

## HOMOGENEIZAÇÃO POR FATORES NA FORMA ADITIVA, MULTIPLICATIVA OU MISTA?

### IMPOSIÇÃO NORMATIVA OU RESPOSTA DO MERCADO?

**Lima, Gilson Pereira de Andrade**

Engenheiro Civil, M.Sc. Engenharia de Produção

CREA-27.600-D/RJ, IBAPE-SP nº 812 e IEL/RJ nº 1.298

Rua Augusto do Amaral Peixoto nº 213 aptº 504, Teresópolis-RJ

tel. 0-xx-21-26429361 e 0-xx-21-91162104, e-mail: limagilson@yahoo.com.br

**Resumo.** *Este trabalho questiona a imposição normativa de se utilizarem modelos de homogeneização por fatores numa forma mista predefinida de composição dos fatores, ao invés de permitir que a utilização possa ser também na forma multiplicativa ou aditiva ou até outra forma mista, sendo a forma de utilização melhor definida a partir de um estudo do mercado específico aonde se pretenda utilizar o modelo de homogeneização por fatores, estudo este desenvolvido a partir do uso de modelos de regressão linear.*

**Abstract.** *This paper questions the normative imposition of using homogenization models by factors in a predefined mixing form, instead of where allowing that the use also can be in the additive, multiplicative or until other mixing form, being the better form of use defined from a study of the specific market if it intends to use the model of homogenization by factors, study this developed using linear regression models.*

**Palavras-chave:** *Modelo, Homogeneização, Fatores, Regressão Linear*

## **CURRICULUM VITAE**

### **GILSON PEREIRA DE ANDRADE LIMA**

54 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 30 anos no magistério do nível superior em Faculdades de Engenharia e um total de 31 anos de atuação como engenheiro, sendo 13 anos nas áreas de Projetos, Fiscalização e Contratação de Serviços de Engenharia e 18 anos na área de Avaliações Técnicas de Bens.

#### **DESTAQUES NA ATUAÇÃO PROFISSIONAL**

Consultor Técnico do CEFEN - Centro de Estudos da Faculdade de Engenharia da UERJ (2002/atual).

Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1979/atual), tendo ministrado inicialmente as disciplinas Concreto Armado I e II, Complementos de Concreto Armado e Concreto Protendido do curso de graduação em Engenharia Civil, posteriormente, de 1989 a 1998, 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.

Ex-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), tendo atuado, a partir de 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), tendo encerrado a carreira na função de Consultor Técnico de Avaliação de Mercado e Econômicas da Unidade de Engenharia da Petrobras.

Gilson Pereira de Andrade Lima  
Engº Civil, M. Sc. Engenharia de Produção  
CREA/RJ-27.600-D

*Membro do Instituto de Engenharia Legal - IEL-RJ, registro nº 1.298*

Membro do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo - IBAPE-SP, registro nº 812

Rua Augusto do Amaral Peixoto nº 213 aptº 504, Teresópolis, RJ, CEP 25961-165  
Tel. 0-xx-21-26429361, cel: 0-xx-21-91162104 e-mail: limagilson@yahoo.com.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Na avaliação de bens, quando é utilizado o método comparativo direto de dados de mercado<sup>1</sup> com tratamento por modelos de homogeneização por fatores, não existe imposição normativa em nenhuma das partes da Norma de Avaliação de Bens da ABNT (NBR-14653) sobre a forma de utilização dos fatores.

De acordo com a norma NBR-14653-2 – Avaliação de Bens – Parte 2 - Imóveis Urbanos, temos as seguintes prescrições relativas ao tratamento de dados por fatores:

- No seu Item 8.2.1.4 (Tratamento de dados), sub-item 8.2.1.4.1 (Preliminares):  
“ – tratamento por fatores: homogeneização por fatores e critérios, fundamentados por estudos conforme 8.2.1.4.2, e posterior análise estatística dos resultados homogeneizados;  
– tratamento científico: tratamento de evidências empíricas pelo uso de metodologia científica que leve à indução de modelo validado para o comportamento do mercado.”
- No seu item 8.2.1.4.2 (Tratamento por fatores)  
“ Os fatores a serem utilizados neste tratamento devem ser indicados periodicamente pelas entidades técnicas regionais reconhecidas e revisados em períodos máximos de dois anos, e devem especificar claramente a região para a qual são aplicáveis. Alternativamente, podem ser adotados fatores de homogeneização medidos no mercado, desde que o estudo de mercado específico que lhes deu origem seja anexado ao Laudo de Avaliação.

.....  
No caso de utilização de tratamento por fatores, deve ser observado o anexo B.”

- No seu Item 3 (Definições) sub-item 3.17:  
“ entidades técnicas reconhecidas: Organizações e instituições, representativas dos engenheiros de avaliações e registradas no sistema CONFEA/CREA.”
- No Anexo B (normativo) Procedimentos para a utilização de tratamento por fatores:  
  
“B.1 Neste tratamento de dados, aplicável ao Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, é admitida a priori a validade da existência de relações fixas entre os atributos específicos e os respectivos preços.  
B.1.1 Para isso, são utilizados fatores de homogeneização calculados conforme 8.2.1.4.2, por metodologia científica, que reflitam, em termos relativos, o comportamento do mercado com determinada abrangência.”

Já no texto da Norma para Avaliação de Imóveis Urbanos do IBAPE-SP<sup>2</sup>, existe uma imposição normativa de se utilizar somente uma específica forma mista, pois:

- No seu item 10 (Tratamento por Fatores), preconiza:  
“No tratamento por fatores, devem ser utilizados os elementos amostrais mais semelhantes possíveis ao avaliando, em todas as suas características, cujas diferenças

---

<sup>1</sup> 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).

<sup>2</sup> NORMA PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS IBAPE/SP – 2005

perante o mesmo, para mais ou para menos, são levadas em conta. É admitida a priori a existência de relações fixas entre as diferenças dos atributos específicos e os respectivos preços. Os fatores devem ser aplicados sempre ao valor original do elemento comparativo na forma de somatório.”

- no seu item 10.6 (Aplicação dos fatores), preconiza:  
 “Na aplicação dos fatores, devem ser observados os seguintes princípios:  
 1. A utilização dos fatores deve ser na forma de somatório, após a consideração do fator oferta.”
- No seu item 10.1 (Fator oferta), preconiza:  
 “A superestimativa dos dados de oferta (elasticidade dos negócios) deverá ser descontada do valor total pela aplicação do fator médio observado no mercado. Na impossibilidade da sua determinação, pode ser aplicado o fator consagrado 0,9 (desconto de 10% sobre o preço original pedido). Todos os demais fatores devem ser considerados após a aplicação do fator oferta.”

Este trabalho questiona esta imposição normativa de se utilizarem modelos de homogeneização por fatores numa forma mista predefinida de composição dos fatores, ao invés de permitir que a utilização possa ser também na forma multiplicativa ou aditiva ou até outra forma mista, sendo a forma de utilização melhor definida a partir de um estudo do mercado específico aonde se pretenda utilizar o modelo de homogeneização por fatores, estudo este desenvolvido a partir do uso de modelos de regressão linear.

## 2. O TRATAMENTO DE 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 avaliando.

Pode-se formular este tratamento, através das seguintes expressões, nas formas aditiva ou multiplicativa dos fatores, ou mesmo por uma combinação das mesmas (forma mista, como preconizado pela norma do IBAPE-SP<sup>3</sup>):

### Forma aditiva dos fatores:

$$P_{\text{hom}}(i) = \frac{P_{\text{orig}}(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)}, \quad i=1, n \quad (\text{eq. 2.1})$$

<sup>3</sup> Norma do IBAPE-SP item 10.6 (Aplicação dos fatores):

Na aplicação dos fatores, devem ser observados os seguintes princípios:

1. A utilização dos fatores deve ser na forma de somatório, após a consideração do fator oferta.

Norma do IBAPE-SP item 10.1 (Fator oferta):

A superestimativa dos dados de oferta (elasticidade dos negócios) deverá ser descontada do valor total pela aplicação do fator médio observado no mercado. Na impossibilidade da sua determinação, pode ser aplicado o fator consagrado 0,9 (desconto de 10% sobre o preço original pedido). Todos os demais fatores devem ser considerados após a aplicação do fator oferta.

**Forma multiplicativa dos fatores:**

$$P_{\text{hom}}(i) = \frac{P_{\text{orig}}(i)}{F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \cdot \dots \cdot F_k(i)} \quad i=1, n \quad (\text{eq. 2.2})$$

**Forma mista (Norma IBAPE-SP):**

$$P_{\text{hom}}(i) = \frac{P_{\text{orig}}(i) \times F_f(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)} \quad i=1, n \quad (\text{eq. 2.3})$$

sendo:

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

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

$F_f(i)$  = no caso da fórmula mista, o  $F_f$  é o fator de oferta ou fonte, ou seja, fator de homogeneização relativo à elasticidade da oferta do registro “i”, que espelha a diferença entre o preço do imóvel para o de outro que tenha o atributo elasticidade da oferta igual ao padrão de comparação;

$F_1(i)$  = 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;

$F_2(i)$  = 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 ( $\bar{P}_{\text{hom}}$ ), através da operação inversa, ou seja:

**Forma aditiva dos fatores:**

$$\hat{P}(a) = \bar{P}_{\text{hom}} \cdot (1 + (F_1(a) - 1) + (F_2(a) - 1) + (F_3(a) - 1) + \dots + (F_k(a) - 1)) \quad (\text{eq. 2.4})$$

**Forma multiplicativa dos fatores:**

$$\hat{P}(a) = \bar{P}_{\text{hom}} \cdot F_1(a) \cdot F_2(a) \cdot F_3(a) \cdot \dots \cdot F_k(a) \quad (\text{eq. 2.5})$$

**Forma mista (Norma IBAPE-SP):**

$$\hat{P}(a) = \frac{\bar{P}_{\text{hom}}}{F_f(a)} \cdot (1 + (F_1(a) - 1) + (F_2(a) - 1) + (F_3(a) - 1) + \dots + (F_k(a) - 1)) \quad (\text{eq. 2.6})$$

sendo:

$$\bar{P}_{\text{hom}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{\text{hom}}(i) \quad (\text{eq. 2.7})$$

$F_1(a), F_2(a), F_3(a), \dots, F_k(a)$  os fatores para o imóvel avaliando

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

$$\hat{P}(a) = \bar{P}_{\text{hom}}. \quad (\text{eq.2.8})$$

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:

**Forma aditiva dos fatores:**

$$PU_{\text{hom}}(i) = \frac{PU_{\text{orig}}(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)}, \quad i=1,n \quad (\text{eq.2.9})$$

**Forma multiplicativa dos fatores:**

$$PU_{\text{hom}}(i) = \frac{PU_{\text{orig}}(i)}{F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \cdot \dots \cdot F_k(i)} \quad i=1,n \quad (\text{eq.2.10})$$

**Forma mista (Norma IBAPE-SP):**

$$PU_{\text{hom}}(i) = \frac{PU_{\text{orig}}(i) \times F_f(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)}, \quad i=1,n \quad (\text{eq. 2.11})$$

sendo:

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

$$PU_{\text{orig}}(i) = \frac{P_{\text{orig}}(i)}{A(i)} = \text{preço unitário original do imóvel correspondente ao registro "i" da amostra;}$$

Caso se tenha trabalhado com preços unitários, então:

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

sendo:

**Forma aditiva dos fatores:**

$$\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom} \cdot (1 + (F_1(a)-1) + (F_2(a)-1) + (F_3(a)-1) + \dots + (F_k(a)-1)) \quad (eq.2.12)$$

**Forma multiplicativa dos fatores:**

$$\hat{PU}(a) = \overline{PU}_{hom} \cdot F_1(a) \cdot F_2(a) \cdot F_3(a) \cdot \dots \cdot F_k(a) \quad (eq.2.13)$$

**Forma mista (Norma IBAPE-SP):**

$$\hat{PU}(a) = \frac{\overline{PU}_{hom}}{F_r(a)} \cdot (1 + (F_1(a)-1) + (F_2(a)-1) + (F_3(a)-1) + \dots + (F_k(a)-1)) \quad (eq. 2.14)$$

$$\text{com } \overline{PU}_{hom} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PU_{hom}(i) \quad (eq.2.15)$$

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

$$F_{hr}(i) = \frac{F_{ha}(i)}{F_{ha}(a)} \quad (eq.2.16)$$

sendo

**Forma aditiva dos fatores:**

$$F_{ha}(i) = 1 + (F_1(i)-1) + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1) \quad (eq.2.17)$$

**Forma multiplicativa dos fatores:**

$$F_{ha}(i) = F_1(i) \cdot F_2(i) \cdot F_3(i) \cdot \dots \cdot F_k(i) \quad (eq.2.18)$$

**Forma mista (Norma IBAPE-SP):**

$$F_{ha}(i) = \frac{1}{F_r(i)} \cdot (1 + (F_2(i)-1) + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1) \quad (eq.2.19)$$

E para o avaliando:

**Forma aditiva dos fatores:**

$$F_{ha}(a) = 1 + (F_1(a)-1) + (F_2(a)-1) + (F_3(a)-1) + \dots + (F_k(a)-1) \quad (eq.2.20)$$

### Forma multiplicativa dos fatores:

$$F_{ha}(a) = F_1(a).F_2(a).F_3(a).....F_k(a) \quad (eq.2.21)$$

### Forma mista (Norma IBAPE-SP):

$$F_{ha}(a) = \frac{1}{F_f(a)} \cdot (1 + (F_1(i)-1) + (F_2(a)-1) + (F_3(a)-1) + \dots + (F_k(a)-1)) \quad (eq.2.22)$$

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

$$P_{hom}(i) = \frac{P_{ini}(i)}{F_{hr}(a)}, \quad i=1,n \quad (eq.2.23)$$

Daí decorre que após a transformação de paradigma, a média destes preços homogeneizados será o indicativo do valor do imóvel avaliando  $\hat{P}(a)$ , ou seja, aplicando a equação 2.8 resulta  $\hat{P}(a) = \bar{P}_{hom}$  ou, caso se tenha trabalhado com preços unitários, resulta  $\hat{PU}(a) = \bar{PU}_{hom}$ .

## 3. A FORMA ADOTADA PARA O MODELO DE HOMOGENIZAÇÃO POR FATORES E O CORRESPONDENTE MODELO DE REGRESSÃO LINEAR AJUSTADO AO MERCADO

Quando predefinimos uma forma para o modelo de homogeneização por fatores, seja aditiva dos fatores, multiplicativa dos fatores ou mista, como representativa para utilização num mercado, intrinsecamente estamos assumindo que, naquele mercado onde será aplicado o modelo de homogeneização por fatores, existe uma forma correspondente de modelo de regressão linear que seja ajustada ao mesmo. Para as três formas para o modelo de homogeneização por fatores apontadas anteriormente, demonstraremos, a seguir, qual é o modelo de regressão linear correspondente.

### 3.1 O MODELO DE REGRESSÃO CORRESPONDENTE AO MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO NA FORMA ADITIVA DOS FATORES

Caso seja adotado o pressuposto da aplicação de um modelo de homogeneização por fatores na forma aditiva dos fatores, ou seja, assumindo que a homogeneização seria feita pela expressão a seguir:

$$PU_{hom}(i) = \frac{PU_{orig}(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)}, \quad i=1,n \quad (eq.2.9)$$



Assumindo ainda que, na melhor das hipóteses, todos os “n” registros resultem no mesmo valor de  $PU_{hom}$  e portanto igual também a  $\overline{PU}_{hom}$ , a aplicação da equação 2.12, para os “n” elementos amostrais tomados como avaliandos, resultaria:

$$\hat{PU}(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (1 + (F_1(i)-1) + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1)) = PU_{orig}(i), i=1,n$$

Como, no caso mais geral,  $PU_{hom}(i)$  não coincidirá com  $\overline{PU}_{hom}$ , o modelo da equação 2.12 levará a preços unitários estimados diversos dos  $PU_{orig}(i)$ ,  $i=1,n$ , ou seja:

$$\hat{PU}(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (1 + (F_1(i)-1) + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1)) , i=1,n \quad (eq.3.1)$$

Portanto, resultarão resíduos ( $R(i) = PU_{orig}(i) - \hat{PU}(i)$ ) não explicados pelo modelo, mas a equação 3.1 nos conduz a concluir que o modelo de regressão linear compatível com o modelo de homogeneização por fatores na forma aditiva dos fatores é do tipo:

$$\hat{PU}(i) = B_0 + B_1 X_1(i) + B_2 X_2(i) + B_3 X_3(i) + \dots + B_k X_k(i) , i=1,n \quad (eq. 3.2)$$

sendo:

$PU$  = preço unitário,

$B_0, B_1, B_2, B_3, \dots, B_k$  são os regressores obtidos no modelo de regressão,

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  são os atributos dos imóveis utilizados na homogeneização (variáveis independentes).

Portanto, fatores de homogeneização fundamentados, poderiam ser obtidos por metodologia científica, a partir da igualdade entre os dois modelos das equações 3.1 e 3.2, ou seja:

$$B_0 = \overline{PU}_{hom}$$

$$B_1 X_1(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_1(i)-1) \Rightarrow F_1(i) = \frac{B_1}{B_0} X_1(i) + 1$$

$$B_2 X_2(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_2(i)-1) \Rightarrow F_2(i) = \frac{B_2}{B_0} X_2(i) + 1$$

$$B_3 X_3(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_3(i)-1) \Rightarrow F_3(i) = \frac{B_3}{B_0} X_3(i) + 1$$

.

.

.

.

$$B_k X_k(i) = \overline{PU}_{\text{hom.}} (F_k(i)-1) \Rightarrow F_k(i) = \frac{B_k}{B_0} X_k(i) + 1$$

Caso a variável independente ( $X_j$ ) seja discreta, portanto assumindo valores em quantidade finita, os coeficientes de homogeneização gerados são também em quantidade finita - aplicável à variáveis quantitativas do tipo: quantidade de vagas de garagem, quantidade de dormitórios, etc.-, sendo um mínimo de dois para o caso de variáveis dicotômicas, que por exemplo podem assumir os valores “0” ou “1” - aplicável à variáveis qualitativas tipo: oferta/venda, frente/fundos, etc.).

Caso a variável independente ( $X_j$ ) seja contínua, assumindo valores diversos, os coeficientes de homogeneização gerados não serão em quantidade finita, sendo função do valor da variável - aplicável a variáveis quantitativas do tipo: idade, índice do local, área, etc.

As variáveis  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , .....  $X_k$  podem estar na forma direta ou transformada (exponencial, inversa, potência, logarítmica ou outra qualquer, a que melhor se ajustar ao fenômeno).

### 3.2 O MODELO DE REGRESSÃO CORRESPONDENTE AO MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO NA FORMA MULTIPLICATIVA DOS FATORES

Caso seja adotado o pressuposto da aplicação de um modelo de homogeneização por fatores na forma multiplicativa dos fatores, ou seja, assumindo que a homogeneização seria feita pela expressão a seguir:

$$PU_{\text{hom}}(i) = \frac{PU_{\text{orig}}(i)}{F_1(i).F_2(i).F_3(i).....F_k(i)} \quad i=1,n \quad (\text{eq.2.10})$$

Assumindo ainda que, na melhor das hipóteses, todos os “n” registros resultem no mesmo valor de  $PU_{\text{hom}}$  e portanto igual também a  $\overline{PU}_{\text{hom}}$ , a aplicação da equação 2.13, para os “n” elementos amostrais tomados como avaliandos, resultaria:

$$\hat{PU}(i) = \overline{PU}_{\text{hom.}} . F_1(i).F_2(i).F_3(i).....F_k(i) = PU_{\text{orig}}(i) , i=1,n$$

Como, no caso mais geral,  $PU_{\text{hom}}(i)$  não coincidirá com  $\overline{PU}_{\text{hom}}$ , o modelo da equação 2.13 levará a preços unitários estimados diversos dos  $PU_{\text{orig}}(i)$ ,  $i=1,n$ , ou seja:

$$\hat{PU}(i) = \overline{PU}_{\text{hom.}} . F_1(i) . F_2(i) . F_3(i) ..... F_k(i) \quad , i=1,n \quad (\text{eq.3.3})$$

Portanto resultarão resíduos ( $R(i) = PU_{\text{orig}}(i) - \hat{PU}(i)$ ) não explicados pelo modelo.

A forma da equação 3.3 não nos induz imediatamente a concluir a forma do modelo de regressão linear compatível, conforme aconteceu para o modelo de homogeneização na forma aditiva dos fatores.

Mas, aplicando a transformada logarítmica na equação 3.3, resulta:

$$\ln(\hat{PU}(i)) = \ln(\overline{PU}_{\text{hom}}) + \ln(F_1(i)) + \ln(F_2(i)) + \ln(F_3(i)) + \dots + \ln(F_k(i)) \quad , \quad i=1,n \quad (\text{eq.3.4})$$

A forma da equação 3.4 nos conduz a concluir que o modelo de regressão linear compatível com o modelo de homogeneização por fatores na forma multiplicativa dos fatores é do tipo:

$$\ln(\hat{PU}(i)) = B_0 + B_1 X_1(i) + B_2 X_2(i) + B_3 X_3(i) + \dots + B_k X_k(i) \quad , \quad i=1,n \quad (\text{eq. 3.5})$$

sendo:

PU = preço unitário,

$B_0, B_1, B_2, B_3, \dots, B_k$  são os regressores obtidos no modelo de regressão,

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  são os atributos dos imóveis utilizados na homogeneização (variáveis independentes).

Portanto, fatores de homogeneização fundamentados, poderiam ser obtidos por metodologia científica, a partir da igualdade entre os dois modelos das equações 3.4 e 3.5, ou seja:

$$B_0 = \ln(\overline{PU}_{\text{hom}})$$

$$B_1 X_1(i) = \ln(F_1(i)) \Rightarrow F_1(i) = e^{B_1 X_1(i)}$$

$$B_2 X_2(i) = \ln(F_2(i)) \Rightarrow F_2(i) = e^{B_2 X_2(i)}$$

$$B_3 X_3(i) = \ln(F_3(i)) \Rightarrow F_3(i) = e^{B_3 X_3(i)}$$

.

.

.

.

$$B_k X_k(i) = \ln(F_k(i)) \Rightarrow F_k(i) = e^{B_k X_k(i)}$$

Caso a variável independente ( $X_j$ ) seja discreta, portanto assumindo valores em quantidade finita, os coeficientes de homogeneização gerados são também em quantidade finita - aplicável à variáveis quantitativas do tipo: quantidade de vagas de garagem, quantidade de dormitórios, etc., sendo um mínimo de dois para o caso de variáveis dicotômicas, que por exemplo podem assumir os valores “0” ou “1” - aplicável à variáveis qualitativas tipo: oferta/venda, frente/fundos, etc.).

Caso a variável independente ( $X_j$ ) seja contínua, assumindo valores diversos, os coeficientes de homogeneização gerados não serão em quantidade finita, sendo função do valor da variável - aplicável a variáveis quantitativas do tipo: idade, índice do local, área, etc.

As variáveis  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  podem estar na forma direta ou transformada (exponencial, inversa, potência, logarítmica ou outra qualquer, a que melhor se ajustar ao fenômeno).

Em Lima (1995)<sup>4</sup>, já estava consignado o fato de que o modelo de homogeneização na forma multiplicativa dos fatores teria sua aplicação justificada em muitos casos, pois em diversas pesquisas de mercado onde foi estudado o tipo de equação mais adequado ao comportamento do mercado imobiliário, a transformada logarítmica do preço unitário se mostrou a mais ajustada, como podiam ser observados em Wolferson (1980), Dantas (1987), Zeni (1990), Chaves Neto (1990), Franchi (1992), Barbosa Filho (1992), Martins (1993) e Gonzáles (1995).

A partir dos PU dos “n” dados amostrais e dos “k” fatores de homogeneização determinados, os “n” indicativos de preço do imóvel paradigma (com  $F_1 = F_2 = F_3 = \dots = F_k = 1$ ), podem ser obtidos pela equação 2.23 e a sua média é o indicativo pontual de valor.

### 3.3 O MODELO DE REGRESSÃO CORRESPONDENTE AO MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO NA FORMA MISTA (Norma do IBAPE-SP)

Caso seja adotado o pressuposto da aplicação de um modelo de homogeneização por fatores na forma mista (Norma do IBAPE-SP), ou seja, assumindo que a homogeneização seria feita pela expressão a seguir:

$$PU_{hom}(i) = \frac{PU_{orig}(i) \times F_f(i)}{1 + (F_1(i) - 1) + (F_2(i) - 1) + (F_3(i) - 1) + \dots + (F_k(i) - 1)} \quad , i=1,n \quad (eq. 2.11)$$

Assumindo ainda que, na melhor das hipóteses, todos os “n” registros resultem no mesmo valor de  $PU_{hom}$  e portanto igual também a  $\overline{PU}_{hom}$ , a aplicação da equação 2.14, para os “n” elementos amostrais tomados como avaliandos, resultaria:

$$\hat{PU}(i) = \frac{\overline{PU}_{hom}}{F_f(i)} \cdot (1 + (F_1(i)-1) + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1)) = PU_{orig}(i) \quad , i=1,n$$

Como, no caso mais geral,  $PU_{hom}(i)$  não coincidirá com  $\overline{PU}_{hom}$ , o modelo da equação 2.14 levará a preços unitários estimados diversos dos  $PU_{orig}(i)$ ,  $i=1,n$ , ou seja:

$$\hat{PU}(i) = \frac{\overline{PU}_{hom}}{F_f(i)} \cdot (1 + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1)) \quad , i=1,n \quad (eq.3.6)$$

Portanto, resultarão resíduos ( $R(i) = PU_{orig}(i) - \hat{PU}(i)$ ) não explicados pelo modelo.

<sup>4</sup> Ver Lima, Gilson Pereira de Andrade. Homogeneização Fundamentada - Uma Utopia? VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, SC, 1995.

A forma da equação 3.6 não nos induz imediatamente a concluir a forma do modelo de regressão linear compatível, conforme aconteceu para o modelo de homogeneização na forma aditiva dos fatores.

Mas, multiplicando ambos os termos da equação 3.6 por  $F_f(i)$ , resulta:

$$\hat{PU}(i) \cdot F_f(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (1 + (F_2(i)-1) + (F_3(i)-1) + \dots + (F_k(i)-1)) \quad , i=1,n \quad (eq.3.7)$$

A equação 3.7 nos conduz a concluir que o modelo de regressão linear compatível com o modelo de homogeneização por fatores na forma mista é do tipo:

$$\hat{PU}(i) \cdot F_f(i) = B_0 + B_1 X_1(i) + B_2 X_2(i) + B_3 X_3(i) + \dots + B_k X_k(i) \quad , i=1,n \quad (eq. 3.8)$$

sendo:

$PU$  = preço unitário,

$B_0, B_1, B_2, B_3, \dots, B_k$  são os regressores obtidos no modelo de regressão,

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  são os atributos dos imóveis utilizados na homogeneização (variáveis independentes).

Portanto, a menos da indefinição do fator fonte  $F_f$ , os fatores de homogeneização fundamentados para os demais atributos, poderiam ser obtidos por metodologia científica, a partir da igualdade entre os dois modelos das equações 3.7 e 3.8, ou seja:

$$B_0 = \overline{PU}_{hom}$$

$$B_1 X_1(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_1(i)-1) \Rightarrow F_1(i) = \frac{B_1}{B_0} X_1(i) + 1$$

$$B_2 X_2(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_2(i)-1) \Rightarrow F_2(i) = \frac{B_2}{B_0} X_2(i) + 1$$

$$B_3 X_3(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_3(i)-1) \Rightarrow F_3(i) = \frac{B_3}{B_0} X_3(i) + 1$$

.

.

.

.

$$B_k X_k(i) = \overline{PU}_{hom} \cdot (F_k(i)-1) \Rightarrow F_k(i) = \frac{B_k}{B_0} X_k(i) + 1$$

Então, uma alternativa para a solução do problema poderia ser a de testar diversos fatores fonte  $F_i$ , até encontrar aquele que mais ajustasse o modelo de regressão para os demais fatores. Com isto, também o fator fonte seria obtido pela metodologia científica.

#### **4. O QUESTIONAMENTO À IMPOSIÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MODELO DE HOMOGENEIZAÇÃO NA FORMA MISTA (Norma do IBAPE-SP)**

Como foi demonstrado no item anterior, a imposição normativa da Norma do IBAPE-SP implica que, naquele mercado onde será aplicado aquele modelo de homogeneização por fatores, existe uma forma correspondente de modelo de regressão linear que seja ajustada ao mesmo, mas, neste caso particular, resulta o modelo descrito no item 3.3, de relativa complexidade, que normalmente não tem sido relatado como freqüente de ocorrer em pesquisas de mercado, e até mesmo os aplicativos disponíveis que normalmente facilitam a modelagem de modelos de regressão linear não contemplam facilidades para este tipo de modelagem imposta pela norma.

#### **5. CONCLUSÃO**

A provavelmente maior ocorrência, em estudos utilizando metodologia científica para inferir o comportamento de mercado, de modelos de regressão linear na forma compatível com modelos de homogeneização por fatores na forma multiplicativa dos fatores, já observada em Lima (1995), principalmente em pesquisas de mercado envolvendo grandes amostras, e a relativa complexidade do modelo de regressão linear na forma compatível com modelos de homogeneização por fatores na forma mista imposta pela norma do IBAPE-SP, cujo relato de ocorrência é desconhecido, nos leva a concluir que esta imposição normativa é temerária e, a priori, infundada, merecendo ser revista ou melhor fundamentada, conforme os preceitos da Norma da ABNT NBR-14653-2 – Avaliação de Bens – Parte 2 - Imóveis Urbanos.

#### **6 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 NBR14653-2:2003 - AVALIAÇÃO DE BENS - PARTE 2: IMÓVEIS URBANOS, ABNT, 2003.
3. Barbosa Filho, Domingos de Saboya. Examinando os modelos de regressões. Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Avalien, Porto Alegre, julho, 1992.
4. Chaves Neto, Raymundo L.V. Comportamento setorizado do mercado de locações — uma análise fundamentada em modelos de regressão. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte, 1990.

5. Dantas, Rubens e Cordeiro, Gauss Moutinho. A avaliação de imóveis através da metodologia de pesquisa científica. Melhor trabalho apresentado no V Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias - COBREAP - laureado com a medalha Eurico Ribeiro, Recife, PE, 1987. . Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Avalien, Porto Alegre, julho, agosto, 1991.
6. Franchi, Cláudia de Cesare. Avaliação das características que contribuem para a formação do valor de apartamentos na cidade de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado apresentada ao corpo docente do Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Avalien, Porto Alegre, abril, maio e junho, 1992.
7. González, Marco Aurélio Spunf e Formoso, Carlos Torres. Análise da utilização de dados do imposto de transmissão de imóveis para atualização das plantas de valores. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Avaliações para fins tributários, Cachoeira do Sul, 1995.
8. González, Marco Aurélio Spunf. Determinação de planta de valores com base em dados do ITBI— estudo da viabilidade de aplicação em Porto Alegre. Relatório final que sintetiza a pesquisa, UFRGS, Porto Alegre, 1995.
9. IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia), NORMA PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS. São Paulo, 1995.
10. Lima, Gilson Pereira de Andrade. “Homogeneização Fundamentada - Uma Utopia?”, VIII COBREAP - VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Florianópolis, 1995.
11. Martins, Fernando Guilherme e Martins, Fábio Guilherme Neuber. Contribuição de Melhoria. Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Avalien, Porto Alegre, fevereiro, 1993.
12. Zeni, André Maciel. Valorização de terrenos na malha urbana — um perfil de formação. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, Belo Horizonte, 1990.
13. Wolferson, Marco e Torres, Luiz. Homogeneização de valores em engenharia de avaliações. Recife, ENAPEL, 1980.