

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**JAQUELINE PRUNZEL**

**AVALIAÇÃO DO CÁLCULO DE VALOR VENAL DE TERRENOS NO MUNICÍPIO  
DE ITAQUI - RS**

**Itaqui/RS  
2015**

**JAQUELINE PRUNZEL**

**AVALIAÇÃO DO CÁLCULO DE VALOR VENAL DE TERRENOS NO MUNICÍPIO  
DE ITAQUI - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia

Orientador: Profº Dr. Alexandre B. Lopes  
Coorientador: Profº Dr. Marcos Toebe

**Itaqui/RS**

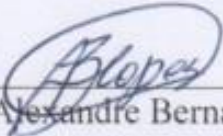
JAQUELINE PRUNZEL

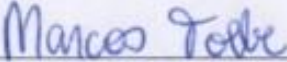
ESTUDO PRELIMINAR DO CÁLCULO DE VALOR VENAL DE TERRENOS NO  
MUNICÍPIO DE ITAQUI - RS

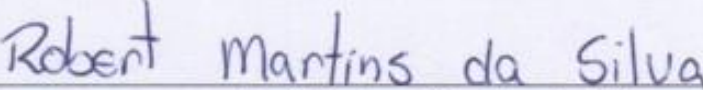
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26 de junho de 2015.

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes  
Orientador  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcos Toebe  
Coorientador  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Robert Martins da Silva  
UNIPAMPA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

P972a Prunzel, Jaqueline

Avaliação do cálculo de valor venal de terrenos no  
município de Itaqui - RS / Jaqueline Prunzel.

22 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA, 2015.

"Orientação: Alexandre Lopes".

1. Modelo de regressão linear múltipla. 2. Terrenos. 3.  
Prefeitura Municipal de Itaqui - RS. I. Título.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal estudar as variáveis que influenciam na avaliação do valor venal dos terrenos calculado pela prefeitura municipal de Itaqui - RS e nos valores reais, cujos dados foram obtidos a partir das guias declaradas de ITBI. Neste estudo foi utilizado o Método Comparativo Direto de Dados do Mercado, que pode ser desenvolvido por regressão linear múltipla, cuja aplicabilidade foi avaliada no contexto do trabalho. O trabalho justifica-se pela necessidade de uma correta e justa avaliação dos terrenos urbanos a fim de obter uma arrecadação tributária do município, condizente com a realidade do mesmo. Com o passar dos anos novos conceitos matemáticos e estatísticos surgiram para elaboração de uma análise segura cientificamente e mais rápida a ser empregada nos municípios. Neste contexto, o modelo de regressão linear múltipla tornou-se amplamente usado, por ter se mostrado satisfatório e eficiente, apesar de apresentar dificuldades oriundas da complexidade do modelo e do número de variáveis envolvidas, dependendo do caso. O referido modelo foi utilizado para avaliar a relação existente entre as variáveis explicativas, a fim de esclarecer o valor venal calculado pela prefeitura e os valores de mercado aplicado no município. Os resultados obtidos das análises mostraram uma relação significativa das variáveis explicativas (área, testada, valor do m<sup>2</sup>, topografia e pavimentação) sobre as variáveis independentes para a predição dos valores, embora algumas tenham correlações diretas e outras indiretas. Por se tratar de um estudo inicial verificou-se que a coleta de novos dados, atualização do cadastro, possíveis ajustes e validação do modelo tornam-se necessários antes deste ser adotado no contexto do município.

Palavras-Chave: Modelo de Regressão Linear Múltipla. Terrenos. Prefeitura municipal de Itaqui-RS.

## **ABSTRACT**

This work aimed to study the variables that influence the assessment of the value venal land calculated by the municipal government of Itaqui - RS and the actual values, data were obtained from the declared guides ITBI. This study used the Direct Comparative Method Market Data, which can be developed by multiple linear regression, whose applicability was evaluated in the context of work. The work is justified by the need for a proper and fair assessment of urban land in order to get a tax revenue of the city consistent with the reality of it. Over the years new mathematical and statistical concepts have emerged for developing a scientifically sound and faster analysis to be employed in municipalities. In this context, the multiple linear regression model has become widely used, to have proved satisfactory and efficient, despite present difficulties deriving the complexity of the model and the number of variables involved, depending on the case. That model was used to assess the relationship between the explanatory variables, to explain the market value calculated by the city and the market values applied in the municipality. The results of the analysis showed a significant relationship between the explanatory variables (area, tested m<sup>2</sup> of value, topography and surface) on the independent variables for the prediction of values, although some direct correlations and other indirect. Since this is an initial study it was found that the collection of new data, updating the register, possible adjustments and model validation become necessary before it is assumed in the municipal context.

**Keywords:** Multiple Linear Regression Model. Land. City Hall of Itaqui-RS.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1 Coletas dos dados .....	10
2.2 Regressão linear multivariada .....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
3.1 Análise de trilha.....	15
3.2 Método stepwise .....	18
4 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	20
REFERÊNCIAS .....	21

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as informações oriundas do Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) bem como da engenharia de avaliações de terrenos urbanos são essenciais para a justa cobrança de impostos municipais. Apesar da importância dos referidos mecanismos, sua implantação é um desafio para os municípios de pequeno e médio porte devido à falta de mão de obra especializada e de recursos financeiros e/ou tecnológicos.

Autores como Costa (2001), Castro (2009), Gonçalves (2008) em suas publicações destacam o fato das prefeituras brasileiras, enfrentarem problemas com dados cadastrais defasados, desatualizados e com bases cartográficas não confiáveis. Caso semelhante ocorre no município de Itaqui – RS devido aos dados analógicos, a falta de tecnologia e a escassez da mão de obra qualificada (PRUNZEL, 2014).

A necessidade de uma correta e justa avaliação dos terrenos urbanos influencia na arrecadação tributária do município, pois os terrenos possuem características diferentes, na sua forma, dimensão, topografia e no valor de mercado, de acordo com sua localização geográfica. De acordo com Loch (1998), o CTM é uma área de pesquisa interdisciplinar, pois envolve conhecimentos desde nível do imóvel à legislação que rege a ocupação do solo.

No Brasil, o direito de possuir uma propriedade privada foi consolidado a partir da promulgação da Lei de Terras, nº 601 de 1850, a fim de regulamentar as posses de terra. De acordo com Fiker (1985) a publicação do livro de Luiz Carlos Berrini – “*Avaliação de terrenos urbanos*” incentivou a utilização das técnicas de avaliações aplicadas nos Estados Unidos, pois o país já possuía uma metodologia mais avançada.

Após a década de 1960, boa parte dos trabalhos publicados baseia-se na utilização de fatores de homogeneização determinístico e fórmulas empíricas, que trazem pouca certeza aos avaliadores. Para alterar critérios até então utilizados, a publicação do livro “Engenharia de Avaliações: Uma Introdução à Metodologia Científica” trouxe conceitos matemáticos e estatísticos, para elaboração de laudos mais precisos (LION, 2009).

Segundo Baptistella (2005), a introdução da inferência estatística na engenharia de avaliações brasileira correspondeu à tentativa de solucionar esses casos, além de tentar diminuir a subjetividade envolvida nas homogeneizações. Assim, o modelo de Regressão Linear Múltipla tornou-se o preferido entre os avaliadores, por ter se mostrado satisfatório e eficiente, apesar de apresentar fatores como: a complexidade dos modelos, dificuldades de implementação e a grande quantidade de variáveis envolvidas, que possam comprometer a análise.



A norma brasileira de avaliação de bens e imóveis urbanos NBR 14653-2:2011, recomenda, se possível a utilização do Método Comparativo Direto de Dados do Mercado (MCDDM) para identificar o valor de um bem, conforme definido pela ABNT NBR 14653-1:2001. Entretanto a norma prevê outros métodos para identificar o valor de um bem, de seus frutos e direitos, são eles: Método Comparativo Direto de Dados do Mercado, Método Involutivo, Método Evolutivo e Método da Capitalização da Renda.

Segundo Mattos e Silva (2003), “o valor venal é o valor do imóvel no mercado. Não é necessariamente, o preço de venda do imóvel”. González (2002) conclui que o valor de um imóvel pode ser identificado pelo seu valor de mercado, sendo o valor médio atingido em uma transação normal. Porém o valor de mercado nem sempre coincide com o preço, devido à variação do mercado.

Conforme Ministério das Cidades (2012, p. 47):

Na aplicação do Método Comparativo Direto, a análise de regressão múltipla [ARM] é a técnica mais utilizada para identificar os principais fatores que influenciam a determinação dos preços e estimar o valor de mercado das propriedades não transacionadas no período na área de avaliação de imóveis.

Tendo ciência da importância do valor de imóveis urbanos e a necessidade de reavaliar os métodos de cálculo de valor venal no município de Itaqui-RS, o trabalho tem como objetivo analisar as variabilidades do valor venal dos imóveis (terrenos) em função de variáveis quantitativas (área, testada e valor do m<sup>2</sup>) e qualitativas (topografia, situação, pedologia e pavimentação). Os objetivos específicos são: 1) aplicar o MCDDM desenvolvido a partir de regressão linear múltipla; 2) interpretar e avaliar os resultados considerando a relação existente entre as variáveis que podem influenciar no valor venal considerado pela prefeitura afim de tributos e no valor de compra e venda que está sendo aplicado no município; 3) Analisar a aplicabilidade da regressão linear múltipla no contexto do trabalho.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Itaqui (Figura 1) localizado na região oeste do Estado do Rio Grande do Sul, às margens do rio Uruguai, situada na fronteira com a Argentina. Possui uma população de aproximadamente 39.129 habitantes e compreende uma área de 3.404 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Suas principais atividades econômicas são a agropecuária, com predomínio do arroz irrigado e da pecuária de corte. Os indicadores

econômicos mostram um PIB per capita de R\$ 18.706,26 (IBGE, 2010).

Figura 1- Localização geográfica do município de Itaqui.



Fonte: PRUNZEL, J. et al (2014).

O método utilizado para este estudo foi o MCDDM, conforme a NBR 14653-2:2011, uma das maneiras para desenvolver este método é regressão linear múltipla, neste caso apenas para terrenos, o qual visa obter uma função objetivo, ou seja, uma função que explique o relacionamento entre as variáveis dependentes com as independentes (HEIL, 2010). Conforme a NBR 14653-1:2001 da ABNT, o MCDDM, identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra (BAPTISTELLA, 2005).

Entretanto é possível explicar as variáveis independentes como sendo dos tipos quantitativos e qualitativos, as quais representam as características do terreno. A variável dependente é determinada como resposta, pois é o preço que representa o valor do terreno em reais. Para isto utilizou-se as seguintes variáveis apresentadas no quadro abaixo:

Quadro 1 – Variáveis independentes para terrenos.

Variável	Classificação	Unidade de medida	Descrição
Área do lote	Quantitativa	Metros quadrados	Área total do terreno.
Índice de localização	Quantitativa	Conforme PGV (Planta Genérica de Valores) divulgada anualmente pelo município	Valor do metro quadrado do terreno.
Topografia	Qualitativa	Irregular Declive Aclive Plana	Situação da superfície da área do terreno do imóvel.
Pedologia	Qualitativa	Alagado Inundável Combinação Seco	Condições do solo do terreno do imóvel.
Situação	Qualitativa	Uma frente; Duas frentes; Três frentes; Quatro frentes.	Posicionamento do imóvel na quadra em que se localiza.
Testada	Quantitativa	Metros linear	Indica a metragem da frente do lote.
Pavimentação	Qualitativa	Terra; Par. irregular; Par. regular; Asfalto.	Classificação atribuída arbitrariamente, levando em consideração o tipo do pavimento do logradouro do imóvel.

Fonte: Modificado de Heil (2010).

O método comparativo permite que se obtenha uma estimativa mesmo com as diferentes tendências de mercado. Ele estima o valor baseado na comparação com outros semelhantes, iniciando de um grupo de dados e somando-se com outras informações resultando numa amostragem estatística de dados do mercado imobiliário. Portanto, o método comparativo de dados de mercado é o método mais utilizado e indicado para avaliações de mercado (ALVES, 2005).

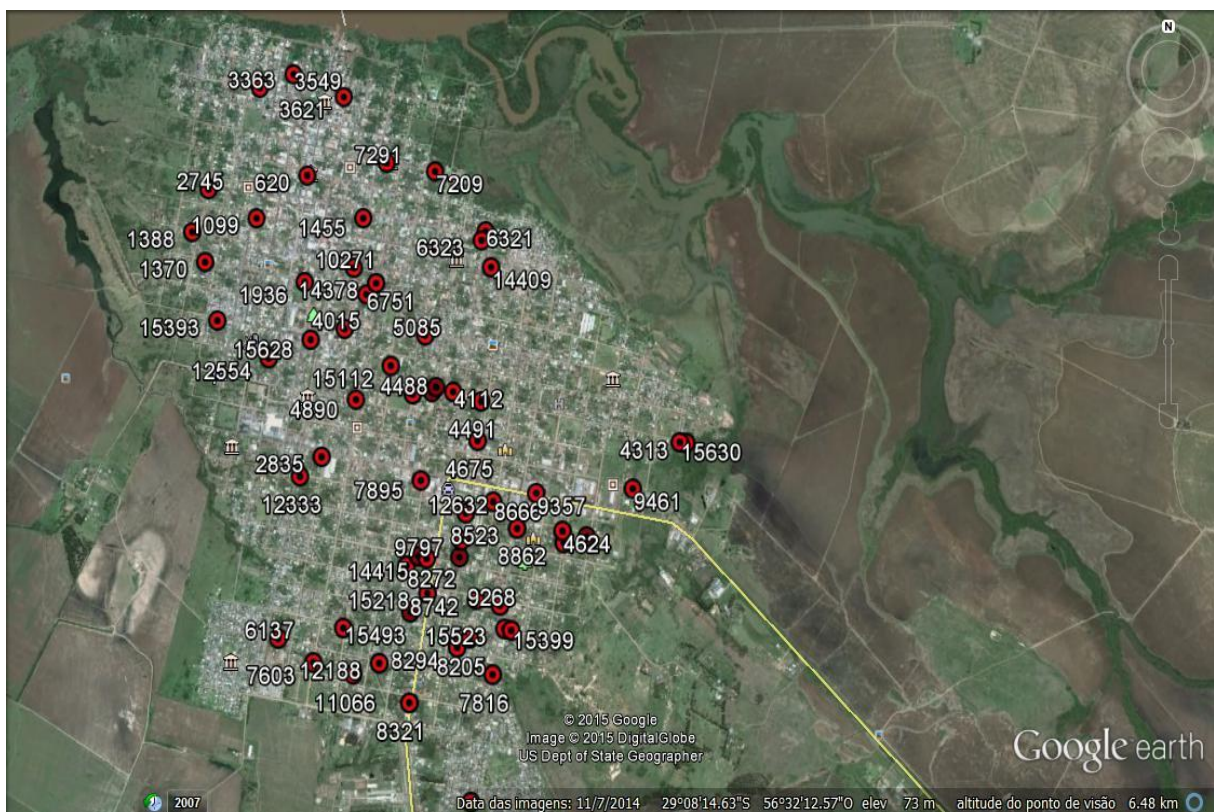
## 2.1 Coletas dos dados

A metodologia empregada está limitada a uma única tipologia, no caso, os terrenos urbanos de alguns loteamentos do município de Itaquí, em razão da modelagem das variáveis, que tornaria o trabalho muito complexo devido à quantidade necessária para todas as tipologias existentes, como: loja, casa, apartamento, sala comercial, entre outros. Os dados coletados foram apenas aqueles que estão disponíveis na base de dados do setor de Cadastro

Imobiliário Municipal da Prefeitura.

O ponto de partida para o início do trabalho é a escolha dos lotes, portanto foram coletados 67 lotes a partir das guias de imposto sobre a transmissão de bens imóveis (ITBI), ou seja, baseados na compra e venda de imóveis no município referente ao período de janeiro de 2015 até maio deste mesmo ano. É imprescindível destacar que os dados dos proprietários não serão expostos, a fim de garantir a privacidade das informações fiscais dos contribuintes. Após a coleta desses dados junto a Prefeitura Municipal de Itaqui, foram feitas visitas *in loco* para avaliar as condições físicas dos terrenos escolhidos.

Figura 2 - Localização dos imóveis coletados, via Google earth.



## 2.2 Regressão linear multivariada

Com todos os dados coletados foram efetuados os testes e as análises estatísticas, com o propósito da obtenção dos resultados para a avaliação de relação entre as variáveis dependentes e independentes.

A partir do conceito básico de regressão linear multivariada, o qual relaciona uma variável dependente com duas ou mais variáveis independentes, temos a seguinte equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (1)$$

Onde as simbologias representam:

$Y$  = Variável dependente: valor venal do terreno e valor do ITBI;

$x_n$  = Variáveis independentes;

$\beta_n$  = Parâmetros a serem estimados;

$\varepsilon$  = Representa o erro composto por fatores residuais não abordados pela análise.

Na regressão linear multivariada, a estimação dos parâmetros é feita por meio do método mínimos quadrados. Assim estimam-se os valores dos parâmetros  $\beta_i$  para  $i = 1 \dots n$ , os quais minimizam a soma dos quadrados das distâncias (SQD), buscando diminuir ao máximo a quantidade da variável aleatória ( $\varepsilon$ ) existente no processo. Objetivando um sistema de equações normais, são utilizadas derivadas parciais de SQD referentes a cada coeficiente, igualando estas a zero (HEIL, 2010).

As análises estatísticas e os modelos de regressão múltipla foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013), do software Statistica 7.0<sup>®</sup> (STATSOFT, 2005) e do aplicativo Microsoft Office Excel<sup>®</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros resultados a serem observados são apresentados na tabela a seguir, feita a partir das sete variáveis explicativas (independentes): Área do terreno, em m<sup>2</sup>; Testada, em m; Valor do m<sup>2</sup>, em reais; Topografia; Pavimentação; Pedologia, e Situação, assim como as variáveis dependentes, consideradas: Y1 – Valor venal obtido pela prefeitura, em reais, e Y2 – Valor com base nas guias de ITBI, em reais. Porém as variáveis Pedologia e Situação foram excluídas no processo por não apresentarem variabilidade entre terrenos.

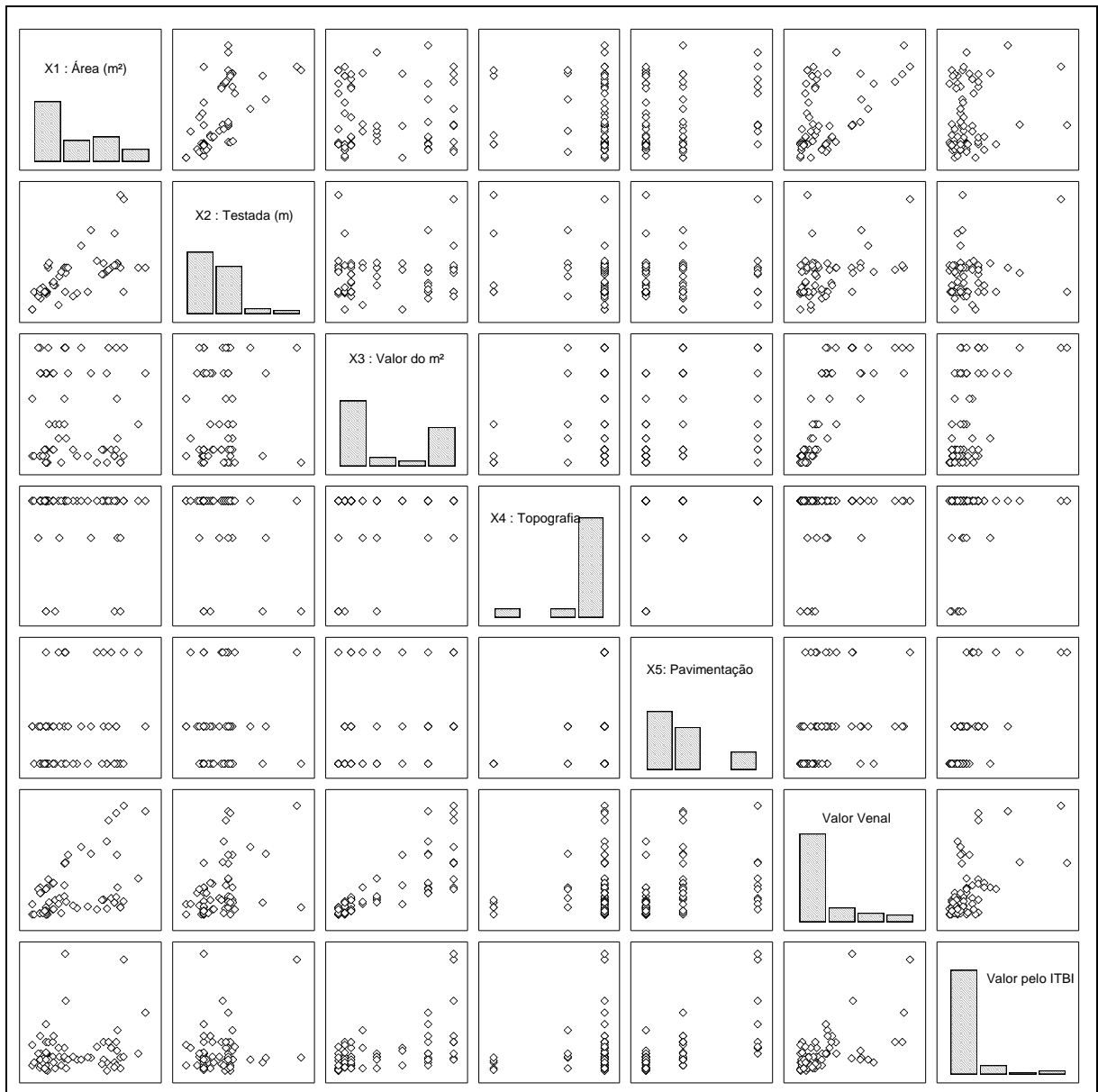
Tabela 1 – Estatísticas descritivas, usando as observações 1 – 67 para as variáveis dependentes Y1 e Y2.

Estatística	Variável e unidade de mensuração						
	Área Testada m <sup>2</sup>	Valor do m <sup>2</sup> m	Topografia R\$	Pavimentação R\$	Valor Venal R\$	Valor ITBI R\$	
Mínimo	217,00	7,00	4,07	0,70	0,50	1338,89	1000,00
Máximo	1254,00	33,00	41,52	1,00	2,00	43845,12	200000,00
Média	575,17	14,32	18,21	0,97	0,90	10478,71	33026,87
Mediana	464,00	13,00	8,23	1,00	1,00	7036,65	23300,00
Erro padrão	35,59	0,59	1,74	0,01	0,06	1285,60	4458,53
Variância	84854,82	23,40	201,80	0,01	0,27	110734771	1331860479
CV (%)	50,65	33,78	78,01	8,42	57,22	100,42	110,50
Curtose+3	2,02 <sup>ns</sup>	7,66*	1,63*	9,85*	3,43 <sup>ns</sup>	5,44*	13,71*
Assimetria	0,67*	1,77*	0,58*	-2,83*	1,25*	1,72*	2,99*
P-valor	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00

<sup>(1)</sup>\*Curtose difere de três, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ns = Não-significativo. <sup>(2)</sup>\*Assimetria difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ns = Não-significativo.

Para os dados observados ajustou-se o modelo de regressão como pode-se observar na Figura 3. No entanto verificou-se que as variáveis Pedologia e Situação foram excluídas da análise em função de não apresentarem variabilidade entre os terrenos avaliados, ou seja, devido aos valores-*p* serem superiores a 0,05, assim não apresentam significância no modelo.

Figura 3 - Matriz com o histograma de frequência (na diagonal) e gráficos de dispersão entre as cinco variáveis explicativas e as duas variáveis dependentes avaliadas em 67 terrenos do município de Itaqui - RS.



Com a finalidade de verificar a medida do grau de associação entre as variáveis dependentes ( $y_1$ ,  $y_2$ ) e independentes ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_5$ ), realizou-se os cálculos dos coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis explicativas e dependentes, sendo a significância do  $r$  verificada por meio do teste  $t$ , de *Student*, em 5% de probabilidade. Como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 - Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson(r) entre as cinco variáveis explicativas e as duas variáveis dependentes avaliadas em 67 terrenos do município de Itaqui - RS.

	Área	Testada	Valor do m <sup>2</sup>	Topografia	Pavimentação	Valor Venal	Valor ITBI
Área	1,000	0,638*	-0,017	-0,084	0,151	0,470*	0,192
Testada	0,638*	1,000	0,128	-0,278*	0,108	0,440*	0,211
Valor do m <sup>2</sup>	-0,017	0,128	1,000	0,199	0,372*	0,778*	0,512*
Topografia	-0,084	-0,278*	0,199	1,000	0,236	0,143	0,161
Pavimentação	0,151	0,108	0,372*	0,236	1,000	0,333*	0,614*
Valor Venal	0,470*	0,440*	0,778*	0,143	0,333*	1,000	0,562*
Valor ITBI	0,192	0,211	0,512*	0,161	0,614*	0,562*	1,000

<sup>(1)</sup>\*Coeficiente de correlação linear de Pearson (r) significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 65 graus de liberdade.

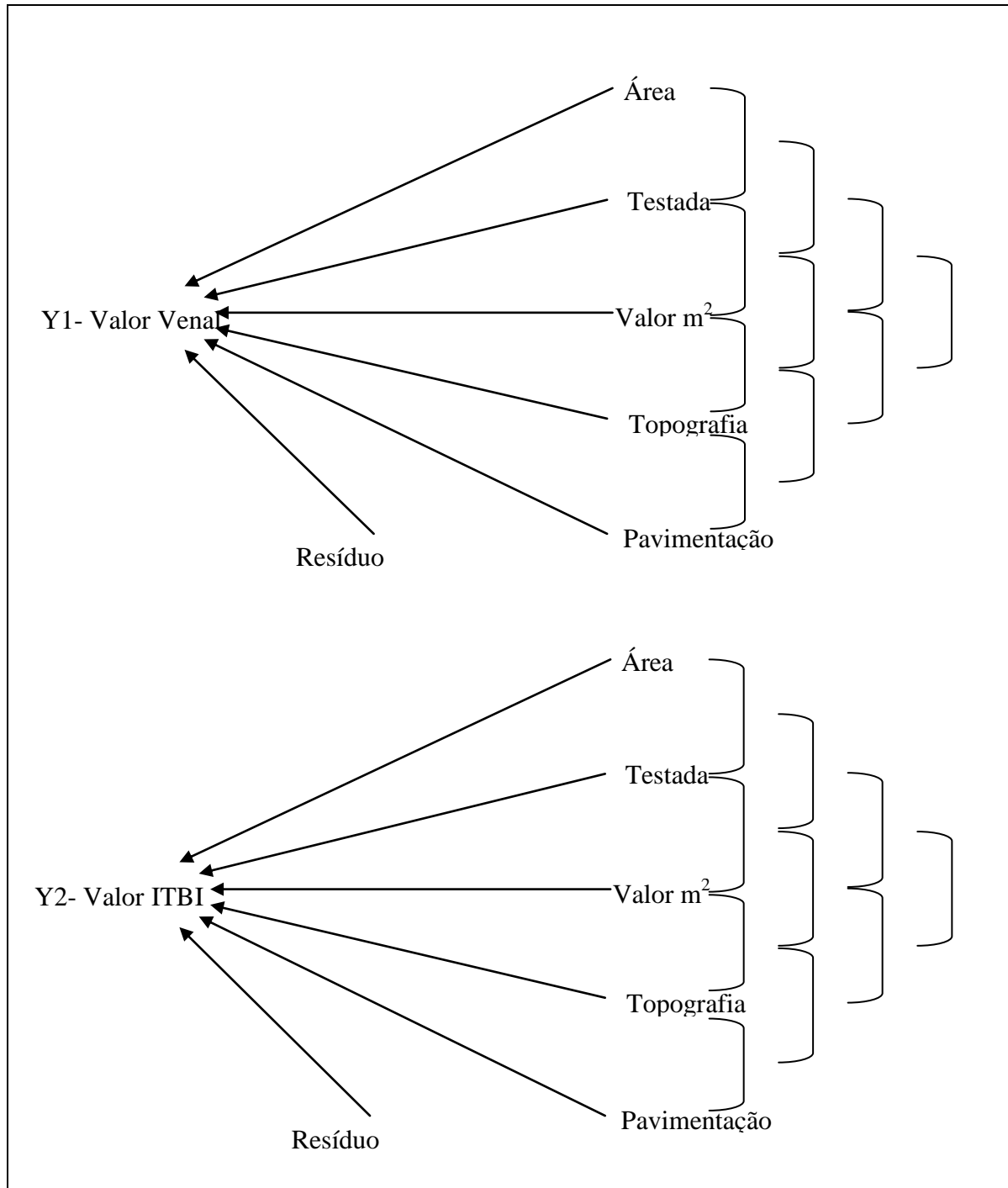
Como pode ser observado na (Tabela 2), as variáveis: área, testada, valor do m<sup>2</sup> e pavimentação apresentam coeficientes significativos sobre o Valor venal. Já sobre o Valor ITBI as variáveis com correlação são apenas duas, que representam somente 40% do conjunto das variáveis. Os coeficientes podem ser considerados moderados, 0,512 para valor do m<sup>2</sup> e 0,614 para a pavimentação, porém neste caso seria interessante um estudo para o incremento de mais variáveis que possam ter influência sobre o valor de mercado dos terrenos.

### 3.1 Análise de trilha

Foram realizadas duas análises de trilha (*path analysis*) por meio do sistema de equações normais  $X'X\hat{\beta} = X'Y$ , conforme proposto por Cruz e Carneiro (2006), sendo que na primeira foi considerada como variáveis dependente, o valor venal e na segunda, o valor com base no ITBI. Estas têm por objetivo fracionar as correlações em efeitos diretos e indiretos, como pode-se observar a partir dos diagramas causais as variáveis explicativas sobre a variável principal na (Figura 4).



Figura 4 - Diagrama causal de única cadeia, com os efeitos diretos das variáveis explicativas e da variável residual (Resíduo) sobre: (a) o valor venal, e: (b) valor com base no ITBI e as inter-relações entre as variáveis explicativas na análise de trilha.



Uma das principais utilidades da análise de trilha é possibilitar o conhecimento dos efeitos diretos e indiretos que variáveis explicativas exercem sobre uma variável principal, assim, permitem estabelecer qual estratégia será mais eficiente na seleção, para incrementar o

modelo (SOUZA, 2013). A Tabela 3 apresenta os valores das correlações e dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre as variáveis dependentes.

Tabela 3 – Efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas (X1 - Área do terreno, em m<sup>2</sup>; X2 - Testada, em m; X3 - Valor do m<sup>2</sup>, em reais; X4 - Topografia; X5 - Pavimentação) sobre o valor venal e o valor com base no ITBI, e coeficiente de determinação da análise de trilha (R<sup>2</sup>) com base em dados de 67 terrenos do município de Itaqui - RS.

Análise de trilha para efeitos diretos e indiretos sobre valor venal					
	Área	Testada	Valor do m <sup>2</sup>	Topografia	Pavimentação
Efeito direto	0,447	0,076	0,782	0,058	-0,047
Efeito Indireto via Área	-	0,285	-0,008	-0,037	0,067
Efeito Indireto via Testada	0,049	-	0,010	-0,021	0,008
Efeito Indireto via Valor do m <sup>2</sup>	-0,013	0,100	-	0,155	0,291
Efeito Indireto via Topografia	-0,005	-0,016	0,011	-	0,014
Efeito Indireto via Pavimentação	-0,007	-0,005	-0,018	-0,011	-
Correlação	0,470	0,440	0,778	0,143	0,333
R <sup>2</sup> da Análise de Trilha	0,845				

Análise de trilha para efeitos diretos e indiretos sobre valor com base no ITBI					
	Área	Testada	Valor do m <sup>2</sup>	Topografia	Pavimentação
Efeito direto	0,085	0,067	0,328	0,011	0,470
Efeito Indireto via Área	-	0,054	-0,001	-0,007	0,013
Efeito Indireto via Testada	0,043	-	0,009	-0,019	0,007
Efeito Indireto via Valor do m <sup>2</sup>	-0,006	0,042	-	0,065	0,122
Efeito Indireto via Topografia	-0,001	-0,003	0,002	-	0,003
Efeito Indireto via Pavimentação	0,071	0,051	0,175	0,111	-
Correlação	0,192	0,211	0,512	0,161	0,614
R <sup>2</sup> da Análise de Trilha	0,489				

Deste modo, para que as estimativas desses coeficientes sejam confiáveis, é necessário que não exista multicolinearidade entre essas variáveis explicativas. Assim afim de uma avaliação mais detalhada da relação entre as variáveis para o modelo, foi verificado o grau de multicolinearidade na matriz de correlação X'X (matriz de correlação entre variáveis explicativas) por meio do seu número de condição, conforme proposto por Montgomery e Peck (1982). Se o número de condição (NC) resultante for  $NC \leq 100$ , considera-se multicolinearidade fraca entre as variáveis explicativas,  $100 < NC < 1.000$ , multicolinearidade moderada a severa e  $NC \geq 1.000$ , multicolinearidade severa. Pois se o grau de multicolinearidade for alto, isso implica que existe uma relação linear entre duas ou mais

variáveis explicativas, o que pode acarretar dificuldades para ajustar o modelo de regressão linear múltipla.

Com base no número de condição do modelo, de  $NC = 5,9337$ , verificou-se baixo grau de multicolinearidade entre as variáveis explicativas, não sendo necessária a exclusão de nenhuma variável para análise de trilha.

Nota-se que para o valor venal, as maiores correlações foram com valor do  $m^2$ , área, testada e pavimentação, respectivamente. A testada apresentou pouco efeito direto sobre o valor venal e efeitos indiretos via área e valor do  $m^2$ . Já a pavimentação apresentou efeito indireto via valor do  $m^2$  e, a área e o valor do  $m^2$  apresentaram efeitos diretos de magnitudes similares aos coeficientes de correlação com o valor venal. Logo, pode-se afirmar que existe relação de causa e efeito entre valor do  $m^2$  e valor venal, o que era esperado devido ao método utilizado pela Prefeitura para o cálculo do valor venal. E em menor magnitude, entre área e valor venal. A pavimentação e a testada atuam indiretamente via valor do  $m^2$  e via área do terreno.

Para o valor com base no ITBI, as correlações de maior intensidade foram verificadas entre pavimentação e ITBI, entre valor do  $m^2$  e ITBI. Com base na análise de trilha, constatou-se que o valor do  $m^2$  apresenta efeito direto sobre o valor de ITBI e indireto sobre a pavimentação. A pavimentação também atua diretamente sobre o valor de ITBI e indiretamente sobre o valor do  $m^2$ . Logo, para o cálculo do valor de ITBI, pode-se inferir que a pavimentação e o valor do  $m^2$  apresentam relação de causa e efeito e devem ser mantidos nos modelos de predição.

### **3.2 Método stepwise**

Para a equação de regressão linear múltipla o método *stepwise* foi utilizado. Este tem por objetivo selecionar as variáveis que mais influenciam a variável dependente, desta forma, pode-se diminuir o número de variáveis a compor a equação de regressão. O método é feito de forma iterativa, adicionando e removendo variáveis, a partir de um critério de seleção. Um dos critérios de seleção mais usados é o teste F, o qual foi adotado neste trabalho com 5% de significância (ALVES, 2013).

Tabela 4 – Modelos de predição do valor venal (Y1) e do valor com base no ITBI (Y2) gerados com base nas cinco variáveis explicativas (X1 - Área do terreno, em m<sup>2</sup>; X2 - Testada, em m; X3 - Valor do m<sup>2</sup>, em reais; X4 - Topografia; X5 - Pavimentação) mensuradas em 67 terrenos do município de Itaqui - RS.

Regressão Múltipla para estimação do Valor Venal						
Variáveis explicativas	X1	X2	X3	X4	X5	Correlação
Coefficiente	16,90	-8,35	594,69	-9526,54	-685,45	0,96
Erro padrão	2,52	141,66	42,96	1848,18	1183,20	R <sup>2</sup> Ajustado
P-valor	0,00	0,95	0,00	0,00	0,56	0,91
Predição do valor venal: $Y1 = 16,90X1 + 594,69X3 - 9526,54X4$						
Regressão Múltipla para estimação do Valor com base no ITBI						
Variáveis explicativas	X1	X2	X3	X4	X5	Correlação
Coefficiente	11,95	213,43	868,36	-23641,19	33633,46	0,85
Erro padrão	15,17	854,57	259,15	11149,60	7137,95	R <sup>2</sup> Ajustado
P-valor	0,43	0,80	0,00	0,04	0,00	0,70
Predição do valor de ITBI: $Y2 = 868,36X3 - 23641,19X4 + 33633,46X5$						

A partir dos modelos de predição encontrados pelo método *stepwise* pode-se observar que na equação do valor venal, as correlações e a análise de trilha indicaram que a área do terreno e o valor de m<sup>2</sup> tem relação de causa e efeito sobre o valor venal. Podendo ser concluído na tabela 4 que essas duas variáveis permanecem no modelo. Porém as variáveis testadas e pavimentação apresentam uma correlação significativa com o valor venal na (tabela 2), estas apresentam um efeito indireto via área e valor do m<sup>2</sup> (Tabela 3) respectivamente. Porém não foram consideradas no modelo de predição da (Tabela 4).

Para o valor ITBI, a pavimentação e o valor do m<sup>2</sup> tem maior correlação com valor de ITBI (Tabela 2), ambos apresentam efeitos diretos e indiretos entre si (Tabela 3) sendo assim, são significativos na (Tabela 4).

Em ambos os modelos podemos verificar a presença da variável topografia (X4), a variável foi aceita nos modelos sem ter significância estatística na (Tabela 2), já na (Tabela 3), esta entra no modelo de ITBI com efeito indireto via a variável pavimentação e com efeito indireto baixo via o valor do m<sup>2</sup> para o modelo do valor venal. O motivo dessa variável deve

ser estudado mais detalhadamente a fim de resolver a incoerência principalmente no modelo do valor venal, a geração de novos modelos sem X4 devem ser testados.

Para uma melhor análise conclusiva dos resultados, os modelos carecem de uma validação, pois após a estimação dos parâmetros, há a necessidade de testar a significância da regressão e realizar um teste individual para cada coeficiente, a fim de validar o modelo (SOUZA, 2013).

#### 4 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com os resultados da correlação de Pearson, e Análise de trilha pode-se concluir que existe uma relação significativa das variáveis explicativas sobre as variáveis independentes para a predição dos valores.

No caso da estimativa do valor venal é observado que estas variáveis podem explicar 85% de um modelo de regressão linear múltipla, e os outros 15% devem ser explicados por outros fatores desconhecidos no momento. Para o valor ITBI as variáveis explicam 48% do modelo, uma porcentagem baixa, com o intuito de melhorar a correlação entre as variáveis o método *stepwise* foi utilizado, o qual explicou 70% do modelo.

O método *stepwise* apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e correlação altas nos modelos para Y1 e Y2, porém as equações de regressão obtidas por este método, precisam de validação para serem aplicadas, a fim de comparar os valores obtidos e observados.

Devido a limitações enfrentadas como: um curto período de tempo para a realização da pesquisa e um cadastro desatualizado, o qual não consta as variáveis explicativas, sugere-se a continuidade de trabalhos futuros. Para isso recomenda-se a realização de novas coletas de dados para compor a amostra, validação do modelo e implementação de ajustes caso necessário, elaborações de novas variáveis para complementar o modelo e aplicação de outros métodos e testes estatísticos, a fim de poder aplicar o melhor modelo que se adéque ao município, desta forma propiciando uma cobrança justa e correta de arrecadação de tributos.

## REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2:** Avaliação de bens – Parte 2: imóveis urbanos. Rio de Janeiro, 2011.

ALVES, Valdir. **Avaliação de imóveis urbanos baseada em métodos estatísticos multivariados.** Campo Mourão: Dissertação de Mestrado do PPGMNE/UFPR, 2005.

ALVES, Marleide F., et al. **Seleção de variáveis *stepwise* aplicadas em redes neurais artificiais para previsão de demanda de cargas elétricas.** . Fortaleza: Anais. XI Simpósio brasileiro de automação inteligente, 2013.

BAPTISTELLA, Marisa. **O uso de redes neurais e regressão linear múltipla na engenharia de avaliações:** Determinação dos valores venais de imóveis urbanos. Curitiba: Dissertação de Mestrado do PPGMNE/UFPR, 2005.

BRASIL. Lei nº 601, de 18 de Setembro de 1850. **Lei das Terras. Lex:** Coleção de Leis do Império do Brasil – 1850, Página 307 Vol. 1 pt. I .

CASTRO, Cássio M. S.. **Análise da utilização do geoprocessamento na administração municipal:** alcances e limitações dos programas governamentais de disseminação das geotecnologias. Salvador: Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana UFBA, 2009.

COSTA, Diógenes C.. **Diretrizes para Elaboração e Uso de Bases Cartográficas no Planejamento Municipal:** Urbano, Rural e Transportes. São Paulo: Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2001.

CRUZ, Cosme D.. CARNEIRO, Pedro C.S..**Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed.. Viçosa: UFV, 2006. v.2, 585p.

CRUZ, Cosme D. **GENES:** a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.35, n.3, 2013. p.271-276. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>>. Acesso em: 11 mai. 2015. doi: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251.

FIKER, José. **Avaliação de Terrenos e Imóveis Urbanos.** 2. ed.. São Paulo: Pini, 1985. 106p.

GONÇALVES, Rômulo P.. **Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos para cadastro técnico multifinalitário em municípios de pequeno e médio porte.** Viçosa: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil UFV, 2008.

GONZÁLEZ, Marco A. S.. **Aplicação de Técnicas de Descobrimto de Conhecimento em Base de Dados e de Inteligência Artificial em Avaliação de Imóveis.** Porto Alegre: Tese de Doutorado do PPGE/UFGRS, 2002.

HEIL, Jonilson. **Emprego da estatística multivariada como proposta para o cálculo do valor venal e tributação imobiliária**. Curitiba: Dissertação de Mestrado do PPGMNE/UFPR, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em:  
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.phplang=&codmun=431060&search=||infoogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>> Acesso em: 14 de abril 2015.

LIONS, Thiago V. Z.. **Avaliação de imóveis residenciais urbanos com tratamento por comparativos diretos de dados de mercado**. São Paulo: Trabalho de Conclusão de Curso/Universidade Anhembi Morumbi, 2009.

LOCH, Carlos. **Cadastro Técnico Multifinalitário – Rural e Urbano**. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis-SC, 1998.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa Nacional de capacitação das cidades. **Avaliação em massa de imóveis para fins fiscais**: Discussão, análise e identificação de soluções para problemas e casos práticos. Brasília, 2012. 114p.

MONTGOMERY, Douglas C.; PECK, Elizabeth A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley e Sons, 1982. 504 p.

PRUNZEL, Jaqueline, et al. **Importância da informação cadastral para a gestão municipal**. Congresso Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2014.

SILVA. MATTOS, Bruno. **Compra de imóveis**: aspectos jurídicos, cautelas devidas e análise de riscos. 4. ed.. São Paulo: Atlas, 2003.

SOUZA, Tadeu V..Aspectos estatísticos da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas. Lavras: Dissertação de Mestrado PPGEEA/UFLA, 2013.

STATSOFT. **Statistica 7.0 Software**. Tucksá, USA, 2005.

---