo @PLAY = 1 para imóveis com Playground e salão de festas e @PLAY = 0 em caso contrário;

$F_{pos} = e^{0,04865266 @POS}$, sendo @POS = 1 para imóveis situados de frente para rua e @POS = 0 em caso contrário;

Conjugando os fatores $F_{vaga} \cdot F_{play} \cdot F_{pos}$ para a obtenção de um fator de qualidade para o projeto, resultou:

$$F_{pj} = e^{(0,04265831 @VG + 0,09491981 @PLAY + 0,04865266 @POS)}$$

resultando:

$\Rightarrow F_{pj} = 1,0$ p/ prédio s/ playground e salão de festas, apartamento posicionado de fundos e sem vaga de garagem (paradigma);

\Rightarrow multiplica-se por 1,09957 se o prédio possuir playground e salão de festas;

\Rightarrow multiplica-se por 1,04986 se o aptº for posicionado de frente;

\Rightarrow multiplica-se por 1,04358 para cada vaga de garagem que o aptº possuir na escritura ou em condomínio.

Para a determinação do coeficiente de homogeneidade, será inicialmente determinado, a partir da técnica de homogeneização por fatores, o indicativo do valor do imóvel avaliando para cada um dos elementos da amostra, bastando considerar que, a cada cálculo, o imóvel avaliado tenha como atributos os de cada registro da amostra.

Neste cálculo serão utilizadas as fórmulas dos fatores de homogeneização já determinadas, o que resulta:

REGISTRO	Fi	Fec	Fd	Fpj	Fac	Ftr	Ff	PU
1	0,9663	1,0000	0,9589	1,205	1,000	1,5850	1,11	942,86
2	0,9178	1,0000	0,9178	1,096	1,000	1,4391	1,11	733,33
3	0,8668	1,0000	0,8668	1,050	1,000	1,5850	1,11	730,16
4	0,9444	1,0000	0,9444	1,050	1,000	1,5071	1,11	750,00
5	0,9830	1,0000	0,9830	1,147	1,000	1,3979	1,11	800,00
6	0,8920	0,9924	0,8852	1,000	1,000	1,5850	1,11	662,50
7	0,8424	0,9924	0,8360	1,000	1,000	1,4391	1,11	560,00

Como o fator relativo à fonte de informação Ff não foi medido, se supõe que neste mercado as transações se efetuam com um desconto de 10% em relação às ofertas, ou seja, $Ff = 1/0,9 = 1,11$ para os registros de oferta.

Os preços unitários PU foram determinados a partir dos preços totais e das respectivas áreas privativas.

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

A homogeneização será feita em relação aos preços unitários, supondo a proporcionalidade direta dos preços totais em relação às áreas privativas dos imóveis.

Para o registro 1, com $PU_{ini(1)} = 942,86$ se tem o seguinte cálculo do seu indicativo de valor unitário, onde na linha do avaliando foram repetidas as características do registro 1, e nesta mesma linha, na coluna (09), está apresentado o indicativo do valor unitário do imóvel avaliando $\hat{PU}_{(1)} = 914,87$ que, tendo em vista que estão sendo utilizados os fatores de homogeneização relativos, resultou diretamente da média dos preços unitários homogeneizados ($\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom}$) apresentados no coluna (09):

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,0000	942,86
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	0,7843	935,02
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	0,7818	933,97
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	0,8099	926,04
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	0,8546	936,11
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	0,7604	871,23
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,6520	858,84
AVALIANDO	-x-	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,0000	914,87

Refazendo, da mesma forma, para os demais registros, se tem:

Para o registro 2, com $PU_{ini(2)} = 733,33$, resulta $\hat{PU}_{(2)} = 717,53$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,2750	739,48
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	1,0000	733,33
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	0,9968	732,51
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,0326	726,29
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,0896	734,19
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	0,9696	683,30
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,8314	673,59
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	1,0000	717,53

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Para o registro 3, com $PU_{ini(3)} = 730,16$, resulta $\hat{PU}_{(3)} = 715,22$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,2791	737,10
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	1,0032	730,98
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	1,0000	730,16
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,0360	723,96
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,0932	731,83
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	0,9727	681,11
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,8341	671,42
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	1,0000	715,22

Para o registro 4, com $PU_{ini(4)} = 750,00$, resulta $\hat{PU}_{(4)} = 740,95$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,2347	763,62
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	0,9684	757,27
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	0,9653	756,43
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,0000	750,00
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,0552	758,16
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	0,9389	705,61
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,8051	695,58
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,0000	740,95

Para o registro 5, com $PU_{ini(5)} = 800,00$, resulta $\hat{PU}_{(5)} = 781,85$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,1701	805,77
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	0,9177	799,07
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	0,9148	798,18
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	0,9477	791,39
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,0000	800,00
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	0,8898	744,55
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,7630	733,97
AVALIANDO	-x-	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,0000	781,85

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Para o registro 6, com $PU_{ini(6)} = 662,50$, resulta $\hat{PU}_{(6)} = 695,68$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,3151	716,97
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	1,0314	711,01
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	1,0281	710,21
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,0651	704,18
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,1239	711,84
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	1,0000	662,50
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	0,8575	653,08
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	1,0000	695,68

Para o registro 7, com $PU_{ini(7)} = 560,00$, resulta $\hat{PU}_{(7)} = 596,53$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2047	1,0000	1,5850	0,9663	2,0501	1,5336	614,78
2	733,33	1,11	1,0956	1,0000	1,4391	0,9178	1,6079	1,2028	609,67
3	730,16	1,11	1,0499	1,0000	1,5850	0,8668	1,6027	1,1990	608,99
4	750,00	1,11	1,0499	1,0000	1,5071	0,9444	1,6604	1,2421	603,82
5	800,00	1,11	1,1475	1,0000	1,3979	0,9830	1,7520	1,3107	610,38
6	662,50	1,11	1,0000	1,0000	1,5850	0,8852	1,5589	1,1662	568,08
7	560,00	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	1,0000	560,00
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0000	1,0000	1,4391	0,8360	1,3367	1,0000	596,53

A partir dos valores de $PU_{ini(i)}$ e $\hat{PU}(i)$ se pode determinar pela equação 6, para cada registro “i”, o resíduo $R(i)$ não explicado pelo modelo de homogeneização por fatores.

A partir da média dos preços unitários iniciais $\overline{PU_{ini}} = 739,84$, se pode determinar pela equação 7, para cada registro “i”, a variação total inicial $T_{(i)}$ não explicada antes da utilização da homogeneização por fatores.

A partir destas variações $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$ de cada registro, se pode, pela equação 9, determinar finalmente o coeficiente de homogeneidade (CH) do modelo de homogeneização por fatores, ou seja:

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	914,87	27,99	783,43	203,02	41.217,75
2	733,33	717,53	15,81	249,81	(6,50)	42,28
3	730,16	715,22	14,94	223,13	(9,68)	93,64
4	750,00	740,95	9,05	81,87	10,16	103,32
5	800,00	781,85	18,15	329,54	60,16	3.619,75
6	662,50	695,68	(33,18)	1.101,12	(77,34)	5.980,80
7	560,00	596,53	(36,53)	1.334,49	(179,84)	32.340,84

Média=>	739,84	Somatório=>	4.103,38	Somatório=>	83.398,38
---------	--------	-------------	----------	-------------	-----------

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = + 0,9508$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou positivo e relativamente próximo a 1, significando que houve uma homogeneização efetiva, pois 95,08% da variabilidade dos preços em relação à média amostral foi reduzida ao aplicar o modelo de homogeneização por fatores, ou seja, só restou uma variabilidade residual de 4,92% não explicada pelos fatores de homogeneização utilizados. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma dos quadrados dos resíduos finais (R) resultou bem inferior à soma dos quadrados das incertezas iniciais (T) em relação à média amostral.

6.2.2 UTILIZANDO OS FATORES DE HOMOGENEIZAÇÃO EMPÍRICOS

Vamos supor que o avaliador não dispusesse das fórmulas dos fatores de homogeneização determinadas a partir do modelo de regressão naquele exemplo de Lima (1995), mas dispusesse dos fatores empíricos adotados naquele exemplo, fatores estes consagrados, pelo tempo ou pelo uso, mas não derivados do comportamento do mercado.

A fonte utilizada para a determinação destes fatores, inclusive quanto à nomenclatura, foi o Manual de Avaliação Técnica dos Imóveis da União (SPU, 1993), resultando:

- para fonte de informação, como se tratam de ofertas, utilizou-se o fator $F_f = 1/0,9 = 1,11$;
- para a qualidade do projeto, incluindo aí a existência de salão de festas e playground, o posicionamento horizontal e a quantidade de vagas de garagem, foi utilizado o seguinte critério:
 - ⇒ $F_{pj} = 1,0$ p/ prédio s/ playground e salão de festas, apartamento posicionado de fundos e sem vaga de garagem (paradigma);
 - ⇒ acresce-se 0,05 se o prédio possuir playground e salão de festas;
 - ⇒ acresce-se 0,05 se o aptº for posicionado de frente;
 - ⇒ acresce-se 0,10 se o aptº possuir uma vaga de garagem na escritura ;
 - ⇒ acresce-se 0,05 se a vaga de garagem for em condomínio ao invés de escritura;
 - ⇒ acresce-se 0,10 para cada vaga de garagem adicional.
- para a qualidade do acabamento da construção, foi adotada a relação entre os custos unitários relativos a março/1995 apresentados na tabela a seguir (Revista Boletim de Custos, abril/1995), calculados pelo SINDUSCON-RJ segundo norma NB-140 (ABNT,1992):

PROJETO PADRÃO	Custo em R\$/m ² para unidades de dois quartos		
	B	N	A
H-1	393,96	424,10	488,10
H-4	269,26	323,97	433,42
H-8	262,41	317,04	423,88
H-12	256,01	311,95	417,73

Custos unitários de construção Março/95

Tomando por paradigma o projeto H-8-N, resultam os fatores F_{ac} apresentados na tabela a seguir:

PROJETO PADRÃO	F_{ac}		
	B	N	A
H-1	1,2426	1,3377	1,5396
H-4	0,8493	1,0219	1,3671
H-8	0,8277	1,0000	1,3370
H-12	0,8075	0,9839	1,3176

Fatores de acabamento F_{ac}

- para a idade e estado de conservação, foi adotado $F_d = 1 - K/100$, com K definido a partir do critério de Ross-Heidecke, tomando uma vida útil de 50 anos;
- para a localização, foi adotada para F_{tr} a relação entre o VR de cada registro e o VR mínimo da amostra, sendo VR obtido da Planta Genérica de Valores em função do trecho do logradouro onde se encontra edificado o imóvel, conforme tabela XVI-A da Lei nº 2.080 de 30/12/93 (PMRJ, 1993).

Para a determinação do coeficiente de homogeneidade, será inicialmente determinado, a partir da técnica de homogeneização por fatores, o indicativo do valor do imóvel avaliando para cada um dos elementos da amostra, bastando considerar que, a cada cálculo, o imóvel avaliado tenha como atributos os de cada registro da amostra.

Neste cálculo serão utilizadas as fórmulas dos fatores de homogeneização mencionadas, o que resulta:

REGISTRO	F_d	F_{pj}	F_{ac}	F_{tr}	F_f	PU
1	0,9328	1,200	1,000	1,3750	1,11	942,86
2	0,8050	1,100	1,022	1,0866	1,11	733,33
3	0,6250	1,050	1,000	1,3750	1,11	730,16
4	0,8800	1,050	0,984	1,2245	1,11	750,00
5	0,9682	1,150	1,022	1,0000	1,11	800,00
6	0,7010	1,000	1,022	1,3750	1,11	662,50
7	0,5070	1,000	0,984	1,0866	1,11	560,00

Os preços unitários PU foram determinados a partir dos preços totais e das respectivas áreas privativas.

A homogeneização será feita em relação aos preços unitários, supondo a proporcionalidade direta dos preços totais em relação à área privativa dos imóveis.

Para o registro 1, com $PU_{ini(1)} = 942,86$ se tem o seguinte cálculo do seu indicativo de valor unitário, onde na linha do avaliado foram repetidas as características do registro 1, e nesta mesma linha, na coluna (09), está apresentado o indicativo do valor unitário do imóvel avaliado $\hat{PU}_{(1)} = 1.154,37$ que, tendo em vista que estão sendo utilizados os fatores de homogeneização relativos, resultou diretamente da média dos preços unitários homogeneizados ($\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom}$) apresentados no coluna (09):

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,0000	942,86
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,6388	1.147,94
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,5863	1.245,43
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	0,7233	1.036,85
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	0,7392	1.082,20
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,6399	1.035,25
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,3522	1.590,03
AVALIANDO	-x-	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,0000	1.154,37

Refazendo, da mesma forma, para os demais registros, se tem:

Para o registro 2, com $PU_{ini(2)} = 733,33$, resulta $\hat{PU}_{(2)} = 737,44$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,5654	602,32
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0000	733,33
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,9177	795,61
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,1323	662,37
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,1572	691,34
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0017	661,35
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,5513	1.015,75
AVALIANDO	-x-	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0000	737,44

Para o registro 3, com $PU_{ini(3)} = 730,16$, resulta $\hat{PU}_{(3)} = 676,77$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,7057	552,77
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0896	673,00
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	1,0000	730,16
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,2338	607,88
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,2609	634,47
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0915	606,94
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,6007	932,19
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	1,0000	676,77

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Para o registro 4, com $PU_{ini(4)} = 750,00$, resulta $\hat{PU}_{(4)} = 835,00$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,3825	682,01
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,8832	830,35
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,8105	900,87
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,0000	750,00
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0220	782,80
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,8847	748,84
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,4869	1.150,13
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,0000	835,00

Para o registro 5, com $PU_{ini(5)} = 800,00$, resulta $\hat{PU}_{(5)} = 853,34$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,3528	696,99
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,8642	848,59
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,7931	920,66
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	0,9785	766,48
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0000	800,00
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,8657	765,29
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,4764	1.175,40
AVALIANDO	-x-	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0000	853,34

Para o registro 6, com $PU_{ini(6)} = 662,50$, resulta $\hat{PU}_{(6)} = 738,72$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,5626	603,37
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,9983	734,61
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,9161	797,00
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,1303	663,52
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,1552	692,55
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0000	662,50
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	0,5504	1.017,52
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0000	738,72

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Para o registro 7, com $PU_{ini(7)} = 560,00$, resulta $\hat{PU}_{(7)} = 406,56$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	2,8393	332,07
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,8138	404,30
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	1,6646	438,63
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	2,0538	365,18
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	2,0989	381,15
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,8170	364,61
7	560,00	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	1,0000	560,00
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0000	0,9839	1,0866	0,5070	0,6023	1,0000	406,56

A partir dos valores de $PU_{ini(i)}$ e $\hat{PU}(i)$ se pode determinar pela equação 6, para cada registro “i”, o resíduo $R(i)$ não explicado pelo modelo de homogeneização por fatores.

A partir da média dos preços unitários iniciais $\bar{PU}_{ini} = 739,84$, se pode determinar pela equação 7, para cada registro “i”, a variação total inicial $T_{(i)}$ não explicada antes da utilização da homogeneização por fatores.

A partir destas variações $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$ de cada registro, se pode, pela equação 9, determinar finalmente o coeficiente de homogeneidade (CH) do modelo de homogeneização por fatores, ou seja:

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	1.154,37	(211,51)	44.735,68	203,02	41.217,75
2	733,33	737,44	(4,11)	16,87	(6,50)	42,28
3	730,16	676,77	53,39	2.850,08	(9,68)	93,64
4	750,00	835,00	(85,00)	7.225,15	10,16	103,32
5	800,00	853,34	(53,34)	2.845,53	60,16	3.619,75
6	662,50	738,72	(76,22)	5.810,10	(77,34)	5.980,80
7	560,00	406,56	153,44	23.543,19	(179,84)	32.340,84
Média=>	739,84		Somatório=>	87.026,61	Somatório=>	83.398,38

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = -0,0435$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou negativo, indicando uma heterogeneização provocada pelo modelo ao invés de uma homogeneização. Neste caso a heterogeneização foi muito pequena, pois o coeficiente de homogeneidade, embora negativo, resultou muito próximo ao valor nulo. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma dos

quadrados dos resíduos finais (R) resultou superior, mas quase idêntica à soma dos quadrados das incertezas iniciais (T) em relação à média amostral.

6.2.3 UTILIZANDO OS FATORES DE HOMOGENEIZAÇÃO EMPÍRICOS ELIMINANDO DADOS SUPOSTAMENTE DISCREPANTES

Caso, no processo de homogeneização por fatores, o avaliador venha a aplicar o método de Chauvenet⁵ para a eliminação de dados supostamente discrepantes, resultará que em todas as sete homogeneizações feitas o método indicaria a eliminação do registro nº 7.

Ao optar pela eliminação do registro nº 7, os cálculos terão que ser refeitos.

Para o registro 1, com $PU_{ini(1)} = 942,86$ se tem o seguinte cálculo do seu indicativo de valor unitário, onde na linha do avaliando foram repetidas as características do registro 1, e nesta mesma linha, na coluna (09), está apresentado o indicativo do valor unitário do imóvel avaliando $\hat{PU}_{(1)} = 1.081,76$ que, tendo em vista que estão sendo utilizados os fatores de homogeneização relativos, resultou diretamente da média dos preços unitários homogeneizados ($\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom}$) apresentados no coluna (09):

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,0000	942,86
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,6388	1.147,94
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,5863	1.245,43
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	0,7233	1.036,85
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	0,7392	1.082,20
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,6399	1.035,25
AVALIANDO	-x-	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,0000	1.081,76

Refazendo, da mesma forma, para os demais registros, se tem:

Para o registro 2, com $PU_{ini(2)} = 733,33$, resulta $\hat{PU}_{(2)} = 691,06$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,5654	602,32
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0000	733,33
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,9177	795,61
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,1323	662,37
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,1572	691,34

⁵ Também descrito e aplicado em Lima, Gilson Pereira de Andrade. “Homogeneização Fundamentada - Uma Utopia?”, VIII COBREAP, VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, 1995.

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0017	661,35
AVALIANDO	-x-	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0000	691,06

Para o registro 3, com $PU_{ini(3)} = 730,16$, resulta $\hat{PU}_{(3)} = 634,20$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,7057	552,77
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	1,0896	673,00
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	1,0000	730,16
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,2338	607,88
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,2609	634,47
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0915	606,94
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	1,0000	634,20

Para o registro 4, com $PU_{ini(4)} = 750,00$, resulta $\hat{PU}_{(4)} = 782,48$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,3825	682,01
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,8832	830,35
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,8105	900,87
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,0000	750,00
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0220	782,80
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,8847	748,84
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,0000	782,48

Para o registro 5, com $PU_{ini(5)} = 800,00$, resulta $\hat{PU}_{(5)} = 799,67$:

REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)	
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,3528	696,99
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,8642	848,59
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,7931	920,66
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	0,9785	766,48
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0000	800,00
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	0,8657	765,29
AVALIANDO	-x-	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,0000	799,67

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Para o registro 6, com $PU_{ini(6)} = 662,50$, resulta $\hat{PU}_{(6)} = 692,26$:

	(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
REGISTRO	PRECO UNITARIO (R\$/m ²)	Ff	Fpj	Fac	Ftr	Fd	Fha (02)x... ...x(06)	Fhr (07)/Fha avaliando	PRECO UNIT. HOMOGEN. (01)/(08)
1	942,86	1,11	1,2000	1,0000	1,3750	0,9328	1,7101	1,5626	603,37
2	733,33	1,11	1,1000	1,0219	1,0866	0,8050	1,0925	0,9983	734,61
3	730,16	1,11	1,0500	1,0000	1,3750	0,6250	1,0026	0,9161	797,00
4	750,00	1,11	1,0500	0,9839	1,2245	0,8800	1,2370	1,1303	663,52
5	800,00	1,11	1,1500	1,0219	1,0000	0,9682	1,2642	1,1552	692,55
6	662,50	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0000	662,50
AVALIANDO	-x-	1,11	1,0000	1,0219	1,3750	0,7010	1,0944	1,0000	692,26

A partir dos valores de PU_{ini} (i) e $\hat{PU}(i)$ se pode determinar pela equação 6, para cada registro “i”, o resíduo R (i) não explicado pelo modelo de homogeneização por fatores.

A partir da média dos preços unitários iniciais $\overline{PU_{ini}} = 769,81$, se pode determinar pela equação 7, para cada registro “i”, a variação total inicial $T_{(i)}$ não explicada antes da utilização da homogeneização por fatores.

A partir destas variações $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$ de cada registro, se pode, pela equação 9, determinar finalmente o coeficiente de homogeneidade (CH) do modelo de homogeneização por fatores, ou seja:

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	1.081,76	(138,90)	19.292,62	173,05	29.945,94
2	733,33	691,06	42,28	1.787,41	(36,47)	1.330,42
3	730,16	634,20	95,96	9.207,46	(39,65)	1.572,08
4	750,00	782,48	(32,48)	1.054,88	(19,81)	392,36
5	800,00	799,67	0,33	0,11	30,19	911,54
6	662,50	692,26	(29,76)	885,53	(107,31)	11.515,05
Média=>	769,81		Somatório=>	32.228,01	Somatório=>	45.667,39

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = + 0,2943$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou positivo, mas relativamente afastado de 1, indicando que embora tenha conseguido uma homogeneização, esta se mostrou muito fraca, pois somente 29,43% da variabilidade dos preços em relação à média amostral foi reduzida ao aplicar este modelo de homogeneização por fatores, ou seja, ainda resta uma variabilidade residual de 70,57% não explicada pelos fatores de homogeneização utilizados. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma dos quadrados dos resíduos finais (R) resultou inferior à soma dos quadrados das incertezas iniciais (T) em relação à média amostral, mas ainda muito positiva.

Só para constar, cabe aqui registrar que aplicando o método de Chauvenet para a eliminação de dados supostamente discrepantes no processo em que foram utilizados os fatores de homogeneização oriundos do modelo de regressão apresentado no item 6.2.1, resulta que em todas as sete homogeneizações feitas o método não indica a eliminação de nenhum registro.

6.2.4 COMPARAÇÃO DOS COEFICIENTES DE HOMOGENEIDADE ENTRE OS MODELOS DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES

Em resumo, se têm os seguintes CH calculados para os três modelos de homogeneização por fatores:

Modelo	CH
Fatores Fundamentados	+ 0,9508
Fatores Empíricos	- 0,0435
Fatores Empíricos (6 registros)	+ 0,2943

Ou seja, neste exemplo, pelo critério do coeficiente de homogeneidade do modelo(CH), a utilização de fatores fundamentados resultou num modelo que foi o único que promoveu uma efetiva homogeneização (CH próximo de 1).

A eliminação de dado supostamente discrepante foi medida pelo coeficiente de homogeneidade do modelo, uma vez que, com a eliminação de um registro discrepante o modelo apresentou um coeficiente de homogeneidade positivo ao invés do negativo que tinha resultado antes da eliminação. Este modelo, utilizando fatores empíricos, mesmo eliminando o dado discrepante ainda resultou, em termos de capacidade de homogeneização, bem inferior ao modelo onde foram utilizados os fatores de homogeneização fundamentados.

6.3 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO DE REGRESSÃO

Para a determinação do coeficiente de homogeneidade do modelo de regressão será inicialmente determinado, utilizando um modelo de regressão, o indicativo do valor do imóvel avaliando para cada um dos elementos da amostra.

A pesquisa dos modelos de regressão linear possíveis será feita a partir da seguinte base de dados, elaborada a partir dos elementos da mostra:

Registr o	IDADE	@ESCON	@VGCO N	@VG	@PLA Y	@POS	@PAD	VR	PU	Are a
1	6,00	0	1	1	1	1	0	21,342	942,86	70
2	15,00	0	0	1	0	1	0	16,866	733,33	75
3	25,00	0	1	0	0	1	0	21,342	730,16	126
4	10,00	0	1	0	0	1	0	19,007	750,00	80
5	3,00	0	1	1	1	0	0	15,521	800,00	120
6	20,00	1	1	0	0	0	0	21,342	662,50	80
7	30,00	1	1	0	0	0	0	16,866	560,00	75

Como só temos 7 elementos na amostra, a pesquisa de modelos será limitada aos de duas variáveis, nas formas:

$$\hat{PU}_{(i)}^{\alpha_0} = B_0 + B_1 X_1(i)^{\alpha_1}$$

sendo:

$\hat{PU}_{(i)}$ = preço unitário (variável explicada), em R\$/m²;

B_0 , B_1 , são os regressores obtidos no modelo de regressão,

α_0 e α_1 são expoentes que podem assumir qualquer valor, mas no nosso caso vamos limitar a pesquisa aos valores 1, -1 ou zero, este último significando transformação logarítmica natural, ln(PU) ou ln(X₁);

$X_{1(i)}$ são os atributos dos imóveis utilizados na homogeneização (variáveis explicativas), podendo ser:

- A variável denominada IDADE, que assume o valor igual ao tempo de vida das construções em anos;
- A variável denominada @ESCON, que representa o estado de conservação do imóvel, assumindo os valores @ESCON = 0 = novo ou @ESCON = 1 = regular;
- A variável denominada @VG, que assume valor igual à quantidade de vagas de garagem.
- A variável denominada @PLAY, que representa a existência de playground e salão de festas, assumindo os valores @PLAY = 1 se existente ou @PLAY = 0 caso contrário;
- A variável denominada @POS, que representa o posicionamento do apartamento no pavimento, assumindo os valores @POS = 1 = frente ou @POS = 0 = fundos.
- A variável denominada @PAD, que representa o padrão de construção, assumindo os valores @PAD = 1 = alto ou @PAD = 0 = normal.
- A variável denominada VR, que representa a localização, assumindo o valor do VR, atribuído pela Prefeitura para a composição do valor venal para efeito de tributação do IPTU, conforme Lei nº 2.080 de 31/12/93 (PMRJ, 1993);
- A variável denominada ÁREA, que assume o valor igual à área privativa do imóvel em m².
- A variável denominada @VGCON, que representa o tipo de domínio quanto à vaga de garagem, assumindo os valores @VGCON = 1 = em escritura ou @VGCON = 0 = em condomínio.

Aplicado o método dos mínimos quadrados, através do aplicativo REGRE® — Regressões para Modelagem, resultou a seguinte hierarquização de modelos pelo critério do coeficiente de correlação (r) e determinação (r²):

Modelo	r	r ²	r ² ajustado
1: 1/PU, IDADE	+ 0,8392	+0,7041	+ 0,6450
2: ln(PU), IDADE	- 0,8338	+0,6951	+ 0,6342
3: PU, IDADE	- 0,8188	+0,6704	+ 0,6045

LIMA, GILSON PEREIRA DE ANDRADE
UERJ e PETROBRAS S.A.

Serão determinados os coeficientes de homogeneidade destes três modelos de regressão e comparados entre si e com os obtidos para o modelo de homogeneização por fatores já determinados.

6.3.1 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO DE REGRESSÃO Nº 1

Para tanto serão determinados inicialmente os regressores correspondente a este modelo e os valores de $\hat{PU}(i)$ de cada registro da mostra.

Para o 1º modelo de regressão se tem a seguinte forma e respectivos regressores:

$$\hat{PU}(i) = 1 / \{1,087649E-03 + 1,888762E-05 * IDADE(i)\}$$

Com este modelo se tem os seguintes $\hat{PU}(i)$, $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$, que permitirão o cálculo de CH:

REGISTRO	1/PU ORIGINAL	1/PU ESTIMADO	PUini	\hat{PU}
1	0,001061	0,001201	942,86	832,66
2	0,001364	0,001371	733,33	729,41
3	0,001370	0,001560	730,16	641,09
4	0,001333	0,001277	750,00	783,38
5	0,001250	0,001144	800,00	873,89
6	0,001509	0,001465	662,50	682,41
7	0,001786	0,001654	560,00	604,49

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	832,66	110,20	12.144,56	203,02	41.218,75
2	733,33	729,41	3,92	15,33	(6,51)	42,33
3	730,16	641,09	89,07	7.933,13	(9,68)	93,62
4	750,00	783,38	(33,38)	1.113,99	10,16	103,31
5	800,00	873,89	(73,89)	5.459,48	60,16	3.619,72
6	662,50	682,41	(19,91)	396,29	(77,34)	5.980,84
7	560,00	604,49	(44,49)	1.979,68	(179,84)	32.340,90
Média=>	739,84	Somatório=>	29.042,47	Somatório=>	83.399,48	

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = + 0,6518$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou positivo, mas relativamente afastado de 1, significando que embora tenha conseguido uma homogeneização, somente 65,18% da variabilidade dos preços em relação à média amostral foi reduzida ao aplicar o modelo de homogeneização por regressão, ou seja, ainda restando uma variabilidade residual de 34,82% não explicada pelo modelo de regressão utilizado. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma dos quadrados dos resíduos finais (R) resultou inferior a soma dos quadrados das incertezas iniciais (T) em relação à média amostral, mas ainda muito positiva.

6.3.2 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO DE REGRESSÃO Nº 2

Para tanto serão determinados inicialmente os regressores correspondente a este modelo e os valores de $\hat{PU}(i)$ de cada registro da mostra.

Para o 2º modelo de regressão se tem a seguinte forma e respectivos regressores:

$$\hat{PU}(i) = \text{EXP}\{6,804061 - 1,339458E-02 * \text{IDADE}(i)\}$$

Com este modelo se tem os seguintes $\hat{PU}(i)$, $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$, que permitirão o cálculo de CH:

REGISTRO	Ln(PU) ORIGINAL	Ln(PU) ESTIMADO	PUini	\hat{PU}
1	6,848918	6,723694	942,86	831,88
2	6,597596	6,603143	733,33	737,41
3	6,593264	6,469197	730,16	644,97
4	6,620073	6,670115	750,00	788,49
5	6,684612	6,763877	800,00	865,99
6	6,496021	6,53617	662,50	689,64
7	6,327937	6,402224	560,00	603,19

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	831,88	110,98	12.315,53	203,02	41.218,87
2	733,33	737,41	(4,08)	16,64	(6,51)	42,32
3	730,16	644,97	85,19	7.258,12	(9,68)	93,62
4	750,00	788,49	(38,49)	1.481,21	10,16	103,31
5	800,00	865,99	(65,99)	4.355,07	60,16	3.619,75
6	662,50	689,64	(27,14)	736,57	(77,34)	5.980,79
7	560,00	603,19	(43,18)	1.864,94	(179,84)	32.340,89
Média=>	739,84	Somatório=>	28.028,07	Somatório=>	83.399,56	

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = + 0,6639$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou positivo, mas relativamente afastado de 1, significando que, embora tenha conseguido uma homogeneização, somente 66,39% da variabilidade dos preços em relação à média amostral foi reduzida ao aplicar o modelo de homogeneização por regressão, ou seja, ainda restou uma variabilidade residual de 33,61% não explicada pelo modelo de regressão utilizado. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma dos quadrados dos resíduos finais (R) resultou inferior à soma dos quadrados das incertezas iniciais (T) em relação à média amostral, mas ainda muito positiva.

6.3.3 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE HOMOGENEIDADE DO MODELO DE REGRESSÃO Nº 3

Para tanto serão determinados inicialmente os regressores correspondente a este modelo e os valores de $\hat{PU}(i)$ de cada registro da mostra.

Para o 3º modelo de regressão se tem a seguinte forma e respectivos regressores:

$$\hat{PU}(i) = 890,4397 - 9,671817 * IDADE(i)$$

Com este modelo se tem os seguintes $\hat{PU}(i)$, $T_{(i)}$ e $R_{(i)}$, que permitirão o cálculo de CH:

REGISTRO	PU ORIGINAL	PU ESTIMADO	PUini	\hat{PU}
1	942,86	832,4088	942,86	832,4088
2	733,33	745,3625	733,33	745,3625
3	730,16	648,6443	730,16	648,6443
4	750,00	793,7216	750,00	793,7216
5	800,00	861,4243	800,00	861,4243
6	662,50	697,0034	662,50	697,0034
7	560,00	600,2852	560,00	600,2852

REGISTR O	PUini	\hat{PU}	R	R^2	T	T^2
1	942,86	832,4088	110,45	12.199,47	203,02	41.218,80
2	733,33	745,3625	(12,03)	144,78	(6,51)	42,33
3	730,16	648,6443	81,52	6.644,81	(9,68)	93,62
4	750,00	793,7216	(43,72)	1.911,58	10,16	103,31
5	800,00	861,4243	(61,42)	3.772,94	60,16	3.619,72
6	662,50	697,0034	(34,50)	1.190,48	(77,34)	5.980,84
7	560,00	600,2852	(40,29)	1.622,90	(179,84)	32.340,94
Média=>	739,84		Somatório=>	27.486,96	Somatório=>	83.399,56

$$CH = \frac{\sum_{i=1}^n T(i)^2 - \sum_{i=1}^n R(i)^2}{\sum_{i=1}^n T(i)^2} = + 0,6704$$

Este coeficiente de homogeneidade do modelo resultou positivo, mas relativamente afastado de 1, significando que, embora tenha conseguido uma homogeneização, somente 67,04% da variabilidade dos preços em relação à média amostral foi reduzida ao aplicar o modelo de homogeneização por regressão, ou seja, ainda restou uma variabilidade residual de 32,96% não explicada pelo modelo de regressão utilizado. Isto pode ser comprovado ao observar que a soma

dos quadrados dos resíduos finais (R^2) resultou inferior à soma dos quadrados das incertezas iniciais (T^2) em relação à média amostral, mas ainda muito positiva.

6.3.4 COMPARAÇÃO DOS COEFICIENTES DE HOMOGENEIDADE ENTRE OS MODELOS DE REGRESSÃO

Em resumo, resultam os seguintes CH calculados para os três modelos de regressão:

Modelo	r	r^2	r^2 ajustado	CH
1: 1/PU, IDADE	+ 0,8392	+ 0,7041	+ 0,6450	+ 0,6518
2: ln(PU), IDADE	- 0,8338	+ 0,6951	+ 0,6342	+ 0,6639
3: PU, IDADE	- 0,8188	+ 0,6704	+ 0,6045	+ 0,6704

Ou seja, neste exemplo, pelo critério do coeficiente de homogeneidade (CH), o 3º modelo resultou mais bem ajustado que os demais, uma vez que apresenta a menor soma dos quadrados dos resíduos, contradizendo a hierarquia dada pelo coeficiente de determinação (R^2).

6.4 COMPARAÇÃO DOS COEFICIENTES DE HOMOGENEIDADE ENTRE OS MODELOS DE HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES E MODELOS DE REGRESSÃO

Em resumo, resulta a seguinte hierarquização baseada nos coeficientes de homogeneidade (CH) calculados para os seis modelos estudados:

Modelo	CH
Homogeneização com Fatores Fundamentados	+ 0,9508
Regressão: PU, IDADE	+ 0,6704
Regressão: ln(PU), IDADE	+ 0,6639
Regressão: 1/PU, IDADE	+ 0,6518
Homogeneização com Fatores Empíricos (6 registros)	+ 0,2943
Homogeneização com Fatores Empíricos (7 registros)	- 0,0435

Ou seja, neste exemplo, pelo critério do coeficiente de homogeneidade do modelo (CH), a utilização de fatores fundamentados num modelo de homogeneização por fatores resultou no melhor modelo, que promoveu uma homogeneização efetiva (CH próximo de 1), mesmo se comparado com modelos de regressão.

7. CONCLUSÃO

O coeficiente de homogeneidade do modelo permite eficientemente hierarquizar modelos de homogeneização por fatores e modelos de regressão, sendo o melhor modelo aquele que apresenta o coeficiente o mais próximo do valor unitário.

Como já anteriormente alertado⁶, a hierarquização de modelos de regressão pelo coeficiente de determinação é inválida quando envolve modelos que utilizam transformação na variável explicada, sendo feita corretamente pelo coeficiente de homogeneidade do modelo.

O coeficiente de homogeneidade do modelo (CH) permite determinar se o modelo de homogeneização adotado efetivamente homogeneiza ou heterogeneiza, pois CH negativo indica uma heterogeneização ao invés de uma homogeneização.

Uma homogeneização utilizando modelo de homogeneização por fatores pode ser preferível em relação à utilização de um modelo de regressão, principalmente se os fatores de homogeneização provém de estudos prévios de mercado realizados a partir de grandes amostras e se a amostra disponível no momento da avaliação for restrita, impedindo a formulação de um melhor modelo de regressão.

Espera-se que este trabalho incentive a pesquisa de fatores de homogeneização fundamentados a partir da utilização de bancos de dados de registros amostrais de pesquisas de mercado, em muitos casos já disponíveis em diversas instituições.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Norma NBR14653-1:2001 - AVALIAÇÃO DE BENS - PARTE 1: PROCEDIMENTOS GERAIS, ABNT, 2001.
2. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Norma NBR-12721 — Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção par incorporação de prédio em condomínio. Rio de Janeiro. ABNT, 1992.
3. da Silva, Sérgio Alberto Pires. Palestra “Seleção de Modelos por Variação Residual”, Avaliar-2000 - II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Avaliações, São Paulo, 2000.
4. Lima, Gilson Pereira de Andrade. “Homogeneização Fundamentada - Uma Utopia?”, VIII COBREAP - VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, 1995.
5. PMRJ (Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro). Planta de valores genéricos - 1994. Suplemento 1, Lei nº 2.080, D.O.Rio nº 199, 31-12-1993.
6. SPU (Secretaria de Patrimônio da União). Instrução Normativa nº 1. Manual de Avaliação Técnica de Imóveis da União, D.O.U.nº 39, 1-3-1993.

⁶ da Silva, Sérgio Alberto Pires. Palestra “Seleção de Modelos por Variação Residual”, Avaliar-2000 - II Simpósio Brasileiro de Engenharia de Avaliações, São Paulo, 2000.



CURRICULUM VITAE

GILSON PEREIRA DE ANDRADE LIMA

49 anos, Engenheiro Civil graduado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1974) e Mestre em Ciências em Engenharia de Produção na área de Projetos Industriais pela COPPE/UFRJ, tendo defendido Tese de Mestrado em maio/1992 com o título "Avaliação de Bens sob a Ótica da Análise de Investimentos em Condições de Risco", e atualmente cursando o Doutorado em Planejamento Energético no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ.

Profissional com 26 anos no magistério do nível superior em Faculdades de Engenharia e um total de 27 anos de atuação como engenheiro, sendo 13 anos nas áreas de Projetos, Fiscalização e Contratação de Serviços de Engenharia e 14 anos na área de Avaliações Técnicas de Bens.

DESTAQUES NA ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Empregado da **PETROBRÁS S.A. (1975/2001)**, tendo atuado em fiscalização e execução de projetos de estruturas marítimas, fiscalização e execução de projetos de estruturas e fundações em concreto armado e aço (1975/1986), estando atuando, desde 1987, no Setor de Engenharia de Perícias e Avaliações (SEPAV) da unidade de Engenharia, na elaboração de avaliação técnica de bens (setor imobiliário urbano/rural e setor industrial), e a partir do corrente ano exercendo a função de **Consultor Técnico de Avaliação de Mercado e Econômicas**.

Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1979/2001), tendo ministrado inicialmente as disciplinas Concreto Armado I e II, Complementos de Concreto Armado e Concreto Protendido do curso de graduação em Engenharia Civil e estando ministrando semestralmente, desde 1989, a disciplina Tópicos Especiais em Construção Civil I do curso de graduação em Engenharia Civil, cujo tema é a Engenharia de Avaliações e, desde janeiro/1999, a disciplina Engenharia de Custos, do curso de graduação em Engenharia Civil.

Gilson Pereira de Andrade Lima
Engº Civil, M. Sc. Engenharia de Produção
CREA-RJ-27.600-D
e-mail : gilsonlima@petrobras.com.br