

**CONTRATAÇÃO DE EMPRESA PARA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO ESPECIALIZADO (I) LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO DIGITAL; (II) MAPEAMENTO MÓVEL TERRESTRE 360º; (III) GEORREFERENCIAMENTO DE PRÓPRIOS MUNICIPAIS; (IV) RECADASTRAMENTO TERRITORIALIMOBILIÁRIO DA ÁREA URBANA; (V) RECADASTRAMENTO TÉCNICO-COMERCIAL DO SAAE E (VI) IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS – SIGWEB APLICADO AO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MOGI MIRIM/SP**

**Contrato Nº: 092/2024**

**Inferência Estatística - Planta de Valores Genéricos**

## Sumário

1.	Introdução .....	3
2.	Processo Para Inferência Estatística.....	4
3.	Determinação Do Modelo .....	6
4.	Discussão Sobre Fatores Que Influenciam Na Valoração. ....	12
1.	Código De Face De Quadra .....	15
2.	Exemplos De Terrenos .....	16
3.	Referências .....	21

## Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama do processo de Inferência Estatística. ....	4
Figura 2 - Gráfico Q-Q Plot dos Resíduos. ....	8
Figura 3 - Histograma de Resíduos. ....	9
Figura 4 - Gráfico de Resíduos: Valores Previstos vs. Resíduos. ....	10
Figura 5 - Gráfico de Dispersão: Valores Previstos vs. Valores Reais. ....	11
Figura 6 - Valor unitário do m <sup>2</sup> do Terreno por Face de Quadra .....	14
Figura 7 - Exemplo 1 .....	16
Figura 8 - Exemplo 2.....	17
Figura 9 - Exemplo 3.....	18
Figura 10 - Exemplo 4.....	19
Figura 11- Exemplo 5.....	20

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Coeficientes de regressão analisados.....	7
Tabela 2 - Exemplo de Código de Face de Quadra. ....	15

## 1. INTRODUÇÃO

O procedimento de inferência estatística compreende o conjunto de técnicas destinadas à generalização de uma população ou fenômeno por meio da observação de evidências em relação a uma amostra do objeto de estudo em questão.

Por meio deste procedimento, busca-se: obter medidas representativas ou parâmetros que descrevem determinada população; testar hipótese e construir intervalos de confiança; determinar modelos capazes de expressar e, se necessário, extrapolar o comportamento das variáveis. Esta última finalidade citada é comumente referenciada por “modelos de regressão” ou simplesmente regressão estatística.

Dentre diferentes tipos, um modelo de regressão linear é genericamente dado por:

$$y = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n$$

sendo  $y$  a variável dependente, determinada por  $w_i$  e  $x_i$ , os coeficientes e variáveis preditoras do modelo, respectivamente.

No contexto das análises em avaliação imobiliária e construção de Plantas Genéricas de Valores, os modelos de regressão assumem papel fundamental. Torna-se possível determinar funções matemáticas, parametrizadas por variáveis relacionadas ao universo imobiliário, cujo resultado pode representar a valoração de um determinado local, os impostos devidos ou mesmo o valor de um imóvel segundo suas características construtivas.

Segundo Afonso et al. (2010), a utilização de modelos de regressão no âmbito imobiliário é uma tendência recente. Órgãos oficiais já incluem o uso dos modelos de regressão como ferramenta na análise de imóveis (IBAPE-SP, 2011; ABNT, 2011).

Em relação à análise do município de Mogi Mirim, colocando-o alinhado às tendências atuais de avaliação imobiliária, serão empregados modelos de regressão linear com finalidade de determinar uma expressão para a valoração da unidade de área.

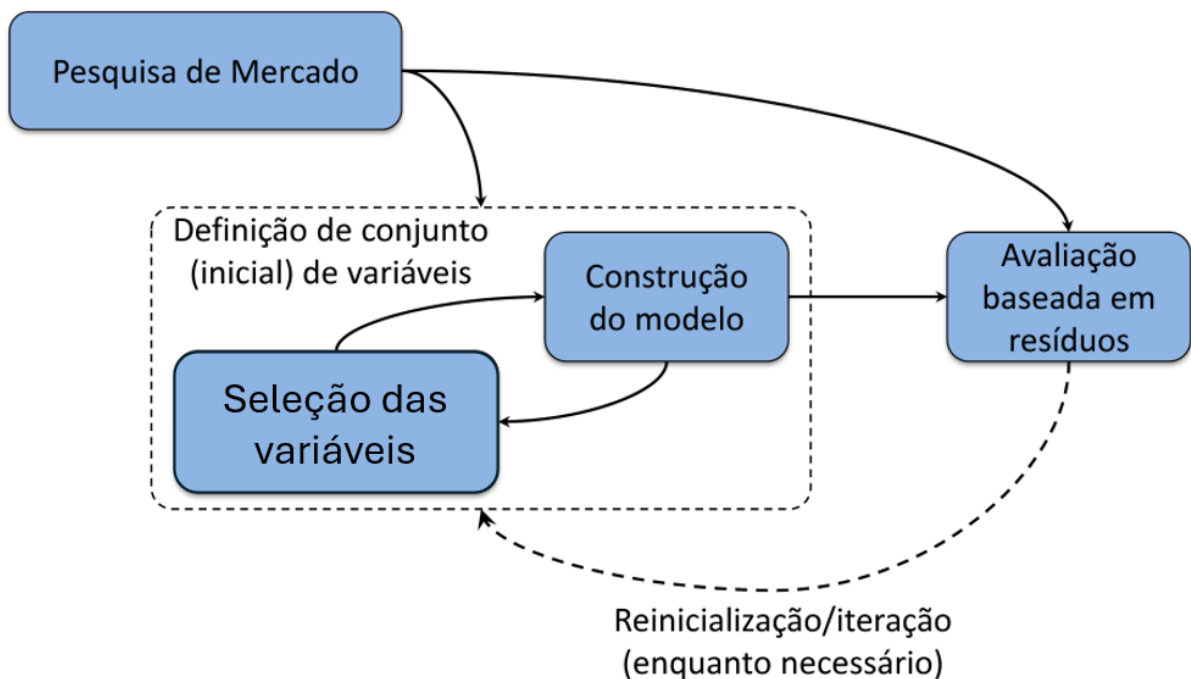
As análises e discussões que seguem conduzem a formulação deste modelo. Enquanto a Seção 2 exibe de forma breve um desenho geral do procedimento metodológico executado, a Seção 3 apresenta e discute os processos que levam a tal

modelo. A Seção 4 discute, com base no modelo obtido, os fatores que podem influenciar na valoração territorial diagnosticada para o município.

## 2. PROCESSO PARA INFERÊNCIA ESTATÍSTICA

O diagrama ilustrado na Figura 1 apresenta o procedimento que guia a determinação do modelo de inferência referente à valoração da unidade de área no município de Mogi Mirim.

Figura 1 - Diagrama do processo de Inferência Estatística.



As informações coletadas durante a pesquisa de mercado são utilizadas na composição de um conjunto de observações para uso no processo de inferência. Tal base contém inicialmente 105 elementos. Composto pelas amostras de imóveis não edificadas, cujo valor do metro quadrado é obtido pela divisão do valor de venda pela área do lote.

Cada elemento possui diferentes atributos, dentre os quais, após avaliações e testes preliminares, destaca-se:

- *Vm2T*: compreende a variável dependente para a qual será construído o modelo de regressão – dada em R\$ por unidade de área (metro quadrado) – é estimada através da razão entre o valor venal do terreno e sua área;

# CONSÓRCIO MOGIANO

- *zh\_1, zh\_2, zh\_3, zh\_4, zh\_6, zh\_7, zh\_8, zh\_9, zh\_10, zh\_11, zh\_12, zh\_13, zh\_14, zh\_15*: indicador de pertinência a uma quinze Zonas Homogêneas definidas sobre a malha urbana de Mogi Mirim, a qual indica 1 quando o imóvel pertence a zona em questão, ou 0 caso contrário;
- *area\_terreno*: compreende a área do terreno;
- *gleba*: indicador se o lote é uma gleba ou não;
- *dens\_imobiliaria*: indicador de densidade imobiliária, calculado a partir do método KDE (Kernel Density Estimator), e representa áreas com maior concentração de imóveis/adensamento da malha urbana;

Dentre as variáveis elencadas acima, a primeira delas corresponde à variável alvo que se deseja estimar. As demais (segunda até última) atuam como preditoras na construção do modelo em questão.

Como resultado, tende-se a obter um modelo capaz de descrever o comportamento da variável dependente. A verificação de aderência do modelo aos dados é usualmente expressa pelo coeficiente de determinação  $R^2$ . Caso necessário, o processo pode retornar a fase de seleção de variáveis preditoras. Ao realizar estas etapas iterativamente, será observado, em algum instante, um modelo de regressão capaz de proporcionar inferências acuradas.

## 3. DETERMINAÇÃO DO MODELO

Uma medida importante a respeito do modelo de inferência definido compreende a verificação dos respectivos resíduos de estimação gerados. Quando uma observação particular, usada na construção do modelo, apresenta resíduo de alta amplitude, tal observação pode ser indicada como anomalia. Sua observação e comparação com observações similares ajudam na confirmação do seu comportamento anômalo, e que conseqüentemente leva a sua remoção/desconsideração na construção do modelo.

Nesta análise, foi admitido como “resíduo de alta amplitude” os valores de resíduos em torno dos limites do intervalo  $[-3, +3]$ , o que pode ser entendido como a faixa próxima de  $-300$  a  $+300$  desvios padrões dos valores de resíduos (padronizados).

Como resultado do processo discutido, o modelo final alcançado é composto por parte das variáveis disponíveis, sendo este expresso por:

$$\begin{aligned} Vm^2T = & 394.0 + (area\_terreno * 0.023) + (gleba * -381.62) \\ & + (dens\_comercial * 59.10) + (dens\_imobilia * -1.69) \\ & + (dist\_alta\_tensao * -0.03) + (zona\_homogenea\_1 * -82.48) \\ & + (zona\_homogenea\_2 * 501.95) + (zona\_homogenea\_3 * -1.842.99) \\ & + (zona\_homogenea\_4 * -84.16) + (zona\_homogenea\_6 * 364.47) \\ & + (zona\_homogenea\_7 * 292.66) + (zona\_homogenea\_8 * -97.50) \\ & + (zona\_homogenea\_9 * 199.61) + (zona\_homogenea\_10 * 96.10) \\ & + (zona\_homogenea\_11 * -3.506.78) + (zona\_homogenea\_12 * -4.89) \\ & + (zona\_homogenea\_13 * 72.80) + (zona\_homogenea\_14 * 167.11) \\ & + (zona\_homogenea\_15 * NA) \end{aligned}$$

A Tabela acima apresenta valores usualmente adotados na avaliação geral de um modelo de regressão.

O RMSE (Root Mean Squared Error) é uma média que representa a raiz quadrada da média dos quadrados dos erros entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais da variável dependente. O RMSE é útil para avaliar a precisão das previsões do modelo. Ele indica quanto os valores previstos estão desviando dos valores reais. Quanto menor o valor do RMSE, melhor é o desempenho do modelo.

O MAE (Mean Absolute Error) é uma medida que representa a média dos valores absolutos dos erros entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais da variável dependente. O MAE é outra métrica de precisão do modelo. Ele é menos sensível a outliers em comparação com o RMSE. Assim como o RMSE, quanto menor o valor do MAE, melhor o desempenho do modelo.

Já o  $R^2$  (Coeficiente de Determinação) é uma medida estatística que indica a proporção da variabilidade da variável dependente que é explicada pelo modelo de regressão. Ele varia de 0% a 100%, sendo 100% o **melhor resultado possível**, indicando que o modelo explica toda variabilidade da variável dependente. Perante as variáveis consideradas, o coeficiente  $R^2$ , aponta para um ajuste em torno de **71%**, o que caracteriza a tendência de correlação entre os valores observados e estimados.

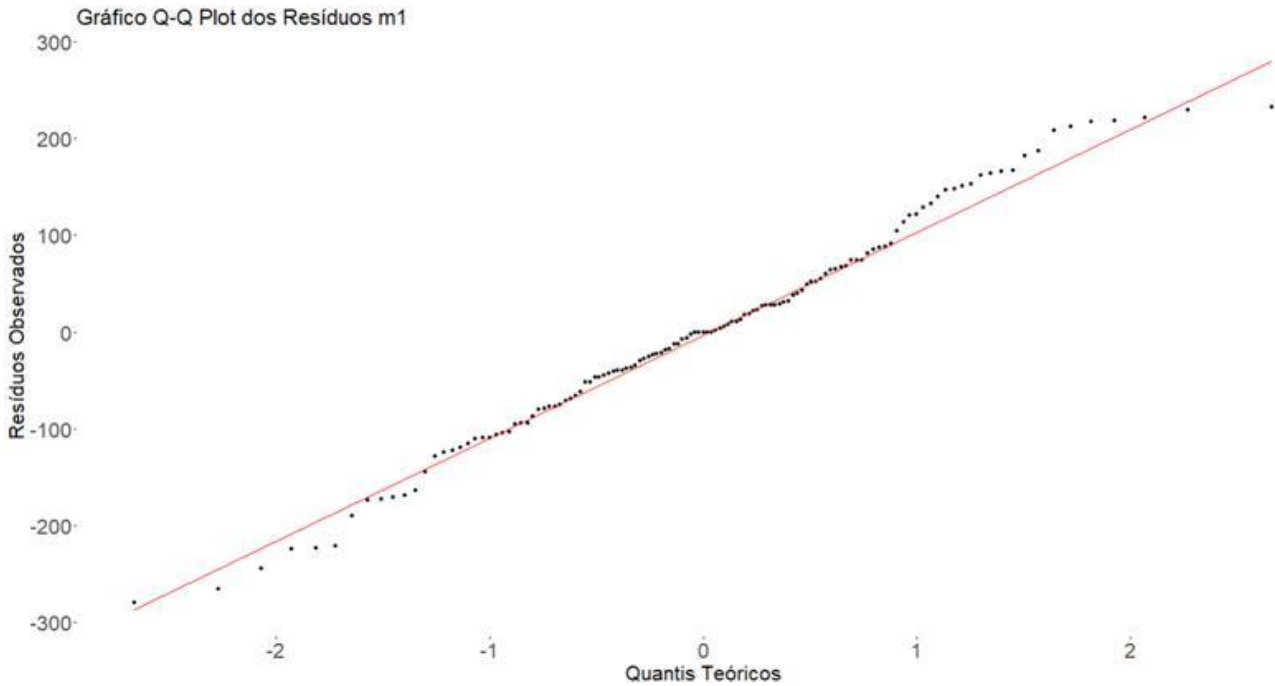
*Tabela 1- Coeficientes de regressão analisados.*

$R^2$	RMSE	MAE
71%	112	87

As próximas figuras ilustram uma visão geral sobre os resíduos observados no ajuste do modelo. O Gráfico Q-Q Plot (

Figura 2) compara os quantis dos resíduos com os quantis de uma distribuição normal. Devido ao fato de os resíduos seguirem uma distribuição normal, os pontos no gráfico Q-Q plot se aproximam da linha diagonal.

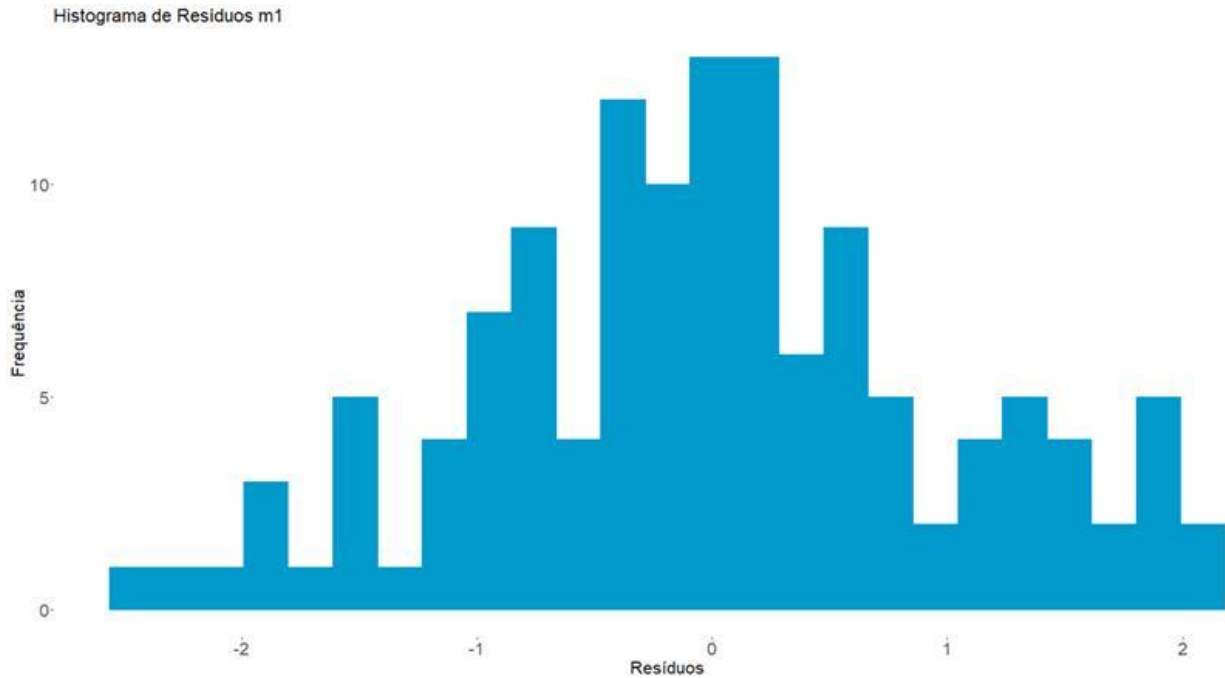
Figura 2 - Gráfico Q-Q Plot dos Resíduos.



Já com o Histograma de Resíduos (

Figura 3) é possível observar que os resíduos estão normalmente distribuídos em torno de zero. Ambos os gráficos indicam a inexistência de altas frequências de discrepância de ajuste.

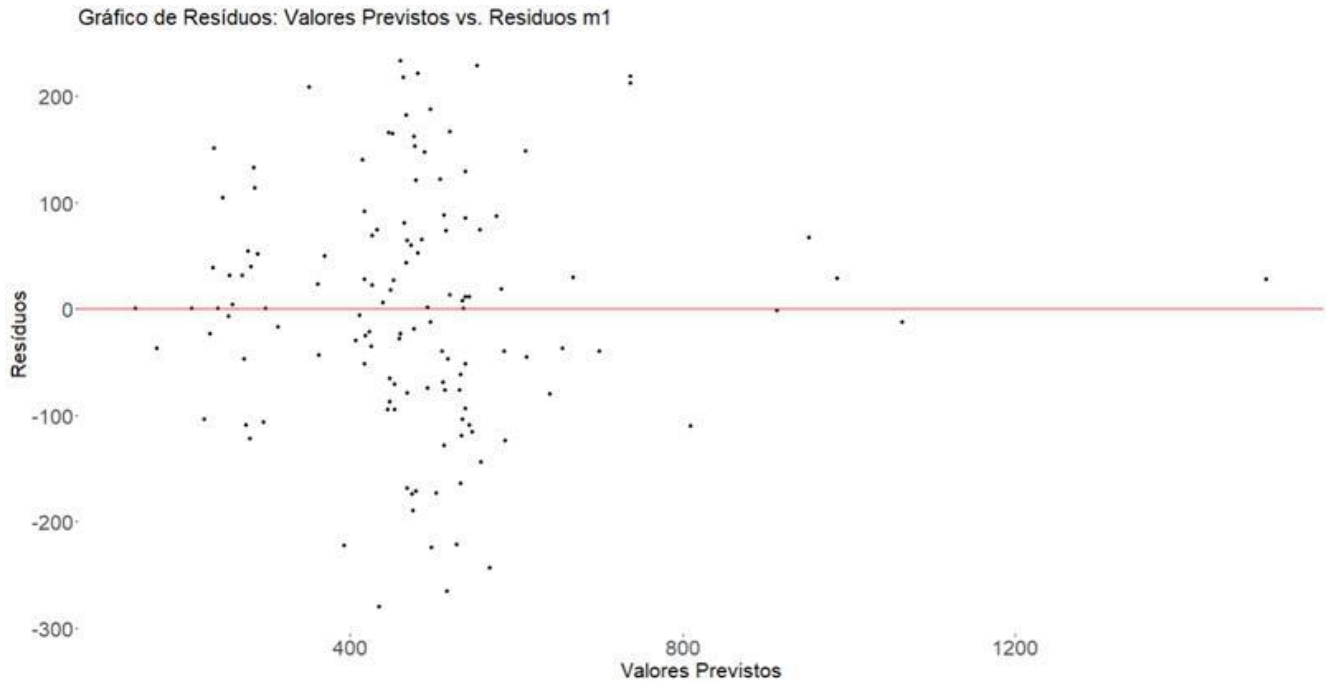
Figura 3 - Histograma de Resíduos.



Com o gráfico “Valores previstos vs. Resíduos” (

Figura 4) é possível validar que os resíduos do modelo (diferença entre os valores reais e previstos) estão distribuídos aleatoriamente em torno de zero o que indica pouca tendência nos resíduos em função do valor retornado pelo modelo.

Figura 4 - Gráfico de Resíduos: Valores Previstos vs. Resíduos.

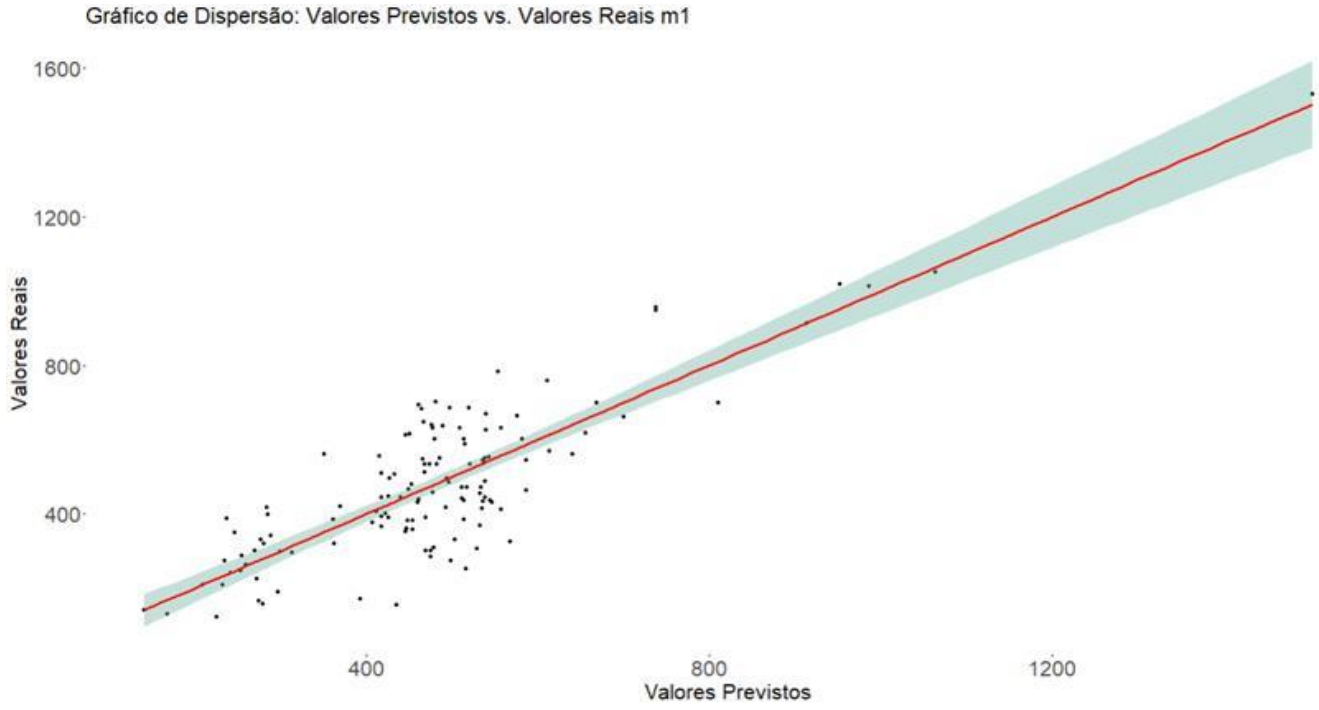


Com intuito de exibir a tendência de predição do modelo ajustado, o Gráfico de Dispersão (

Figura 5) mostra a relação linear entre valores observados e estimados, corroborando assim os coeficientes de ajuste já discutidos (Tabela 1).

# CONSÓRCIO MOGIANO

Figura 5 - Gráfico de Dispersão: Valores Previstos vs. Valores Reais.



## 4. DISCUSSÃO SOBRE FATORES QUE INFLUENCIAM NA VALORAÇÃO.

O modelo de regressão obtido, conforme expresso na Equação 1, determina o valor da unidade do terreno ( $Vm^2T$ ) através das variáveis preditoras:

- *area\_terreno*, *gleba*
- *dist\_alta\_tensao*
- *zona\_homogenea\_1*
- *zona\_homogenea\_3*
- *zona\_homogenea\_6*
- *zona\_homogenea\_8*
- *zona\_homogenea\_10*
- *zona\_homogenea\_12*
- *zona\_homogenea\_14*
- *dens\_imobiliaria*
- *desn\_comercial*
- *zona\_homogenea\_2*
- *zona\_homogenea\_4*
- *zona\_homogenea\_7*
- *zona\_homogenea\_9*
- *zona\_homogenea\_11*
- *zona\_homogenea\_13*
- *zona\_homogenea\_15*

O processo de escolha destas variáveis é pautado pela aplicação de técnicas e testes estatísticos conhecidos para determinação dos fatores que influem na valoração da unidade de área.

$$\begin{aligned}Vm^2T = & 394.0 + (area\_terreno * 0.023) + (gleba * -381.62) \\ & + (dens\_comercial * 59.10) + (dens\_imobilia * -1.69) \\ & + (dist\_alta\_tensao * -0.03) + (zona\_homogenea\_1 * -82.48) \\ & + (zona\_homogenea\_2 * 501.95) + (zona\_homogenea\_3 * -1.842.99) \\ & + (zona\_homogenea\_4 * -84.16) + (zona\_homogenea\_6 * 364.47)\end{aligned}$$

# CONSÓRCIO MOGIANO

$$+ (zona\_homogenea\_7 * 292.66) + (zona\_homogenea\_8 * -97.50)$$

$$+ (zona\_homogenea\_9 * 199.61) + (zona\_homogenea\_10 * 96.10)$$

$$+ (zona\_homogenea\_11 * -3.506.78) + (zona\_homogenea\_12 * -4.89)$$

$$+ (zona\_homogenea\_13 * 72.80) + (zona\_homogenea\_14 * 167.11)$$

$$+ (zona\_homogenea\_15 * NA)$$

Inicialmente, verifica-se que o valor médio de R\$394,0 (i.e., coeficiente linear) é aplicado a todo o município, que por sua vez pode aumentar ou diminuir em função das características locais. Foram identificadas como variáveis proporcionais, a dens\_comercial, área\_terreno, zona\_homogenea\_2, zona\_homogenea\_6, zona\_homogenea\_7, zona\_homogenea\_9, zona\_homogenea\_10, zona\_homogenea\_13 e zona\_homogenea\_14 uma vez que os coeficientes associados assumem valores positivos entre R\$0,023 e R\$501.95. Em contrapartida, os coeficientes associados às variáveis, gleba, dens\_imobiliaria, dist\_alta\_tensao, zona\_homogenea\_1, zona\_homogenea\_3, zona\_homogenea\_4, zona\_homogenea\_8, zona\_homogenea\_11, zona\_homogenea\_12 e zona\_homogenea\_15 apontam para desvalorização, variando de - R\$ 0,03 até - R\$ 3.506.78.

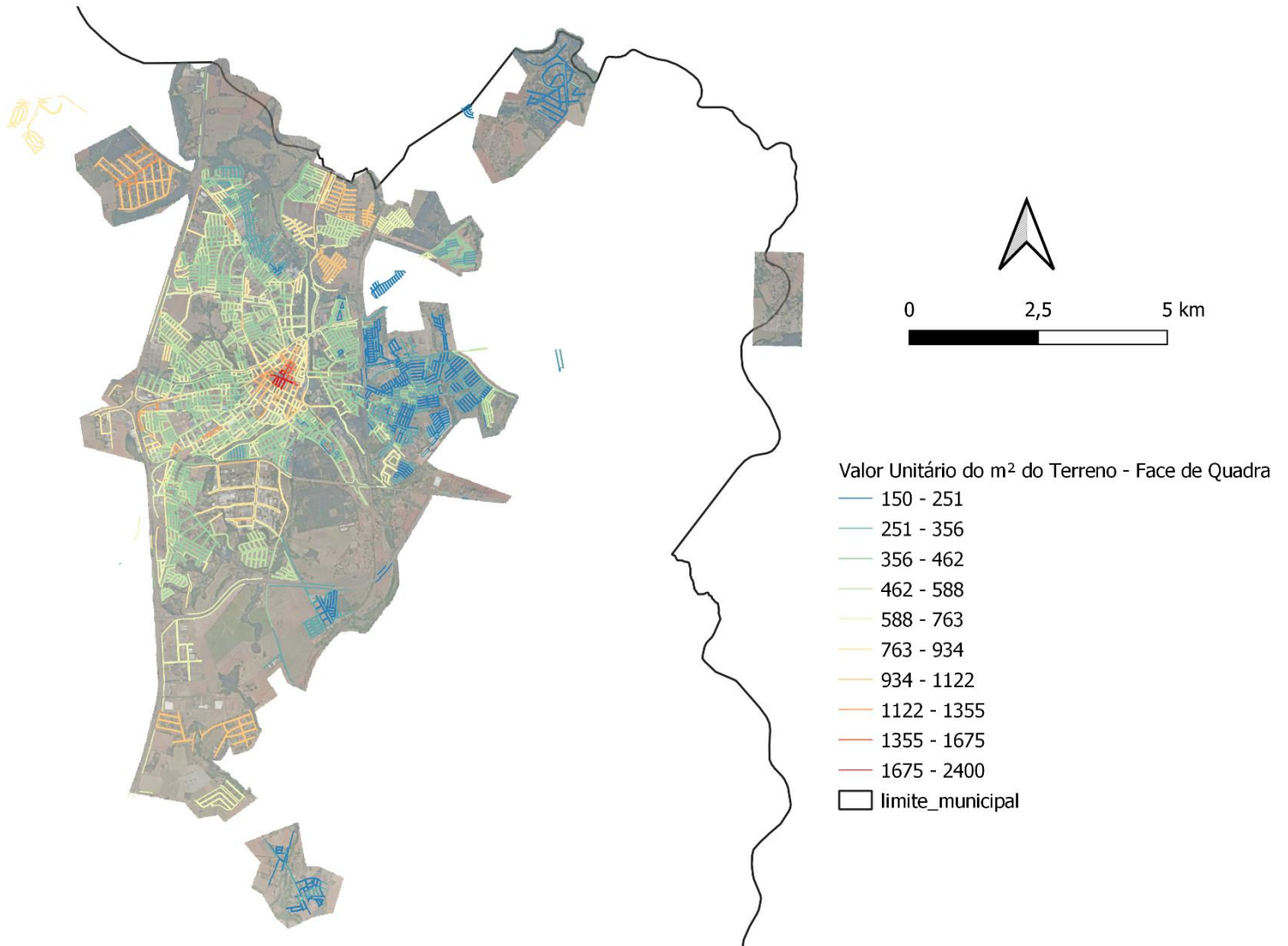
Ademais, cabe destacar que a Zona Homogênea 2, se destaca como um grande fator de valorização no município. A variável associada à maior desvalorização da unidade é a Zona Homogênea 11.

Para uma melhor distribuição dos valores, alguns ajustes foram realizados. Para os ajustes foi considerado as Zonas Homogêneas e a pesquisa de mercado realizada anteriormente.

Os valores unitários do metro quadrado obtidos e ajustados conforme o modelo de inferência está representado na (Figura 6), também será publicado para consulta nos perfis PVG e PVG – ADM do Sistema Geopixel Cidades do município de Mogi Mirim/ SP e poderão ser validados pela comissão técnica avaliadora quanto a sua aderência a realidade municipal.

# CONSÓRCIO MOGIANO

Figura 6 - Valor unitário do m<sup>2</sup> do Terreno por Face de Quadra



## 1. CÓDIGO DE FACE DE QUADRA

Atualmente o município de Mogi Mirim utiliza a divisão por zonas em sua planta genérica de valores, onde cada zona apresenta um respectivo valor unitário de metro quadrado de terreno. Conforme alinhado com a Prefeitura a proposta da geopixel é a aplicação dos valores unitários de metro quadrado de terreno em faces de quadra, a fim de representar de forma mais detalhada a realidade dos valores do município. Para isso foi analisado como seria feito o Código de Face de Quadra e como correlacionar com o cadastro imobiliário. A partir de uma base prévia de face de quadra da Aerocarta foi validado que já era utilizado um código da face de quadra, que era:

**Código de Face de Quadra = Código da Quadra + Código do Logradouro + Face**

Os códigos utilizados para a criação do código de face de quadra constam no cadastro imobiliário então foi possível seguir dessa forma e aproveitar a base que a Aerocarta produziu anteriormente.

Tabela 2 - Exemplo de Código de Face de Quadra.

Código Face de Quadra			
Código Quadra	Código Logradouro	Face	Código Face de Quadra
531480	20	01	<b>5314802001</b>
531480	224	03	<b>53148022403</b>
531187	291	03	<b>53118729103</b>
531250	510	03	<b>53125051003</b>

## 2. EXEMPLOS DE TERRENOS

Para tornar a atualização da Planta de Valores Genéricos de Mogi Mirim mais visível, a seguir serão apresentados alguns imóveis do tipo Terreno.

Esses exemplos são de amostras coletas durante a etapa de Pesquisa de Mercado e tem como objetivo comparar os Valores Venais praticados, propostos e do anúncio.

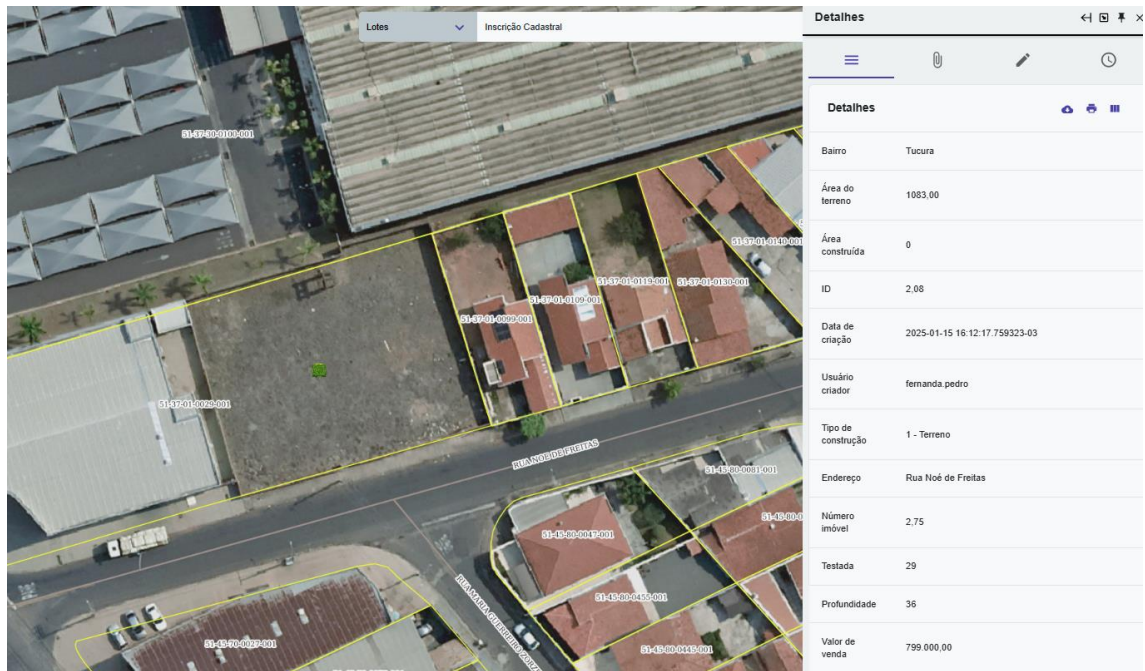
Figura 7 - Exemplo 1



A partir dessa amostra de pesquisa de mercado simulamos quanto sairia o valor venal desse terreno aplicando o valor de metro quadrado de terreno proposto por face de quadra.

<b>Inscrição Imobiliária: 51-47-19-0105-001</b>	
<b>Novo Valor do m<sup>2</sup> da Face de Quadra: R\$ 550,00</b>	
Valor Anunciado	R\$ 170.000,00
Valor do m <sup>2</sup> Atual (Zona PGV 25)	R\$ 173,87
Valor Venal Atual	R\$ 52.161,00
Valor Venal Proposto	R\$ 165.000,00

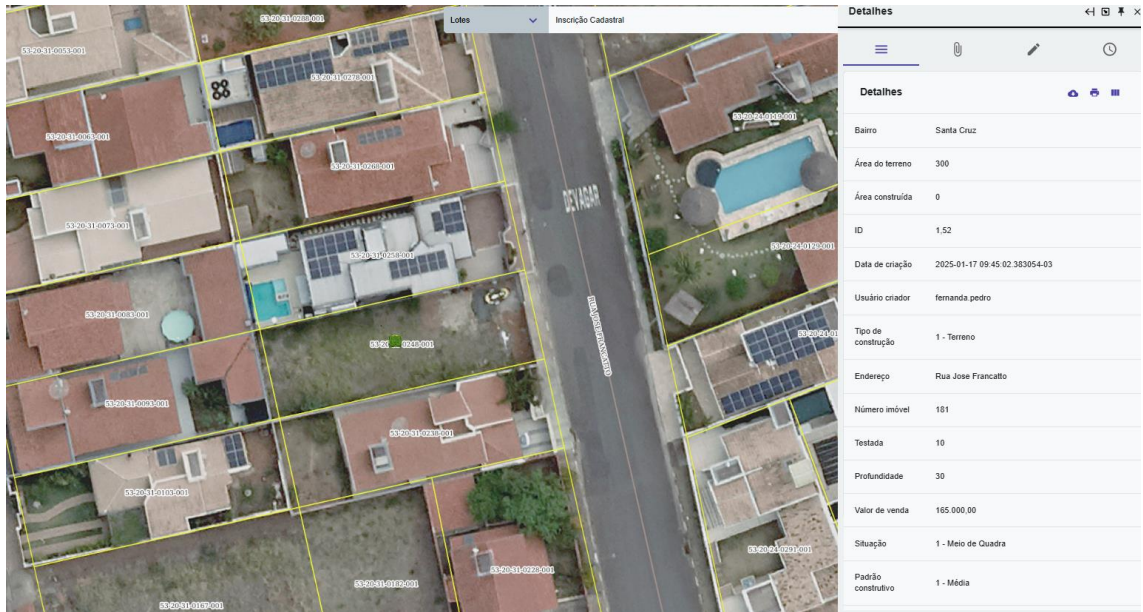
Figura 8 - Exemplo 2



A partir dessa amostra de pesquisa de mercado simulamos quanto sairia o valor venal desse terreno aplicando o valor de metro quadrado de terreno proposto por face de quadra.

Inscrição Imobiliária: 51-37-01-0029-001	
Novo Valor do m <sup>2</sup> da Face de Quadra: R\$ 718,00	
Valor Anunciado	R\$ 799.000,00
Valor do m <sup>2</sup> Atual (Zona PGV 27)	R\$ 161,54
Valor Venal Atual	R\$ 235.182,21
Valor Venal Proposto	R\$ 777.594,00

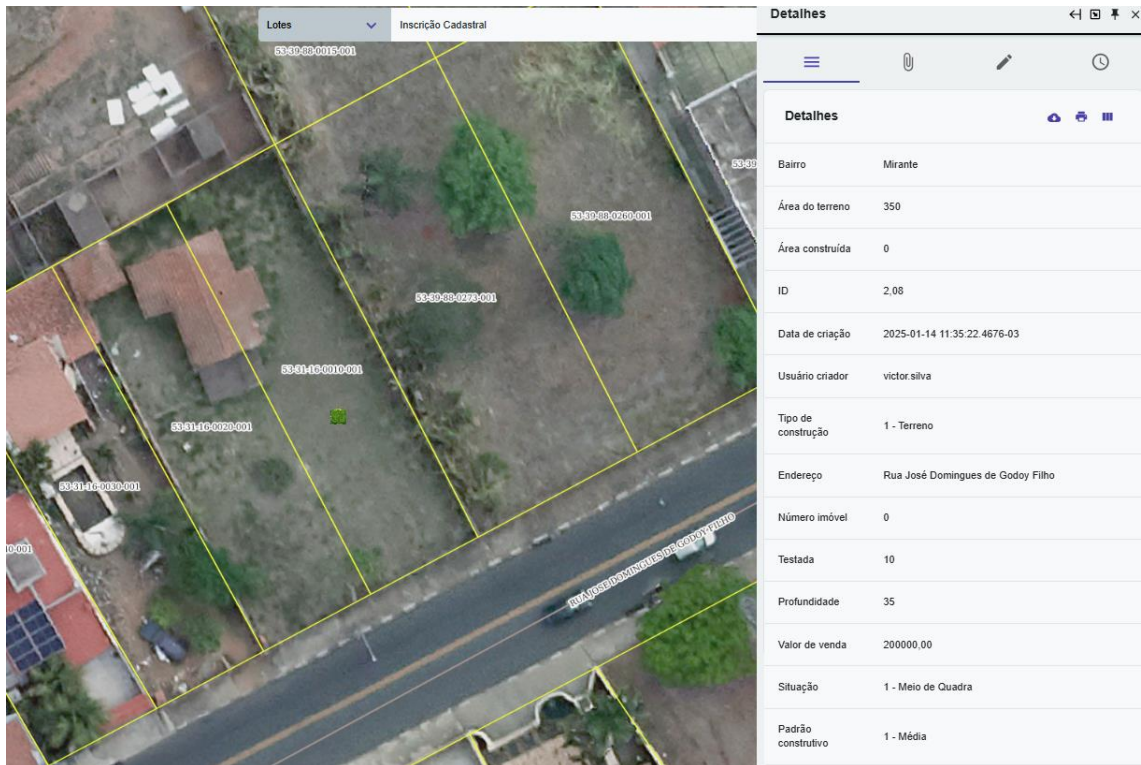
Figura 9 - Exemplo 3



A partir dessa amostra de pesquisa de mercado simulamos quanto sairia o valor venal desse terreno aplicando o valor de metro quadrado de terreno proposto por face de quadra.

<b>Inscrição Imobiliária: 53-20-31-0248-001</b>	
<b>Novo Valor do m<sup>2</sup> da Face de Quadra: R\$ 510,00</b>	
Valor Anunciado	R\$ 165.000,00
Valor do m <sup>2</sup> Atual (Zona PGV 28)	R\$ 155,81
Valor Venal Atual	R\$ 46.743,00
Valor Venal Proposto	R\$ 153.000,00

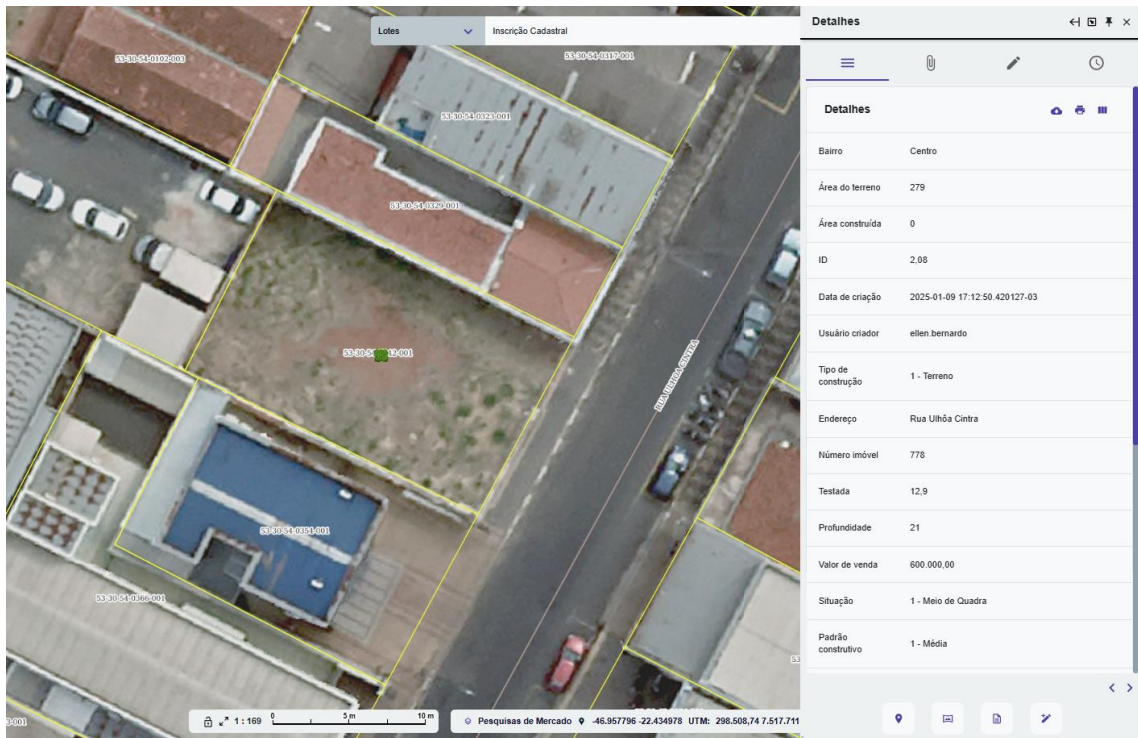
Figura 10 - Exemplo 4



A partir dessa amostra de pesquisa de mercado simulamos quanto sairia o valor venal desse terreno aplicando o valor de metro quadrado de terreno proposto por face de quadra.

Inscrição Imobiliária: 53-31-16-0010-001	
Novo Valor do m <sup>2</sup> da Face de Quadra: R\$ 510,00	
Valor Anunciado	R\$ 200.000,00
Valor do m <sup>2</sup> Atual (Zona PGV 23)	R\$ 191,96
Valor Venal Atual	R\$ 67.186,00
Valor Venal Proposto	R\$ 178.500,00

Figura 11- Exemplo 5



A partir dessa amostra de pesquisa de mercado simulamos quanto sairia o valor venal desse terreno aplicando o valor de metro quadrado de terreno proposto por face de quadra.

<b>Inscrição Imobiliária: 53-30-54-0342-001</b>	
<b>Novo Valor do m<sup>2</sup> da Face de Quadra: R\$ 1.850,00</b>	
Valor Anunciado	R\$ 600.000,00
Valor do m <sup>2</sup> Atual (Zona PGV 11)	R\$ 453,88
Valor Venal Atual	R\$ 126.632,52
Valor Venal Proposto	R\$ 516.150,00

### 3. REFERÊNCIAS

Faria, Reynaldo Furtado; Brito, Jorge Luís Silva; Gonçalves, Rosiane Maria Lima. Modelos estatísticos para geração de plantas de valores genéricos em áreas urbanas. *Gestão & Produção*, v. 24, p. 279-294, 2016.

IBAPE-SP, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo. Norma para avaliação de imóveis urbanos, 2011.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Avaliação de bens – Parte 2: Imóveis urbanos (ABNT NBR 14653-2), 2011.

Montgomery, Douglas C.; Peck, Elizabeth A.; Vining, G. Geoffrey. *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons, 1992.

Witten, Daniela; James, Gareth. *An introduction to statistical learning with applications in R*. springer publication, 2013.