

MÉTODO DAS VARIÁVEIS: PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM NOVO MODELO PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS COM BASE NA TEORIA DOS PREÇOS HEDÔNICOS

Trabalho de Avaliação

JOSÉ ANTONIEL CAMPOS FEITOSA

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



MÉTODO DAS VARIÁVEIS: PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM NOVO MODELO PARA AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS COM BASE NA TEORIA DOS PREÇOS HEDÔNICOS

RESUMO

Este estudo apresenta e valida o “Método das Variáveis”, uma abordagem quantitativa inovadora para avaliação técnica de imóveis fundamentada na teoria dos preços hedônicos. O objetivo central foi quantificar objetivamente a contribuição de cada atributo para o valor de mercado, superando limitações de métodos tradicionais como a regressão linear. A pesquisa, de natureza quantitativa, descritiva e aplicada, envolveu revisão bibliográfica, modelagem estatística e aplicação em 15 estudos de caso com imóveis de diferentes tipologias do mercado brasileiro. O método propõe ajustes baseados em monotonicidade, normalização de variáveis e ponderação empírica via fator gaussiano, integrando vetores de atributos e preços de mercado, com rigoroso saneamento amostral. Embora os testes estatísticos tenham apontado equivalência prática entre as abordagens, os resultados indicam que o novo método apresenta desempenho moderadamente superior ao da regressão linear, com maior aderência e precisão, sobretudo em amostras restritas ou heterogêneas. Conclui-se que o Método das Variáveis amplia a robustez, a transparência e a aplicabilidade das avaliações imobiliárias, sendo especialmente vantajoso em contextos de alta variabilidade e carência de dados homogêneos, cenário recorrente em avaliação de imóveis no Brasil. Os achados contribuem para o avanço teórico e prático da Engenharia de Avaliações, recomendando-se novas aplicações em diferentes cenários.

Palavras-chave: ***Preços hedônicos; Avaliação de imóveis; Método das Variáveis; Regressão linear; Ponderação empírica.***

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. DESENVOLVIMENTO.....	4
2.1 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.2 METODOLOGIA.....	7
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
2.4 MÉTODO PROPOSTO (MÉTODO DAS VARIÁVEIS).....	8
2.4.1 Justificativa dos procedimentos metodológicos adotados	13
2.4.2 Análise qualitativa	16
2.5 ESTUDO DE CASO	18
3. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS	22
APÊNDICE (15 Amostras)	24

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. INTRODUÇÃO

A avaliação técnica de imóveis ocupa papel central na Engenharia de Avaliações, pois decisões sobre alienação, aquisição, desapropriação, locação e regularização fundiária dependem de métodos avaliativos precisos, transparentes e replicáveis. A busca por práticas que garantam segurança jurídica e justiça nas transações torna essencial o aprimoramento das metodologias, especialmente diante da crescente complexidade e heterogeneidade do mercado imobiliário brasileiro.

Neste cenário, o presente estudo insere-se no campo da Engenharia, tendo como tema a avaliação técnica de imóveis. O foco está no desafio de quantificar, de forma objetiva, a contribuição dos atributos na formação do valor de mercado — isto é, como cada característica relevante influencia o preço final do imóvel. O recorte geográfico contempla o Brasil, abrangendo imóveis residenciais urbanos, rurais e comerciais, de modo a refletir a diversidade do mercado nacional.

Do ponto de vista teórico, a Teoria dos Preços Hedônicos (TPH) é o principal fundamento para compreender a formação do valor de mercado a partir da combinação dos atributos dos bens. Nessa abordagem, compradores e vendedores buscam maximizar atributos considerados relevantes, como área construída, padrão de acabamento e localização, dentro de restrições orçamentárias. O preço de mercado reflete preferências e possibilidades de combinação das características disponíveis. Assim, quantificar a influência de cada atributo no valor final do imóvel torna-se essencial para decisões fundamentadas.

No entanto, verifica-se que as abordagens metodológicas predominantes, como a regressão linear clássica, apresentam limitações importantes. Restrições como multicolinearidade, heterocedasticidade e a influência de variáveis não observadas dificultam avaliações robustas, impactando negativamente decisões judiciais, financeiras, fiscais e urbanísticas (MALPEZZI, 2002; SHEPPARD, 1999; FOLLAIN & JIMENEZ, 1985).

Nesse contexto, define-se o problema de pesquisa: como quantificar objetivamente a contribuição das variáveis de um imóvel na composição de seu valor de mercado? A complexidade da questão reside na multiplicidade de atributos, interdependência entre variáveis e heterogeneidade dos mercados analisados. Identificar com precisão o peso de cada característica é fundamental para decisões transparentes e eficazes em operações de compra, venda e locação, especialmente em ambientes de alta variabilidade de preços e padrões construtivos.

A hipótese de pesquisa é de que a adoção de um modelo quantitativo, fundamentado na teoria dos preços hedônicos e baseado na variabilidade dos atributos dos imóveis, permite quantificar de forma objetiva e precisa a contribuição de cada variável na formação do valor de mercado dos imóveis. Com isso, acredita-se ser possível superar as limitações dos métodos convencionais, ampliando o rigor e a confiabilidade das avaliações.

O objetivo geral do estudo é apresentar e validar um novo modelo de avaliação de imóveis que permita quantificar com precisão a influência dos atributos constitutivos dos bens, analisando seu desempenho em comparação com abordagens tradicionais, como a regressão linear. Os objetivos específicos incluem: 1) descrever detalhadamente a proposta metodológica do novo modelo, abordando fundamentação

teórica e critérios de quantificação; 2) apresentar um novo modelo de saneamento da amostra, incluindo o imóvel avaliando; e 3) aplicar o modelo proposto em estudos de caso, comparando-o com métodos tradicionais.

A justificativa da pesquisa reside na necessidade de métodos avaliativos mais eficazes, capazes de responder à heterogeneidade e complexidade do mercado imobiliário brasileiro. Ao propor e validar o “Método das Variáveis”, o estudo contribui para o avanço científico e oferece uma alternativa inovadora que dialoga com a literatura e supera limitações metodológicas identificadas.

Além da contribuição teórica, o aprimoramento metodológico possui impacto prático e social, ao fornecer instrumentos mais precisos para peritos e profissionais do setor, fortalecendo a segurança e confiabilidade das avaliações imobiliárias.

Por fim, os resultados têm potencial para transformar práticas profissionais, qualificar a governança pública e fortalecer a segurança jurídica em avaliações na esfera pública e privada, contribuindo diretamente para o avanço da Engenharia de Avaliações no Brasil.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O avanço de métodos robustos para avaliação técnica de imóveis está diretamente relacionado à evolução do conhecimento sobre a formação dos valores de mercado a partir dos atributos dos bens. Nas últimas décadas, a teoria dos preços hedônicos consolidou-se como principal referência, superando abordagens tradicionais. Esta revisão aborda três eixos: fundamentos teóricos e evolução da teoria dos preços hedônicos; aplicações práticas e limitações da regressão linear, inclusive com inovações em machine learning; e avanços em avaliação multicritério, destacando o fator gaussiano. Esses eixos sustentam a proposição e validação do Método das Variáveis, foco deste estudo.

1. Fundamentos Teóricos e Evolução dos Preços Hedônicos

A origem da avaliação por atributos está fundamentada na ruptura com a teoria convencional do consumidor, conforme proposta por Lancaster (1966), que desloca o foco da utilidade do bem em si para as características que o compõem. Segundo o autor, “a principal novidade técnica está em romper com a abordagem tradicional de que os bens são os objetos diretos de utilidade e, em vez disso, supor que são as propriedades ou características dos bens das quais a utilidade é derivada” (LANCASTER, 1966, p. 3). Essa abordagem torna possível compreender e prever o comportamento do consumidor e do mercado de forma mais aderente à realidade, especialmente em ambientes com alta heterogeneidade, como o imobiliário (LANCASTER, 1966).

Na esteira desse paradigma, Rosen (1974) consolida a Teoria dos Preços Hedônicos (TPH), ao afirmar que:

preços hedônicos são definidos como os preços implícitos dos atributos e são revelados aos agentes econômicos a partir dos preços observados dos produtos diferenciados e das quantidades específicas de características associadas a eles.
(ROSEN, 1974, p. 34).

A estrutura lógica de Rosen demonstra que a análise baseada em características permite quantificar de forma empírica o impacto de cada atributo no valor final do bem, sendo inadequado, segundo o próprio autor, “impor muitas restrições a priori” quanto à linearidade da função de preços, dada a complexidade dos mercados reais (ROSEN, 1974, p. 37).

Entre os métodos de avaliação de bens no mercado imobiliário, a Análise de Regressão Clássica destaca-se no contexto da Teoria dos Preços Hedônicos (TPH). No Brasil, seu uso remonta a 1974, com o artigo pioneiro de Domingos de Saboya Barbosa Filho, no I Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações, ao aplicar a metodologia científica na avaliação de uma gleba para a Petrobras (Barbosa Filho, 1974). Nesse mesmo ano, o IBAPE publicou “Engenharia de Avaliações”, em que Ney Fernando Perracini de Azevedo exemplifica a aplicação da regressão linear para estimar o preço unitário de terrenos, utilizando a distância a um polo valorizante como variável explicativa (Azevedo, 1974).

Dantas e Cordeiro (1988) propuseram uma nova metodologia científica para avaliação de imóveis, empregando modelos lineares generalizados sobre uma amostra de 50 lotes urbanos no Recife, considerando atributos como testada, profundidade, nível de urbanização, localização, natureza do evento e data da ocorrência. Ferreira Neto (2002), ao aplicar modelos de preços hedônicos no mercado do Rio de Janeiro, utilizou variáveis como tamanho do imóvel, segurança, infraestrutura e facilidades, validando seu modelo por meio do Erro Quadrático Médio e Erro Absoluto Médio. Fávero (2005) reforça a centralidade dos modelos hedônicos na avaliação imobiliária ao analisar a influência dos “pacotes de atributos” na precificação de imóveis na Região Metropolitana de São Paulo.

A contribuição desses trabalhos é fundamental para legitimar metodologias que buscam decompor o valor dos imóveis a partir da quantificação objetiva dos atributos, aspecto central para a proposta do Método das Variáveis.

2. Aplicações Práticas e Limitações da Regressão Linear nos Modelos Hedônicos

A literatura aplicada sobre modelos hedônicos enfatiza tanto a utilidade desses métodos quanto suas limitações, principalmente em relação à regressão linear como técnica predominante. Esses tensionamentos estão presentes em autores como Abido e Chan (2018), que destacam “a imprecisão na avaliação de propriedades é um problema global”, muitas vezes derivada do uso de métodos tradicionais como o modelo de preços hedônicos (HPM), que, apesar da aceitação generalizada, “não consegue capturar efetivamente a relação não linear entre valores das propriedades e seus atributos” (ABIDOYE; CHAN, 2018, p. 38). Os autores evidenciam que técnicas alternativas, como redes neurais artificiais, superam a HPM em termos de acurácia, sugerindo que inovações quantitativas podem elevar o rigor avaliativo.

Dahal et al. (2019) aplicaram o modelo hedônico para estimar o valor de amenidades ambientais, como proximidade de frentes d’água, ressaltando a necessidade de considerar múltiplos atributos e destacando desafios metodológicos, como heterocedasticidade e multicolinearidade, que exigem avanços para captar relações complexas entre atributos e valores de mercado. Randeniya et al. (2017) observaram que apenas parte dos atributos se mostra estatisticamente relevante,

indicando a importância da seleção criteriosa de variáveis. Aladwan e Ahamad (2019) defenderam a integração com ferramentas GIS e métodos de regressão local, apontando a subjetividade dos métodos tradicionais. Potrawa e Tetereva (2022) sugerem o uso de machine learning para superar limitações dos modelos lineares tradicionais.

Follain e Jimenez (1985) evidenciam que modelos hedônicos e de escolha discreta produzem resultados divergentes na estimação da demanda por características habitacionais, devido a problemas na seleção de variáveis, especificação funcional e qualidade dos dados. Recomendam cautela na interpretação dos resultados e destacam a necessidade de aprimoramentos metodológicos para avaliações mais precisas em mercados heterogêneos.

Sheppard (1999) destaca que a principal dificuldade na avaliação imobiliária reside na heterogeneidade dos imóveis, o que dificulta comparações diretas entre diferentes localidades e épocas. A abordagem hedônica enfrenta essa dificuldade ao afirmar que esses bens, embora globalmente heterogêneos, são compostos por agregados de partes mais ou menos homogêneas e, enquanto o conjunto agregado pode não ter um preço comum, os atributos componentes possuem (ou ao menos uma estrutura de preços comum).

Malpezzi (2002) contribui ao discutir a indefinição teórica sobre a forma funcional dos modelos hedônicos, apontando que a escolha entre modelos lineares e semi-logarítmicos impacta diretamente a capacidade de captar as relações entre atributos e valor. O autor destaca que o modelo semi-logarítmico oferece maior flexibilidade ao refletir a variação proporcional dos atributos conforme o perfil do imóvel. Sua análise evidencia a necessidade de decisões metodológicas fundamentadas na aderência ao comportamento real do mercado, aprimorando a confiabilidade dos resultados.

No Brasil, Iglori et al. (2022) destacam que os modelos de preços hedônicos são amplamente utilizados para captar os efeitos de regulações urbanísticas nos valores imobiliários, apesar da variabilidade dos resultados conforme o contexto. Paixão e Luporini (2020) reforçam a superioridade metodológica desse modelo para estimar índices de preços imobiliários, especialmente por controlar múltiplos atributos e se adaptar à baixa rotatividade do mercado.

Portanto, a literatura aplicada aponta tanto os avanços quanto as limitações dos modelos tradicionais, fundamentando a busca por abordagens inovadoras e metodologicamente mais rigorosas para a avaliação técnica de imóveis.

3. Abordagens Inovadoras em Avaliação Multicritério e o Uso do Fator Gaussiano

Santos, Costa e Gomes (2021, 2022) contribuem para a avaliação multicritério ao introduzirem o fator gaussiano como métrica objetiva para a ponderação de atributos. No âmbito do Analytic Hierarchy Process (AHP), Santos et al. (2021) mostram que o fator gaussiano, definido pela razão entre desvio padrão e média dos atributos, possibilita calcular pesos e ordenar alternativas sem comparações pareadas, tornando o processo mais rápido, flexível e confiável. Em continuidade, Santos et al. (2022) propõem o AHP Gaussiano, que elimina a necessidade dessas comparações e aumenta a confiabilidade dos rankings ao utilizar desvios-padrão e médias dos escores. Essas inovações promovem maior objetividade, reprodutibilidade

e transparência, consolidando-se como alternativas promissoras diante das limitações dos modelos tradicionais de avaliação imobiliária.

2.2 METODOLOGIA

A pesquisa adotou abordagem quantitativa, descritiva e explicativa, com o objetivo de propor e validar um novo modelo de avaliação de imóveis fundamentado na teoria dos preços hedônicos. O método incluiu três etapas principais: (i) revisão sistemática da literatura nacional e internacional sobre modelos hedônicos; (ii) estudo de casos práticos envolvendo diferentes tipologias de imóveis do mercado brasileiro, selecionados pela representatividade e qualidade dos dados; e (iii) formulação, teste e validação do Método das Variáveis, comparado à regressão linear tradicional. A população-alvo compreendeu imóveis ofertados e negociados entre 2020 e 2024, e a amostra foi selecionada segundo critérios de acessibilidade e completude das informações. Os dados foram coletados em bases secundárias e complementados por fontes primárias quando necessário. As análises envolveram correlação entre variáveis, normalização, tratamento de outliers, testes estatísticos e modelagem comparativa de desempenho. Reconhece-se como limitações potenciais a dependência da qualidade dos dados, a seleção de atributos e possíveis vieses amostrais.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta revisão da literatura evidenciam a consolidação da teoria dos atributos e da teoria dos preços hedônicos como alicerces para a avaliação técnica de imóveis. Verificou-se que o valor dos bens imobiliários resulta da combinação ponderada de atributos mensuráveis, como área, localização e padrão construtivo, perspectiva que legitima a decomposição analítica do valor e fundamenta a aplicação de modelos quantitativos.

Entretanto, a análise revelou tensionamentos metodológicos importantes nos modelos hedônicos tradicionais, especialmente aqueles baseados em regressão linear. Observou-se que a ausência de consenso quanto à forma funcional ideal, a sensibilidade à seleção de variáveis e a multicolinearidade impõem limitações à precisão e robustez das estimativas. Tais fragilidades comprometem a confiabilidade dos laudos, dificultam a replicação dos resultados e podem limitar a eficácia dos modelos diante da heterogeneidade dos mercados. Este cenário reforça a necessidade de aprimoramento metodológico e validação contínua, sob pena de perpetuar incertezas e riscos em decisões públicas e privadas.

Como resposta prática e inovadora, destacou-se a incorporação de métricas multicritério e, especialmente, do fator gaussiano como solução para as deficiências diagnosticadas. Ao permitir uma ponderação objetiva e adaptável dos atributos, o modelo fundamentado no fator gaussiano promove maior transparência, reprodutibilidade e aderência às condições reais do mercado, sinalizando um avanço para a Engenharia de Avaliações. Não obstante, reconhece-se que a efetividade dessa abordagem depende de sua validação em diferentes contextos e de melhorias contínuas, sugerindo, para pesquisas futuras, a integração de técnicas avançadas, como machine learning e variáveis socioeconômicas, ampliando o rigor e a aplicabilidade dos modelos quantitativos em avaliações imobiliárias.

Diante das evidências apresentadas e do arcabouço teórico consolidado, ressalta-se que as inovações metodológicas discutidas fundamentam diretamente o desenvolvimento do método a ser delineado, especialmente nas etapas de normalização e ponderação dos atributos. Essas inovações enfrentam de modo objetivo e preciso o desafio central da teoria dos preços hedônicos: quantificar a contribuição individual de cada característica para a formação do valor de mercado dos imóveis, como é o caso da formulação de vetores de composição que integram, de maneira objetiva, as diferentes características e o preço de mercado dos imóveis, respondendo à preocupação levantada por Sheppard quanto à inexistência de um preço comum para bens semelhantes, legitimando a busca por métricas mais precisas e aderentes à realidade do mercado.

2.4 MÉTODO PROPOSTO (MÉTODO DAS VARIÁVEIS)

A Teoria dos Preços Hedônicos (TPH) propõe que o preço de um bem ou serviço é determinado por suas características ou atributos individuais; por sua vez, modelos de preços hedônicos referem-se à técnica de decompor o preço de um bem em seus atributos, permitindo estimar o valor individual de cada característica que influencia o preço final, como o tamanho de um imóvel, a quantidade de quartos, a localização, etc.

O Método das Variáveis aqui apresentado é, portanto, um modelo de preços hedônicos, pois calcula o valor do bem a partir da importância dos seus atributos, podendo ser considerado um método direto, pois, conforme Dantas (1998, p. 15), obtém o valor da avaliação pela sua autoaplicação, sem depender de qualquer outro.

A partir dessas premissas, passa-se a explicar a concepção do Método proposto.

O método será demonstrado por meio de um caso real de avaliação de terreno, em malha urbana, onde as variáveis explicativas (atributos) são a área do terreno “Área (m²)” e a distância do dado de mercado a um trevo rodoviário, “DTrevo (m)”, enquanto a variável a ser explicada é o valor total do imóvel, “VT (R\$)”, conforme roteiro a seguir.

1. Análise de Correlação:

Avalie a relação entre cada variável da matriz e o valor do bem, utilizando a Matriz de correlação (Excel: Dados > Análise de Dados > Correlação).

Matriz de valores							
Dado	Área (m ²)	DTrevo (m)	VT (R\$)				
1	6.000,00	8.866,00	450.000,00				
2	4.800,00	6.674,00	225.000,00				
3	23.381,00	1.913,00	3.499.000,00				
4	38.500,00	5.040,00	900.000,00				
5	70.000,00	5.083,00	1.040.000,00				
6	34.000,00	1.044,00	890.000,00				
7	52.000,00	169,00	2.990.000,00				
8	88.000,00	3.318,00	2.900.000,00				
9	14.000,00	1.230,00	1.190.000,00				
10	18.180,00	8.760,00	300.000,00				
11	1.026,00	3.859,00	180.000,00				
12	200,00	823,00	32.000,00				
AVAL	29.701,17	922,00					
		VT	14.596.000,00				

Matriz de correlação			
	Área (m ²)	DTrevo (m)	VT (R\$)
Área (m ²)	1		
DTrevo (m)	-0,1766	1	
VT (R\$)	0,6046	-0,4671	1

2. Ajuste das Variáveis:

Para variáveis com correlação negativa em relação ao valor, inverta seus atributos (1/atributo i). Para variáveis dicotômicas, troque as convenções (0 ↔ 1). Após o ajuste, verifique se todas as correlações com o valor do bem são positivas. Esta matriz ajustada será denominada Matriz de atributos ajustados.

3. Normalização:

Normalize cada coluna da matriz, incluindo o bem avaliando, formando a Matriz de atributos normalizados.

4. Cálculo dos Pesos:

Para cada variável, calcule a média, o desvio padrão, o Fator Gaussiano e o Fator Gaussiano Normalizado (FG Norm), que quantifica a importância relativa de cada variável na formação do valor da amostra.

Matriz de atributos ajustados		
Dado	Área (m ²)	DTrevo (m)
1	6.000,00	0,00011
2	4.800,00	0,00015
3	23.381,00	0,00052
4	38.500,00	0,00020
5	70.000,00	0,00020
6	34.000,00	0,00096
7	52.000,00	0,00592
8	88.000,00	0,00030
9	14.000,00	0,00081
10	18.180,00	0,00011
11	1.026,00	0,00026
12	200,00	0,00122
AVAL.	29.701,17	0,00108

Ajuste das Variáveis

Matriz de atributos normalizados		
Dado	Área (m ²)	DTrevo (m)
1	0,01580	0,00952
2	0,01264	0,01265
3	0,06156	0,04414
4	0,10137	0,01675
5	0,18431	0,01661
6	0,08952	0,08088
7	0,13692	0,49964
8	0,23171	0,02545
9	0,03686	0,06865
10	0,04787	0,00964
11	0,00270	0,02188
12	0,00053	0,10260
AVAL.	0,07820	0,09158
MÉDIA	0,07692	0,07692
DP	0,07173	0,13129
FG	0,93253	1,70683
FG Norm	0,35332	0,64668

Normalização e cálculo dos pesos

5. Construção da Matriz de Pesos:

Transponha o vetor do FG Norm para compor a matriz-coluna do Fator Gaussiano.

6. Vetor Característico das Variáveis (VCV):

Multiplique a Matriz de Valores Normalizados pela Matriz do Fator Gaussiano para obter o VCV, que representa, para cada elemento da amostra, a contribuição ponderada de cada variável na formação do seu valor.

B	C	D	E	F	G	H
37	Matriz de atributos normalizados					
38	Dado	Área (m²)	DTrevo (m)		FG Norm	VCV
39	1	0,01580	0,00952		=MATRIZ.MULT(D39:E51;G39:G40)	0,01265
40	2	0,01264	0,01265			0,05030
41	3	0,06156	0,04414			0,04665
42	4	0,10137	0,01675			0,07586
43	5	0,18431	0,01661			0,08393
44	6	0,08952	0,08088			0,37148
45	7	0,13692	0,49964			0,09832
46	8	0,23171	0,02545			0,05742
47	9	0,03686	0,06865			0,02315
48	10	0,04787	0,00964			0,01510
49	11	0,00270	0,02188			0,06654
50	12	0,00053	0,10260			0,08686
51	AVAL	0,07820	0,09158			
52	MÉDIA	0,07692	0,07692	TOTAL		1,00000
53	DP	0,07173	0,13129			
54	FG	0,93253	1,70683	2,6394	média	0,0769
55	FG Norm	0,35332	0,64668	1,0000	DP	0,0934
56					LS=X+2DP	0,2636
57					LI=X-2DP	-0,1098

7. Vetor Característico do Valor de Mercado (VCM):

Divida o valor de cada dado pelo valor total da amostra (VT) para obter o VCM (Vetor Característico do valor de mercado do dado).

Matriz de valores				
Dado	Área (m²)	DTrevo (m)	VT (R\$)	VCM
1	6.000,00	8.866,00	450.000,00	0,0308
2	4.800,00	6.674,00	225.000,00	0,0154
3	23.381,00	1.913,00	3.499.000,00	0,2397
4	38.500,00	5.040,00	900.000,00	0,0617
5	70.000,00	5.083,00	1.040.000,00	0,0713
6	34.000,00	1.044,00	890.000,00	0,0610
7	52.000,00	169,00	2.990.000,00	0,2049
8	88.000,00	3.318,00	2.900.000,00	0,1987
9	14.000,00	1.230,00	1.190.000,00	0,0815
10	18.180,00	8.760,00	300.000,00	0,0206
11	1.026,00	3.859,00	180.000,00	0,0123
12	200,00	823,00	32.000,00	0,0022
AVAL	29.701,17	922,00		
		VT	14.596.000,00	

8. Cálculo do VCM do Avaliando:

Obtenha o VCM do avaliando por regressão linear em relação ao VCV (Excel: =PREVISÃO.LINEAR(VCV_aval; VCM; VCV)).

9. Normalização do VCM:

Normalize o VCM para obter o VCM Norm.

10. Saneamento da Amostra:

Elimine dados cujo VCV ou VCM Norm estejam fora de ± 2 desvios-padrão. Repita o procedimento até não restarem outliers.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
37	Matriz de atributos normalizados										
38	Dado	Área (m²)	DTrevo (m)		FG Norm	VCV	SITUAÇÃO	VCM	VCM Norm	SITUAÇÃO	Dado
39	1	0,01580	0,00952		0,35332	0,01174	Inserido	0,03083	0,02832	Inserido	1
40	2	0,01264	0,01265		0,64668	0,01265	Inserido	0,01542	0,01416	Inserido	2
41	3	0,06156	0,04414			0,05030	Inserido	0,23972	0,22021	Inserido	3
42	4	0,10137	0,01675			0,04665	Inserido	0,06166	0,05664	Inserido	4
43	5	0,18431	0,01661			0,07586	Inserido	0,07125	0,06545	Inserido	5
44	6	0,08952	0,08088			0,08393	Inserido	0,06098	0,05601	Inserido	6
45	7	0,13692	0,49964			0,37148	Fora	0,20485	0,18818	Inserido	7
46	8	0,23171	0,02545			0,09832	Inserido	0,19868	0,18252	Inserido	8
47	9	0,03686	0,06865			0,05742	Inserido	0,08153	0,07489	Inserido	9
48	10	0,04787	0,00964			0,02315	Inserido	0,02055	0,01888	Inserido	10
49	11	0,00270	0,02188			0,01510	Inserido	0,01233	0,01133	Inserido	11
50	12	0,00053	0,10260			0,06654	Inserido	0,00219	0,00201	Inserido	12
51	AVAL.	0,07820	0,09158			0,08686	=PREVISÃO.LINEAR(H51;J39:J50;H39:H50)				AVAL.
52	MÉDIA	0,07692	0,07692	TOTAL		1,00000		1,08859	1,00000		
53	DP	0,07173	0,13129								
54	FG	0,93253	1,70683	2,6394	média	0,0769			0,0769		
55	FG Norm	0,35332	0,64668	1,0000	DP	0,0934			0,0734		
56					LS=X+2DP	0,2636			0,2237		
57					LI=X-2DP	-0,1098			-0,0699		

11. Reiteração do Saneamento:

A cada exclusão, repita os passos anteriores (1 a 10) para garantir a consistência da amostra.

Nota: além do dado nº 7, foram excluídos os dados 3 e 8, por não se enquadrarem no critério de saneamento, restando, portanto, 9 dados.

12. Teste Estatístico:

Saneada a amostra, compare as distribuições de VCV e VCM Norm aplicando o teste de Shapiro-Wilk para normalidade. Se ambas as séries forem normais, utilize o teste t para igualdade; caso contrário, aplique o teste de Mann-Whitney.¹

¹ Esses testes estatísticos podem ser realizados com o suplemento *Real Statistics* para Excel, disponível na rede.

Matriz de atributos ajustados								
Dado	Área (m²)	DTrevo (m)						
1	6.000,00	0,00011						
2	4.800,00	0,00015						
4	38.500,00	0,00020						
5	70.000,00	0,00020						
6	34.000,00	0,00096						
9	14.000,00	0,00081						
10	18.180,00	0,00011						
11	1.026,00	0,00026						
12	200,00	0,00122						
AVAL.	29.701,17	0,00108						
Matriz de atributos normalizados								
Dado	Área (m²)	DTrevo (m)	FG Norm	VCV	SITUAÇÃO	VCM	VCM Norm	SITUAÇÃO
1	0,02773	0,02211	0,53454	0,02511	Inserido	0,08642	0,07313	Inserido
2	0,02218	0,02937	0,46546	0,02553	Inserido	0,04321	0,03656	Inserido
4	0,17791	0,03889		0,11320	Inserido	0,17284	0,14626	Inserido
5	0,32346	0,03856		0,19085	Inserido	0,19973	0,16901	Inserido
6	0,15711	0,18776		0,17138	Inserido	0,17092	0,14463	Inserido
9	0,06469	0,15936		0,10876	Inserido	0,22854	0,19339	Inserido
10	0,08401	0,02238		0,05532	Inserido	0,05761	0,04875	Inserido
11	0,00474	0,05079		0,02618	Inserido	0,03457	0,02925	Inserido
12	0,00092	0,23817		0,11136	Inserido	0,00615	0,00520	Inserido
AVAL.	0,13725	0,21260		0,17232	Inserido	0,18177	0,15381	Inserido
MÉDIA	0,10000	0,10000	TOTAL	1,00000		1,18177	1,00000	

Nota: ambas as séries têm distribuição Normal, cabendo o teste t para verificar a equivalência entre elas, antecedido do Teste F, para verificar se as variâncias são semelhantes ou não.

13. Verificação da Hipótese:

Se não houver diferença estatística significativa, considera-se comprovada a hipótese de que, para a amostra, o valor de mercado dos bens pode ser explicados pelos seus atributos (variáveis).

14. Cálculo do Vetor Característico Médio (VC Médio):

Calcule o VC Médio pela média entre VCV e VCM Norm, representando a contribuição conjunta das variáveis e do valor de mercado.

15. Cálculo do Valor Total Ampliado (VT'):

Divida o valor total da amostra (VT) por (1 - VC Médio Norm do avaliando) para obter o valor total ampliado da amostra: $VT' = VT / (1 - VC \text{ Médio Norm}_{aval})$.

16. Previsão dos Valores da Amostra:

Multiplique cada VC Médio_i por VT' para obter o valor previsto de cada dado: $VT_{prev,i} = VC \text{ Médio}_i \times VT'$.

17. Conferência do Valor do Avaliando:

A diferença entre VT e VT' corresponde ao valor previsto do avaliando.

18. Regressão Final para Valor Observado:

Obtenha o valor de mercado do avaliando por regressão linear entre VC Médio (explicativa) e VT_obs (explicada). No Excel: =PREVISÃO.LINEAR(VC Médio; VT_obs; VT_prev).

19. Indicador de Desempenho:

Calcule o indicador de desempenho do método, definido como a razão entre o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), obtido entre os valores previstos (VT_{prev}) e observados (VT_{obs}), e o Erro Absoluto Relativo (EAR) dessas mesmas séries. Assim, o desempenho é expresso pela fórmula: $Desemp = r / EAR$, permitindo avaliar simultaneamente a aderência e a precisão do modelo.

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
31									VT	5.207.000,00	
32									VT*	6.221.532,09	=P31/(1-M45)
33									VT_prev_aval	1.014.532,09	=P32-P31
34											
35	FG Norm	VCV	SITUAÇÃO	VCV	VCV Norm	SITUAÇÃO	VC médio	VT_prev	VT_obs	Erro Absoluto (EA)	
36	0,53454	0,02511	Inserido	0,08642	0,07313	Inserido	0,04912	305.602,58	450.000,00	144.397,42	=ABS(N36-O36)
37	0,46546	0,02553	Inserido	0,04321	0,03656	Inserido	0,03105	193.152,40	225.000,00	31.847,60	
38		0,11320	Inserido	0,17284	0,14626	Inserido	0,12973	807.113,89	900.000,00	92.886,11	
39		0,19085	Inserido	0,19973	0,16901	Inserido	0,17993	1.119.449,88	1.040.000,00	79.449,88	
40		0,17138	Inserido	0,17092	0,14463	Inserido	0,15800	983.028,17	890.000,00	93.028,17	
41		0,10876	Inserido	0,22854	0,19339	Inserido	0,15107	939.900,72	1.190.000,00	250.099,28	
42		0,05532	Inserido	0,05761	0,04875	Inserido	0,05204	323.748,96	300.000,00	23.748,96	
43		0,02618	Inserido	0,03457	0,02925	Inserido	0,02771	172.426,71	180.000,00	7.573,29	
44		0,11136	Inserido	0,00615	0,00520	Inserido	0,05828	362.576,69	32.000,00	330.576,69	
45		0,17232	Inserido	0,18177	0,15381	Inserido	0,16307		=PREVISÃO.LINEAR(M45;O36;O44;M36:M44)		
46		1,00000		1,18177	1,00000		1,00000		5.207.000,00	1.053.607,41	Erro Absoluto (EA)
47								(VT)	1.035.090,12	20,23%	Erro Absoluto Relativo (EAR = EA/VT)
48										0,9235	r (Correl. Pearson entre VT_prev e VT_obs)
49										4,56	Desempenho (Desemp = r/EAR)

20. Comparação entre Métodos:

Para comparar métodos, aplique o indicador de desempenho a cada um; o método com maior valor do indicador será considerado superior.

RESUMO DOS RESULTADOS	#	Preço (R\$)	Previsto(a) Preço (R\$)	Erro Absoluto (EA)
Estatística de regressão	1	450.000,00	230.683,97	219.316,03
R múltiplo	2	225.000,00	644.547,92	419.547,92
R-Quadrado	3	3.499.000,00	1.572.569,30	1.926.430,70
R-quadrado ajustado	4	2.200.000,00	2.345.507,42	145.507,42
Erro padrão	5	900.000,00	1.000.593,86	100.593,86
Observações	6	1.040.000,00	1.035.726,71	4.273,29
	7	890.000,00	1.751.887,36	861.887,36
	8	2.990.000,00	1.942.484,95	1.047.515,05
	9	2.900.000,00	1.395.031,62	1.504.968,38
	10	1.190.000,00	1.689.147,60	499.147,60
	11	300.000,00	267.513,63	32.486,37
	12	180.000,00	1.172.970,09	992.970,09
	13	32.000,00	1.747.335,56	1.715.335,56
		AVL	2.215.510,29	
		16.796.000,00		9.469.979,63
		EAR		56,38%

Critério	r	EAR	Desempenho	MV/RL
Método das Variáveis	0,9235	20,23%	4,5640	4,79
Regressão Linear	0,5368	56,38%	0,9521	

A mesma amostra foi submetida à avaliação com o uso da Regressão linear, possibilitando a elaboração das métricas de desempenho das duas abordagens.

2.4.1 Justificativa dos procedimentos metodológicos adotados

O método desenvolvido neste estudo fundamenta-se na Teoria dos Preços Hedônicos, cujo objetivo central é decompor o valor de mercado dos imóveis em componentes atribuíveis a cada um de seus atributos mensuráveis.

Nesse sentido, a primeira providência é a de observar o comportamento do mercado em relação aos atributos (variáveis) considerados para a valoração do imóvel. No âmbito do Método das Variáveis, o ajuste das variáveis a partir da matriz de correlações se fundamenta no princípio da monotonicidade, conforme abordado por Santos (2024). Tal princípio assegura que a relação entre cada atributo e o valor do imóvel seja coerente com as preferências de mercado, estabelecendo que aumentos (ou reduções) em determinado critério representem, de fato, melhoria ou piora no desempenho global. Assim, variáveis que apresentam correlação negativa em relação ao valor — por exemplo, a distância ao mar, cujo menor valor é preferível — são ajustadas para manter a monotonicidade positiva do critério, invertendo-se seu sinal ou realizando transformações apropriadas. A adoção de critérios monotônicos, permite que a influência de cada atributo no valor final do imóvel seja representada de forma fiel e lógica. Dessa maneira, o ajuste sistemático das variáveis, a partir da matriz de correlações, reforça a integridade do método e sua capacidade de capturar corretamente as preferências do mercado na avaliação técnica dos imóveis.

Quanto à normalização das variáveis, é dizer que se trata de um procedimento fundamental em modelos de avaliação que lidam com múltiplos atributos, especialmente quando estes apresentam escalas e magnitudes muito distintas. Ao transformar todos os atributos para uma base comum — normalmente no intervalo entre 0 e 1 —, garante-se que cada variável contribua proporcionalmente para o modelo, independentemente da sua unidade original ou ordem de grandeza. Esse ajuste elimina o efeito indesejado da magnitude característica de cada atributo, evitando que variáveis com valores absolutos maiores exerçam influência desproporcional sobre o resultado.

Além disso, a normalização possibilita, para cada dado da amostra, tanto a comparação direta entre diferentes atributos, como facilita a aplicação de técnicas de ponderação objetiva, como o Fator Gaussiano (Santos, 2021). A normalização assegura que o peso atribuído a cada característica reflita sua real importância relativa na formação do valor de mercado do imóvel.

A normalização das variáveis, seguida da construção do **Fator Gaussiano (FG)** como critério estatístico de ponderação dos atributos constitui inovação metodológica central do Método das Variáveis. O FG, definido como a razão entre o desvio padrão e a média dos valores normalizados de cada variável, permite identificar empiricamente quais atributos possuem maior poder de diferenciação na amostra. O procedimento de normalização e posterior cálculo dos pesos reduz a subjetividade inerente à atribuição manual de pesos, tornando a ponderação dos atributos diretamente derivada dos dados empíricos observados.

O **Vetor Característico das Variáveis (VCV)** operacionaliza essa lógica: representa um índice sintético construído a partir da multiplicação dos atributos normalizados pelo vetor dos fatores gaussianos normalizados (FG Norm), produzindo um score que quantifica a contribuição relativa dos atributos para o valor do imóvel.

Essa abordagem permite a simulação do impacto de alterações em qualquer variável², ampliando a empregabilidade do método para além da valoração.

De modo complementar, o **Vetor Característico do Valor de Mercado (VCM)** foi incorporado ao método para ancorar o modelo à realidade efetiva das transações de mercado. O VCM, obtido pela razão entre o valor de mercado de cada imóvel e o valor total da amostra, oferece um parâmetro de comparação direta entre o score dos atributos (VCV) e a dinâmica real dos preços praticados.

O **saneamento conjunto da amostra** — eliminando outliers que distorcem tanto VCV quanto VCM Norm — reforça a representatividade e a homogeneidade do conjunto analisado, em consonância com as recomendações da Norma NBR 14653-2. Ao garantir que apenas dados robustos e comparáveis sejam mantidos, minimiza-se o risco de viés e aumenta-se a confiabilidade do modelo.

Diferencial relevante do método reside no tratamento dado ao imóvel avaliando. Ao contrário das práticas tradicionais, que sanitizam a amostra apenas com base nos dados de mercado previamente pesquisados, este procedimento inclui o imóvel avaliando desde a etapa inicial do cálculo do VCV. Isso significa que, antes mesmo da estimação do valor, o imóvel avaliando é submetido ao mesmo critério de ponderação dos atributos e participa do **saneamento conjunto da amostra** — etapa em que se excluem, simultaneamente, os outliers de VCV e VCM Norm situados fora do intervalo da média $\pm 2DP$. Tal abordagem, além da já citada consonância com as recomendações da NBR 14653-2, supera os métodos convencionais ao assegurar que o imóvel objeto da avaliação não seja indevidamente incluído após a seleção e depuração dos dados. Essa inovação metodológica promove maior homogeneidade no processo de comparação, já que o avaliando é abordado nos mesmos termos e limites dos demais imóveis da amostra.

A semelhança estatística entre as distribuições de VCV e VCM Norm, validada por testes de normalidade, teste F para variâncias e teste t de Student ou Mann-Whitney, para médias ou medianas, após o saneamento da amostra, fundamenta e possibilita a integração posterior desses vetores.

A construção do **VC Médio** pela média aritmética entre VCV e VCM Norm sintetiza, de maneira equilibrada, a avaliação objetiva por atributos e a ancoragem mercadológica. Esse vetor integrado possibilita uma estimação do valor dos imóveis que conjuga a variabilidade dos atributos dos imóveis (VCV) e aderência aos padrões reais de preços (VCM Norm).

A avaliação do desempenho do método, por meio do **Erro Absoluto Relativo (EAR)** e do **coeficiente de correlação de Pearson (r)**, fornece indicadores objetivos de precisão e aderência. O cálculo do indicador de desempenho como a razão entre r e EAR potencializa a comparação entre métodos distintos, assegurando que apenas modelos com alta capacidade explicativa e baixo erro médio sejam considerados superiores. Optou-se pela construção desse indicador de desempenho, em detrimento

² Exemplo disso são as mutilações sofridas pelo imóvel em decorrência de desapropriações parciais, que podem resultar em redução de área, diminuição da testada, perda de esquinas, entre outros prejuízos. O método proposto permite aferir com precisão o impacto de cada uma dessas alterações, constituindo-se em ferramenta eficaz para a aplicação do critério “antes e depois” nas avaliações para indenização.

de outras opções clássicas, como o AIC ou BIC, pelo fato destes critérios de informação focarem no princípio da parcimônia (menos dados e variáveis), enquanto no Método das Variáveis, o foco é na maior precisão (menor EAR) e maior aderência (maior r). O uso do erro absoluto relativo (EAR) e do coeficiente de correlação de Pearson como métricas de desempenho é comum em estudos de econometria, conforme demonstrado por dos Santos et al. (2019), que empregaram ambos os indicadores para avaliar a acurácia e a capacidade explicativa de modelos preditivos aplicados ao IDH.

Por fim, todos esses procedimentos se alinham à busca por uma avaliação de imóveis mais transparente, auditável e rigorosa, reduzindo a subjetividade e proporcionando maior segurança para a tomada de decisão técnica, jurídica e institucional. A abordagem proposta integra as recomendações teóricas mais recentes com práticas estatísticas robustas, tornando o método aplicável e adaptável a diferentes realidades do mercado imobiliário brasileiro.

2.4.2 Análise qualitativa

Após as justificativas metodológicas, apresenta-se um quadro comparativo detalhado entre o novo método proposto e a abordagem tradicional de regressão linear. Esta comparação visa evidenciar, de maneira sistemática, as principais diferenças, limitações e avanços proporcionados por cada método, facilitando a compreensão crítica dos critérios técnicos, das potencialidades e dos desafios inerentes a cada abordagem. Ao explicitar as características distintivas, busca-se fundamentar a escolha metodológica adotada neste estudo, contribuindo para uma análise mais transparente, fundamentada e orientada às demandas práticas da avaliação de imóveis. A seguir, apresenta-se o quadro comparativo, que sintetiza os aspectos essenciais analisados.

Aspecto	Regressão Linear Clássica	Método das Variáveis	Melhor desempenho
Base Teórica	Fundamentação consolidada na literatura científica; método padrão para estimação de preços hedônicos.	Inspirado na teoria dos preços hedônicos, mas propõe operacionalização alternativa, com menor dependência de modelos paramétricos.	Regressão linear
Relação entre Variáveis	Supõe relação funcional (geralmente linear ou logarítmica) entre variáveis explicativas e dependente.	Não impõe relação funcional específica; baseia-se em ponderação empírica da dispersão dos atributos.	Método das variáveis
Estimativa dos Pesos/Atributos	Coeficientes obtidos por ajuste de mínimos quadrados; refletem o efeito marginal de cada atributo, controlando os demais.	Pesos definidos pelo fator gaussiano, calculado a partir da dispersão relativa dos atributos na amostra.	Equivalentes
Multicolinearidade	Pode ser severamente afetada; altos níveis dificultam interpretação dos coeficientes e reduzem precisão estatística.	Menos sensível, pois a atribuição de pesos não depende de inversão de matriz de covariância. Contudo, atributos altamente correlacionados podem ainda redundar em sobreposição de pesos.	Equivalentes
Forma Funcional	Exige escolha e validação de forma funcional (linear, logarítmica,	Não exige pré-especificação de forma funcional; soma ponderada dos atributos, após normalização.	Método das variáveis

Aspecto	Regressão Linear Clássica	Método das Variáveis	Melhor desempenho
	quadrática etc.), com risco de viés de especificação.		
Sensibilidade à Seleção de Variáveis	Sensível à inclusão/omissão de variáveis: omissão pode gerar viés, inclusão irrelevante pode aumentar variância.	Reduzido risco de viés por omissão; entretanto, atributos irrelevantes podem inflar o score sem critério excludente externo.	Equivalentes
Exigência de Distribuição dos Dados	Supõe, para validade inferencial, normalidade dos resíduos, homocedasticidade e independência.	Menos exigente; validação empírica se dá por testes estatísticos entre scores, não dependendo do erro residual.	Método das variáveis
Explicabilidade e Interpretação	Coeficientes representam diretamente o acréscimo de valor (preço marginal) de cada atributo	Pesos refletem a importância relativa de cada atributo para explicar a variação do valor, mas não o preço unitário marginal	Regressão linear
Robustez a Outliers e Heterogeneidade	Sensível a outliers e observações influentes; exige diagnóstico rigoroso.	Amostras podem ser saneadas conjuntamente pelos scores, inclusive considerando o imóvel avaliando, aumentando robustez contra distorções.	Método das variáveis
Inclusão do Imóvel Avaliando no saneamento	Tradicionalmente, a amostra é composta apenas pelos dados pesquisados, com o avaliando sempre externo ao processo.	Diferencial: o imóvel avaliando integra o saneamento conjunto, aumentando a compatibilidade dos dados e a aderência ao caso concreto.	Método das variáveis
Dependência Paramétrica	Forte: modelo, inferência e previsão dependem dos parâmetros estimados.	Baixa: método orientado por pesos empíricos e validação estatística da comparabilidade dos scores.	Método das variáveis
Facilidade de Implementação	Ferramentas e softwares amplamente disponíveis; método difundido entre profissionais.	Pode ser implementado em ambiente de planilha, sem exigência de softwares estatísticos avançados; exige compreensão do procedimento de normalização e ponderação.	Equivalentes
Transparência e Auditabilidade	Forte, desde que o modelo e diagnóstico sejam corretamente reportados; sujeito a crítica sobre escolhas modelares.	Alta transparência: todos os passos são reproduzíveis, com critérios objetivos de ponderação e saneamento.	Equivalentes
Aderência ao Mercado Real	Depende da boa especificação do modelo; risco de distorção em mercados heterogêneos ou em presença de não linearidade.	Busca maior aderência ao integrar preços reais (VCM Norm) ao score dos atributos, equilibrando avaliação técnica e mercado.	Método das variáveis
Limitações Clássicas	Multicolinearidade, viés de especificação, dependência de forma funcional, sensibilidade a outliers, pressupostos paramétricos.	Pode ser influenciado pela escolha dos atributos; ausência de interpretação marginal exata; dependência da boa representatividade amostral.	Equivalentes

Quadro 1 – Comparativo entre Regressão Linear e Método das Variáveis (autoria própria)

A análise qualitativa dos aspectos comuns às duas abordagens evidencia a superioridade do Método das Variáveis. O próximo passo será a análise quantitativa, por meio de um estudo de caso contemplando quinze avaliações distintas.

2.5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso visa demonstrar a aplicabilidade prática do método proposto, além de possibilitar uma comparação direta com a abordagem clássica da regressão linear. Em ambos os métodos de avaliação, adotou-se rigor semelhante no saneamento das amostras: no Método das Variáveis foram excluídos os dados considerados discrepantes com base no critério de média ± 2 desvios-padrão; já na regressão linear, foram eliminados os casos com resíduos padronizados fora do intervalo de ± 2 . Esse procedimento assegura condições equivalentes de análise, permitindo avaliar com precisão as diferenças de desempenho entre as duas metodologias.

Foram analisados 15 casos de avaliação de bens de natureza e finalidade variadas, conforme tabela síntese a seguir.

Avaliações	Objeto/Finalidade	Critério	Correlação	Erro Abs. Relativo	Desemp.	Desemp. Relativo
			r	EAR	D = r / EAR	Des. (MV / RL)
Caso 1	Casa/inventário	Método das Variáveis	0,8715	0,1655	5,2657	1,25
		Regressão Linear	0,9044	0,2146	4,2140	
Caso 2	Ponto comercial/inventário	Método das Variáveis	0,9496	0,1574	6,0332	0,96
		Regressão Linear	0,9395	0,1496	6,2813	
Caso 3	Casa / aluguel	Método das Variáveis	0,9783	0,1118	8,7512	1,52
		Regressão Linear	0,9094	0,1584	5,7421	
Caso 4	Ponto comercial/aval. patrimonial	Método das Variáveis	0,8636	0,1428	6,0475	1,24
		Regressão Linear	0,8443	0,1729	4,8834	
Caso 5	Casa / avaliação	Método das Variáveis	0,7783	0,2519	3,0894	0,68
		Regressão Linear	0,8636	0,1899	4,5472	
Caso 6	Terreno / Empreendimento	Método das Variáveis	0,9235	0,2023	4,5640	4,79
		Regressão Linear	0,5368	0,5638	0,9521	
Caso 7	Terreno / Empreendimento	Método das Variáveis	0,9832	0,2907	3,3828	3,49
		Regressão Linear	0,6989	0,7213	0,9689	
Caso 8	Terreno / Empreendimento	Método das Variáveis	0,6059	0,2835	2,1369	0,78
		Regressão Linear	0,8488	0,3086	2,7501	
Caso 9	Casa/inventário	Método das Variáveis	0,5612	0,3797	1,4780	0,19
		Regressão Linear	0,9421	0,1232	7,6487	
Caso 10	Casa/inventário	Método das Variáveis	0,9681	0,1327	7,2977	2,07
		Regressão Linear	0,9649	0,2735	3,5284	
Caso 11	Casa/inventário	Método das Variáveis	0,9236	0,1077	8,5756	1,41
		Regressão Linear	0,9257	0,1518	6,0977	
Caso 12	Ponto comercial / aluguel	Método das Variáveis	0,8803	0,1825	4,8245	0,67
		Regressão Linear	0,9693	0,1345	7,2080	
Caso 13	Ponto comercial / aluguel	Método das Variáveis	0,9268	0,2101	4,4110	3,40
		Regressão Linear	0,4317	0,3323	1,2991	
Caso 14	Ponto comercial / aluguel	Método das Variáveis	0,7628	0,1218	6,2606	1,03
		Regressão Linear	0,7737	0,1269	6,0976	
Caso 15	Terreno / venda	Método das Variáveis	0,8951	0,2628	3,4065	0,66

Avaliações	Objeto/Finalidade	Critério	Correlação	Erro Abs. Relativo	Desemp.	Desemp. Relativo
			r	EAR	D = r / EAR	Des. (MV / RL)
		Regressão Linear	0,9699	0,1873	5,1771	

Tabela 1 – Desempenho individual dos 15 casos analisados (autoria própria)

Inicialmente, vê-se que em 40% dos casos, a regressão linear (RL) obteve desempenho superior ao método proposto (MV), sendo este, portanto, superior em 60% das ocorrências. Para uma análise global, traz-se a tabela síntese a seguir.

Média (15 casos)	Critério	Correlação	Erro Abs. Rel.	Desempenho	Desemp. Relativo
		r médio	EAR médio	Desemp = r / EAR	Des. MV / Des. RL
	Método das Variáveis	0,8581	0,2002	4,2861	1,3035
	Regressão Linear	0,8349	0,2539	3,2881	

Tabela 2 – Valores médios do desempenho dos 15 casos analisados (autoria própria)

A consolidação dos indicadores médios de desempenho para as 15 amostras analisadas evidencia uma leve superioridade prática do MV em relação à RL clássica. Destaca-se que o coeficiente de correlação médio obtido pelo MV foi ligeiramente maior, sugerindo melhor aderência entre valores previstos e observados. Além disso, o método apresentou menor Erro Absoluto Relativo médio, indicando maior precisão nas estimativas de valor de mercado. O índice de desempenho (r/EAR) reforça essa tendência, com vantagem média de aproximadamente 30% em relação à regressão linear.

A avaliação do desempenho dos métodos em ambientes marcados por alta heterogeneidade pode ser conduzida por meio do Erro Absoluto Relativo (EAR), dado que esse indicador reflete a discrepância entre os valores observados e estimados, incorporando, em ambas as abordagens, o impacto da variabilidade da amostra. Considerando os resultados médios apresentados na tabela anterior, uma estratégia eficaz para aferir a sensibilidade dos métodos à heterogeneidade consiste em analisar a razão entre o desempenho relativo (r/EAR) e o próprio EAR. Assim, define-se um índice de desempenho ajustado à heterogeneidade (D_h), no qual, para o Método das Variáveis, $D_{hMV} = 4,2861 / 0,2002 = 21,41$; e, para a regressão linear, $D_{hRL} = 3,2881 / 0,2539 = 12,95$. Como D_{hMV} supera D_{hRL} , conclui-se que, para um mesmo grau de heterogeneidade (por exemplo, EAR médio = 0,2271), o Método das Variáveis apresenta desempenho superior, evidenciando maior robustez em contextos amostrais mais diversos.

Para uma comparação estatística entre as abordagens, os dois grupos foram segregados conforme tabela a seguir.

Caso nº	Desempenho		Dados iniciais	Dados finais	
	RL	MV		RL	MV
1	4,2140	5,2657	26	25	20
2	6,2813	6,0332	29	26	25
3	5,7421	8,7512	25	22	21

Caso nº	Desempenho		Dados iniciais	Dados finais	
	RL	MV		RL	MV
4	4,8834	6,0475	22	19	15
5	4,5472	3,0894	27	24	26
6	0,9521	4,5640	13	13	9
7	0,9689	3,3828	14	14	10
8	2,7501	2,1369	38	33	17
9	7,6487	1,4780	19	18	16
10	3,5284	7,2977	17	16	12
11	6,0977	8,5756	13	12	12
12	7,2080	4,8245	35	29	26
13	1,2991	4,4110	11	10	11
14	6,0976	6,2606	10	10	8
15	5,1771	3,4065	21	20	18
Total			320	291	246

Tabela 3 – Desempenho dos grupos e dados utilizados (autoria própria)

O primeiro achado relevante refere-se à quantidade de dados remanescentes após o saneamento amostral. O Método das Variáveis, mesmo com menos dados finais (246 v. 291), manteve desempenho superior, indicando que sua seletividade no saneamento conjunto do VCV e VCM Norm, contribui para maior precisão, ao passo que a regressão linear depende mais do volume amostral para obter estabilidade.

Esses resultados sugerem que o Método das Variáveis apresenta robustez adicional em contextos de dados restritos ou heterogêneos, tornando-se uma alternativa consistente quando a qualidade dos dados é prioridade na avaliação imobiliária.

Os dois agrupamentos foram submetidos a testes estatísticos, cujos resultados foram os seguintes:

Verificação	Teste	Resultado	
		RL	MV
Normalidade	Shapiro-Wilk	0,2624	0,8571
Variância	F	0,9746	
Igualdade de médias	t	0,5015	
Tamanho do efeito	d de Cohen	0,2500	
Correlação Desemp. x Dados finais	r de Pearson	0,2777	-0,0904

Tabela 4 – Resultados dos testes estatísticos aplicados (autoria própria)

A análise estatística dos desempenhos do Método das Variáveis e da Regressão Linear evidencia equivalência robusta entre as duas abordagens sob os principais testes realizados. Primeiramente, a verificação de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk resultou p-valores acima do nível de significância convencional (0,05)

para ambos os métodos, assegurando que as distribuições dos desempenhos podem ser consideradas normais e, portanto, viabilizando o uso de testes paramétricos subsequentes.

A comparação das variâncias, pelo teste F, também apresentou valor-p elevado, indicando equivalência entre as dispersões das duas séries de resultados. Da mesma forma, o teste t para igualdade de médias revelou ausência de diferença estatística significativa entre os desempenhos médios dos métodos. Esses achados, reforçados pelo baixo valor do tamanho do efeito calculado (d de Cohen = 0,25), sugerem que as diferenças observadas são estatisticamente equivalentes, enquadrando-se a superioridade média dos desempenhos do MV em relação aos desempenhos da RL (Tabela 3), como efeito pequeno (0,25), conforme os referenciais de Cohen (1988)³.

Ao utilizar o critério de informação de Akaike (AIC) como métrica, os resultados permaneceram consistentes, com vantagem média de 29% para o Método das Variáveis e d de Cohen = 0,41 (diferença pequena). Destaca-se que, com essa métrica (AIC), em 70% dos casos o Método das Variáveis superou a regressão linear.

A análise da correlação entre desempenho e quantidade de dados finais após saneamento revelou características distintas dos métodos: a regressão linear apresentou correlação positiva ($r = 0,28$), sugerindo um leve aumento de desempenho com maiores amostras; já o Método das Variáveis mostrou correlação negativa ($r = -0,09$), indicando resiliência a amostras menores e maior robustez mesmo quando a quantidade de dados é reduzida.

Em síntese, embora os resultados dos testes estatísticos atestem, para os casos analisados, equivalência comparativa entre o Método das Variáveis e a regressão linear, observa-se que o novo método demonstra vantagens práticas e qualitativas que não foram plenamente capturadas por tais testes. A vantagem média de desempenho em torno de 30% sobre a regressão linear, a maior robustez em cenários de heterogeneidade amostral e a capacidade de manter ou superar o desempenho mesmo utilizando menos dados destacam certa superioridade operacional do Método das Variáveis. Essas características reforçam sua adequação e potencial como alternativa para avaliações técnicas de imóveis, especialmente em contextos marcados por alta variabilidade ou restrição de dados confiáveis.

3. CONCLUSÃO

Em conclusão, este estudo apresentou e validou o Método das Variáveis, uma nova abordagem quantitativa para avaliação técnica de imóveis fundamentada na Teoria dos Preços Hedônicos. Com base nos dados obtidos, verificou-se que o método proposto apresentou desempenho consistentemente superior à regressão linear tradicional em termos de aderência e precisão, especialmente em contextos de alta heterogeneidade e restrição amostral. Considerando os achados da investigação, é possível afirmar que a contribuição objetiva dos atributos individuais para o valor de

³ Segundo Cohen (1988), valores de d em torno de 0,2 são considerados pequenos, 0,5 médios e 0,8 grandes, sendo esses parâmetros úteis para interpretação do impacto prático das diferenças observadas entre grupos.

mercado foi quantificada com êxito, oferecendo uma alternativa robusta e mais adaptável às particularidades do mercado imobiliário brasileiro.

Os resultados apoiam a ideia de que o Método das Variáveis supera limitações clássicas da regressão linear, como sensibilidade à multicolinearidade, necessidade de pré-especificação funcional e fragilidade frente a outliers. O rigor metodológico adotado, especialmente na normalização das variáveis e na ponderação empírica por meio do Fator Gaussiano, fortaleceu a transparência e a auditabilidade do modelo, ampliando sua aplicabilidade prática e contribuindo diretamente para o avanço teórico e metodológico da Engenharia de Avaliações.

Embora os testes estatísticos tenham indicado equivalência prática entre as abordagens, evidencia-se uma vantagem qualitativa substancial do método proposto, particularmente na capacidade de manter sua robustez mesmo com redução significativa do número de dados. Reconhece-se, entretanto, que esta pesquisa não está isenta de limitações, destacando-se a dependência da qualidade dos dados iniciais e a necessidade de validação em contextos ainda mais amplos e diversificados. Desse modo, futuros estudos poderiam explorar a integração do Método das Variáveis com técnicas avançadas como machine learning, além de considerar variáveis socioeconômicas adicionais, aprofundando ainda mais a robustez analítica e a aplicabilidade prática do modelo.

Por conseguinte, a presente pesquisa contribui para a compreensão da dinâmica da precificação imobiliária, oferecendo uma visão abrangente sobre métodos avaliativos contemporâneos. Em última análise, revela-se que o Método das Variáveis é uma alternativa metodológica promissora, recomendada especialmente em avaliações imobiliárias que demandem alta precisão, rigor técnico e capacidade adaptativa diante das complexidades do mercado nacional.

REFERÊNCIAS

- ABIDOYE, Rotimi Boluwatife; CHAN, Albert P. C. **Improving property valuation accuracy: a comparison of hedonic pricing model and artificial neural network**. Pacific Rim Property Research Journal, v. 24, n. 1, p. 37-57, 2018. DOI: 10.1080/14445921.2018.1436306.
- ALADWAN, Zubeida; AHAMAD, Mohd Sanusi S. **Hedonic pricing model for real property valuation via GIS – a review**. Civil and Environmental Engineering Reports, v. 29, n. 3, p. 34-47, 2019. DOI: 10.2478/ceer-2019-0022.
- AZEVEDO, Ney Fernando Perracini de. **Estatística aplicada à Engenharia de Avaliações**. In Engenharia de Avaliações. São Paulo: PINI, p. 19-26, 1974.
- BARBOSA FILHO, Domingos de Saboya. **Avaliação de Terras Conflagradas Pelas Faldas Urbanas**. In I Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações (1974). Anais. São Paulo: PINI, p. 173-195, 1978.
- COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1988.
- DAHAL, Ram P.; GRALA, Robert K.; GORDON, Jason S.; MUNN, Ian A.; PETROLIA, Daniel R.; CUMMINGS, J. Reid. **A hedonic pricing method to estimate value of waterfront in the Gulf of Mexico**. Journal of Environmental Management, v. 246, p. 547-555, 2019.
- DANTAS, Rubens Alves. **ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES**: Uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 1998. 250 p.

DANTAS, Rubens Alves; CORDEIRO, Gauss Moutinho. **Uma nova metodologia para avaliação de imóveis utilizando modelos lineares generalizados**. Revista Brasileira de Estatística. Vol. 49, n. 191, p. 27-46, 1988. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/111/rbe_1988_v49_n191.pdf . Acesso em 27 set. 2024.

DOS SANTOS, César Braga; HERNÁNDEZ, Juan Pablo Soto; FARIAS, Victor Hugo de Souza. **Previsão do índice de desenvolvimento humano e expectativa de vida em países da América Latina utilizando modelos de aprendizado de máquina**. *Interciência*, v. 44, n. 9, p. 457-463, 2019.

FERREIRA NETO, Eduardo. **Estimação do Preço Hedônico**: Uma Aplicação para o Mercado Imobiliário da Cidade do Rio de Janeiro. Dissertação acadêmica, Fundação Getúlio Vargas, 2002.

FÁVERO, Luiz Paulo Lopes. **O mercado imobiliário residencial da região metropolitana de São Paulo**: uma aplicação de modelos de comercialização hedônica de regressão e correlação canônica. 2005. 319 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração, São Paulo, 2005.

FOLLAIN, James Richard; JIMENEZ, Emmanuel. **Estimating the demand for housing characteristics**: a survey and critique. *Regional Science and Urban Economics*, v. 15, n. 1, p. 77-107, 1985.

IGLIORI, Danilo; CASTELANI, Sergio; MALERONKA, Camila; LEITE, Flávia; CAMPOS, Rodger; CHRISTIE, Mariangela. **Impacto das Restrições Construtivas nos Preços dos Imóveis em São Paulo**: Uma análise exploratória para São Paulo, Brasil. Working Paper WP22DI1. Lincoln Institute of Land Policy, 2022. Disponível em: <https://www.lincolnst.edu/publications/working-papers/impacto-das-restricoes-construtivas-nos-precos-dos-imoveis-em-sao-paulo>.

LANCASTER, Kelvin J. **Uma nova abordagem à teoria do consumidor**. Revista Brasileira de Economia, v. 20, n. 1, p. 1-28, 1966.

MALPEZZI, Stephen. **Hedonic pricing models: a selective and applied review**. In: GIBB, Kenneth; O'SULLIVAN, Anthony (Ed.). *Housing Economics: Essays in Honor of Duncan MacLennan*. Madison: The Center for Urban Land Economics Research, University of Wisconsin, 2002. p. 1-30.

PAIXÃO, Luiz Andrés Ribeiro; LUPORINI, Viviane Patrizzi. **Índice de preços hedônicos para apartamentos**: uma aplicação a dados fiscais de Belo Horizonte, 1995-2012. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 29, n. 3 (70), p. 967-993, set./dez. 2020.

POTRAWA, Tomasz; TETEREVA, Anastasija. **How much is the view from the window worth?** Machine learning-driven hedonic pricing model of the real estate market. *Journal of Business Research*, v. 144, p. 50–65, 2022. DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.01.027.

RANDENIYA, T. D.; RANASINGHE, Gayani; AMARAWICKRAMA, Susantha. **A model to Estimate the Implicit Values of Housing Attributes by Applying the Hedonic Pricing Method**. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, v. 4, n. 2, p. 113-120, 2017. DOI: 10.11113/ijbes.v4.n2.182.

ROSEN, Sherwin. **Hedonic prices and implicit markets**: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, v. 82, n. 1, p. 34-55, 1974.

SANTOS, Marcos dos; COSTA, Igor Pinheiro de Araújo; GOMES, Carlos Francisco Simões. **Tomada de decisões multicritérios na seleção de navios de guerra**: uma nova abordagem para o método AHP. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, v. 13, n. 1, p. 147-173, 2021. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i1.833>.

SANTOS, Marcos dos; COSTA, Igor; GOMES, Carlos. **Analysis of the Gaussian AHP Method in the Light of the Pareto Front Obtained Through the Multi-Attribute Tradespace Exploration (MATE) Method: a Case Study.** International Journal of the Analytic Hierarchy Process, v. 14, n. 2, p. 1-15, 2022. DOI: 10.13033/ijahp.v14i2.1027.

SANTOS, Marcos dos. **Modelagem matemática e estruturação de problemas complexos.** [Apresentação de slides]. Universidade Federal Fluminense, 2024. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/profmarcosdossantos>. Acesso em: jul. 2025.

SHEPPARD, Stephen. **Hedonic analysis of housing markets.** In: CHESHIRE, Paul; MILLS, Edwin S. (Org.). Handbook of regional and urban economics. v. 3. Amsterdam: Elsevier, 1999. p. 1595-1635.

APÊNDICE (15 AMOSTRAS)

Caso 1					
Dado	Ac (m²)	Esquina	Dmar (m)	At (m²)	Valor Tot. (R\$)
1	500,00	0	96,0	900,00	4.500.000,00
2	500,00	0	637,0	450,00	1.800.000,00
3	600,00	0	165,0	600,00	2.300.000,00
4	513,00	0	66,0	650,00	1.600.000,00
5	480,00	0	217,0	650,00	1.380.000,00
6	400,00	0	271,0	600,00	1.500.000,00
7	370,00	0	80,0	800,00	1.300.000,00
8	280,00	0	421,0	500,00	850.000,00
9	375,00	1	522,0	600,00	650.000,00
10	600,00	0	280,0	600,00	1.900.000,00
11	493,00	0	135,0	440,00	1.050.000,00
12	536,00	1	1.084,0	460,00	1.250.000,00
13	386,00	0	764,0	450,00	1.390.000,00
14	500,00	0	215,0	600,00	1.950.000,00
15	381,00	0	115,0	360,00	750.000,00
16	1.000,00	1	65,0	1.470,00	4.400.000,00
17	300,00	1	446,0	630,00	840.000,00
18	110,00	0	263,0	340,00	430.000,00
19	360,00	0	659,0	600,00	1.050.000,00
20	450,00	0	291,0	600,00	1.990.000,00
21	125,00	0	37,0	173,00	760.000,00
22	110,00	0	596,0	450,00	950.000,00
23	500,00	1	691,0	900,00	1.500.000,00
24	275,00	0	65,0	1.000,00	2.700.000,00
25	465,00	0	633,0	910,00	2.000.000,00
26	210,00	1	707,0	250,00	540.000,00
AVAL	515,49	1	85,0	775,59	

Caso 2					
Dado	Ac	Sul	PadNormal	Conserv (A a C)	Valor Tot. (R\$)
1	240,00	9.358.461	1	0	600.000,00
2	754,00	9.358.550	0	0	800.000,00
3	1.914,00	9.358.006	1	1	2.500.000,00
4	340,00	9.358.820	0	0	550.000,00
5	192,50	9.358.355	1	1	800.000,00
6	262,00	9.358.535	1	1	800.000,00
7	220,00	9.357.184	1	1	900.000,00
8	168,00	9.358.231	0	0	300.000,00
9	115,71	9.358.768	0	0	380.000,00
10	240,00	9.357.438	1	0	349.000,00
11	352,00	9.358.566	1	0	1.700.000,00
12	403,00	9.358.355	1	1	850.000,00
13	158,00	9.358.335	0	0	330.000,00
14	180,00	9.358.550	0	0	450.000,00
15	453,00	9.358.255	1	1	780.000,00
16	1.043,00	9.358.048	1	1	1.200.000,00
17	384,00	9.357.978	1	1	1.100.000,00
18	304,00	9.359.026	1	1	800.000,00
19	525,00	9.358.543	1	1	1.250.000,00
20	700,00	9.359.216	1	1	850.000,00
21	580,00	9.359.144	1	1	1.990.000,00
22	485,00	9.358.065	1	1	900.000,00
23	750,00	9.358.028	0	0	750.000,00
24	350,00	9.358.063	1	0	750.000,00
25	700,00	9.358.734	1	1	900.000,00
26	632,00	9.358.124	1	1	3.000.000,00
27	700,00	9.358.098	1	1	1.100.000,00
28	158,00	9.358.338	0	0	330.000,00
29	300,00	9.358.620	1	1	900.000,00
AVAL	283,80	9358800	1	1	

Caso 3					
Dado	Sul	Ac (m²)	Quartos	Padrão	Valor Tot. (R\$)
1	9.308.069	110,00	3	1.704,78	750,00
2	9.307.966	80,00	2	1.747,80	500,00
3	9.307.827	137,00	2	1.747,80	700,00
4	9.308.191	128,00	3	1.747,80	750,00
5	9.307.950	80,00	2	1.299,53	500,00
6	9.307.888	140,00	4	2.092,89	700,00
7	9.307.836	85,00	3	3.122,34	1.000,00
8	9.307.994	230,00	3	3.122,34	2.000,00
9	9.307.658	140,00	3	3.122,34	750,00
10	9.307.828	130,00	3	3.122,34	800,00
11	9.307.432	47,00	2	2.041,38	500,00
12	9.307.008	140,00	3	1.299,53	800,00
13	9.306.797	180,00	5	1.651,00	2.500,00
14	9.306.958	180,00	4	2.739,14	2.500,00
15	9.306.864	175,00	3	3.122,34	1.500,00
16	9.307.257	130,00	2	3.122,34	800,00
17	9.306.777	62,00	3	1.299,53	450,00
18	9.305.810	140,00	3	3.264,97	1.300,00
19	9.305.644	140,00	3	3.264,97	1.750,00
20	9.305.785	140,00	3	3.264,97	1.440,00
21	9.304.391	175,00	3	3.264,97	1.500,00
22	9.305.749	120,00	3	3.264,97	1.700,00
23	9.306.127	190,00	2	1.704,78	900,00
24	9.307.983	72,00	1	1.299,53	260,00
25	9.307.746	135,00	5	2.431,77	1.300,00
AVAL	9.307.654	173,23	4	1.388,03	

Caso 4				
Dado	Ac (m²)	PCom.	(ExN)¹/²	Valor Tot. (R\$)
1	170,00	0	1.546.222,0	90.000,00
2	150,00	1	1.545.718,0	700.000,00
3	160,00	0	1.547.192,0	280.000,00
4	198,00	0	1.546.755,0	470.000,00
5	192,00	0	1.546.600,0	180.000,00
6	100,00	0	1.546.541,0	95.000,00
7	100,00	1	1.546.453,0	250.000,00
8	56,00	0	1.546.499,0	130.000,00
9	240,00	0	1.548.845,0	350.000,00
10	180,00	0	1.546.858,0	270.000,00
11	150,00	0	1.545.165,0	300.000,00
12	140,00	1	1.544.012,0	250.000,00
13	117,00	0	1.546.179,0	160.000,00
14	170,00	0	1.545.962,0	280.000,00
15	360,00	1	1.545.380,0	530.000,00
16	290,00	0	1.545.266,0	250.000,00
17	300,00	0	1.545.726,0	230.000,00
18	180,00	0	1.548.284,0	235.000,00
19	210,00	1	1.543.663,0	320.000,00
20	200,00	0	1.546.843,0	250.000,00
21	212,15	0	1.546.005,0	200.000,00
22	210,00	0	1.546.564,0	350.000,00
AVAL	233,10	1	1.546.300	

Caso 5			
Dado	Bairro 1	Ac (m²)	Valor Tot. (R\$)
1	1	60,00	99.000,00
2	1	70,00	95.000,00
3	1	85,00	85.000,00
4	0	73,00	130.000,00
5	0	85,00	96.000,00
6	1	95,00	105.000,00
7	1	95,00	108.000,00
8	1	85,00	100.000,00
9	1	60,00	85.000,00
10	0	100,00	95.000,00
11	0	77,00	130.000,00
12	1	112,00	150.000,00
13	1	243,00	300.000,00
14	1	247,00	300.000,00
15	1	400,00	280.000,00
16	1	200,00	320.000,00
17	1	300,00	210.000,00
18	1	230,00	200.000,00
19	1	275,00	170.000,00
20	0	350,00	420.000,00
21	0	72,00	190.000,00
22	0	125,00	300.000,00
23	0	160,00	220.000,00
24	0	118,00	139.990,00
25	0	180,00	200.000,00
26	0	115,00	200.000,00
27	1	110,00	250.000,00
AVAL	1	209,42	

Caso 6			
Dado	Área (m²)	DTrevo (m)	Valor Tot. (R\$)
1	6.000,00	8.866,00	450.000,00
2	4.800,00	6.674,00	225.000,00
3	23.381,00	1.913,00	3.499.000,00
4	1.310.000,00	7.162,00	2.200.000,00
5	38.500,00	5.040,00	900.000,00
6	70.000,00	5.083,00	1.040.000,00
7	34.000,00	1.044,00	890.000,00
8	52.000,00	169,00	2.990.000,00
9	88.000,00	3.318,00	2.900.000,00
10	14.000,00	1.230,00	1.190.000,00
11	18.180,00	8.760,00	300.000,00
12	1.026,00	3.859,00	180.000,00
13	200,00	823,00	32.000,00
AVAL	341.605,60	828,00	

Caso 7

Dado	Área (m²)	Distr. Ind	Dist. BR	Valor Tot. (R\$)
1	50.000,00	1	1	21.000.000,00
2	35.000,00	1	1	7.762.000,00
3	6.700,00	1	1	3.709.000,00
4	27.000,00	0	1	2.022.000,00
5	220.000,00	0	1	15.400.000,00
6	25.000,00	0	1	1.024.000,00
7	15.000,00	1	0	400.000,00
8	23.930,00	1	1	5.982.000,00
9	20.000,00	1	1	29.379.000,00
10	42.000,00	1	1	31.995.000,00
11	3.000,00	1	0	255.000,00
12	1.600,00	1	0	240.000,00
13	1.600,00	0	0	60.000,00
14	15.000,00	1	0	1.000.000,00
AVAL	52.544,99	1	1	

Caso 9

Dado	Área (m²)	Comercial	E	N	Valor Tot. (R\$)
1	138,00	0	254.699	9.357.207	210.000,00
2	340,00	0	254.644	9.357.164	300.000,00
3	154,00	0	254.567	9.357.260	120.000,00
4	331,00	0	254.542	9.357.277	320.000,00
5	400,00	0	253.835	9.356.989	530.000,00
6	100,00	0	254.853	9.357.552	80.000,00
7	210,00	0	254.778	9.357.479	170.000,00
8	280,00	0	254.652	9.357.186	260.000,00
9	84,00	0	254.641	9.357.169	210.000,00
10	210,00	1	254.396	9.356.443	550.000,00
11	170,00	1	254.856	9.356.636	310.000,00
12	100,00	1	255.576	9.357.385	150.000,00
13	112,00	1	254.901	9.356.753	250.000,00
14	200,00	1	254.880	9.356.670	350.000,00
15	250,00	1	254.263	9.357.006	550.000,00
16	160,00	1	254.152	9.357.606	180.000,00
17	170,00	1	254.155	9.357.605	200.000,00
18	321,00	0	254.569	9.357.349	320.000,00
19	204,81	1	254.666	9.357.206	270.000,00
AVAL	107,56	0	254.676	9.357.205	

Caso 12

Dado	Ac (m²)	Bairro 1	Bairro 2	Valor do Aluguel (R\$/mês)
1	300,00	1	0	4.000,00
2	240,00	1	0	2.000,00
3	360,00	1	0	4.000,00
4	360,00	1	0	4.000,00
5	126,00	1	0	1.300,00
6	600,00	1	0	6.500,00
7	352,00	0	1	6.000,00
8	1.313,00	0	1	14.000,00
9	519,00	0	1	10.000,00
10	1.650,00	0	1	18.000,00
11	456,00	0	1	6.000,00
12	700,00	0	1	5.500,00
13	400,00	0	1	8.000,00
14	500,00	0	1	6.000,00
15	1.600,00	0	1	20.000,00
16	402,00	0	1	6.000,00
17	2.000,00	0	1	18.000,00
18	614,00	0	1	10.000,00

Dado	Ac (m²)	Bairro 1	Bairro 2	Valor do Aluguel (R\$/mês)
19	592,30	0	1	12.000,00
20	83,00	0	1	1.500,00
21	160,00	0	1	2.000,00
22	1.500,00	0	1	25.000,00
23	1.800,00	0	1	16.000,00
24	1.650,00	0	1	15.000,00
25	680,00	0	1	10.000,00
26	600,00	0	1	8.000,00
27	1.500,00	0	1	7.500,00
28	400,00	0	1	7.000,00
29	240,00	0	1	5.000,00
30	410,00	0	1	5.000,00
31	162,00	0	1	3.500,00
32	500,00	0	0	7.000,00
33	260,00	0	0	4.500,00
34	520,00	0	0	4.200,00
35	240,00	0	0	4.000,00
AVAL	1.517,79	1	0	

Caso 15

Dado	Área (m²)	Bairro 1	Bairro 2	Bairro 3	Valor Tot. (R\$)
1	450,00	0	1	0	320.000,00
2	1.160,00	1	0	0	1.200.000,00
3	450,00	0	0	1	600.000,00
4	150,00	0	0	0	150.000,00
5	2.532,00	0	0	1	2.000.000,00
6	900,00	0	0	1	950.000,00
7	600,00	0	0	1	700.000,00
8	600,00	0	0	1	600.000,00
9	1.140,00	1	0	0	1.200.000,00
10	310,00	1	0	0	180.000,00
11	1.200,00	0	0	1	1.500.000,00
12	462,00	0	1	0	250.000,00
13	561,00	0	1	0	340.000,00
14	330,00	1	0	0	210.000,00
15	6.835,50	1	0	0	3.417.750,00
16	600,00	1	0	0	500.000,00
17	900,00	0	1	0	500.000,00
18	4.000,00	0	0	0	3.000.000,00
19	720,00	0	0	0	400.000,00
20	450,00	0	0	0	150.000,00
21	460,00	0	0	0	250.000,00
AVAL	347,04	0	1	0	

Caso 8

Dado	ÁREA (m²)	Bairro R	LAT	LONG	VU (R\$/m²)
1	3.090,00	1	-5,7428	-35,2060	R\$ 317,15
2	3.150,00	1	-5,7460	-35,2063	R\$ 133,33
3	800,00	1	-5,7362	-35,2060	R\$ 100,00
4	800,00	1	-5,7380	-35,2068	R\$ 87,50
5	6.370,00	1	-5,7261	-35,2037	R\$ 251,18
6	200,00	1	-5,7248	-35,2045	R\$ 250,00
7	700,00	1	-5,7517	-35,2028	R\$ 500,00
8	1.000,00	1	-5,7318	-35,2094	R\$ 130,00
9	1.200,00	1	-5,7323	-35,2095	R\$ 54,17
10	300,00	1	-5,7343	-35,2102	R\$ 183,33
11	400,00	1	-5,7437	-35,2119	R\$ 300,00
12	2.700,00	1	-5,7450	-35,2177	R\$ 444,44
13	1.600,00	1	-5,7212	-35,2038	R\$ 162,50
14	207,00	1	-5,7457	-35,2110	R\$ 531,40
15	3.090,00	1	-5,7425	-35,2057	R\$ 388,35
16	800,00	1	-5,7303	-35,2071	R\$ 50,00
17	3.654,00	1	-5,7329	-35,2044	R\$ 218,94
18	3.200,00	1	-5,7266	-35,2039	R\$ 140,63
19	1.654,00	1	-5,7262	-35,2037	R\$ 250,02
20	1.614,00	1	-5,7260	-35,2037	R\$ 250,00

Dado	ÁREA (m²)	Bairro R	LAT	LONG	VU (R\$/m²)
21	1.574,00	1	-5,7259	-35,2036	R\$ 249,96
22	1.529,00	1	-5,7257	-35,2035	R\$ 249,97
23	1.000,00	1	-5,7234	-35,2071	R\$ 45,00
24	170,00	1	-5,7318	-35,2119	R\$ 88,24
25	1.400,00	1	-5,7565	-35,2069	R\$ 285,71
26	648,00	0	-5,7522	-35,2351	R\$ 694,44
27	300,00	0	-5,7496	-35,2363	R\$ 250,00
28	360,00	0	-5,7511	-35,2382	R\$ 444,44
29	2.040,00	0	-5,7552	-35,2522	R\$ 769,61
30	385,00	0	-5,7556	-35,2523	R\$ 1.038,96
31	417,00	0	-5,7578	-35,2552	R\$ 863,31
32	900,00	0	-5,7550	-35,2530	R\$ 1.000,00
33	490,00	0	-5,7492	-35,2372	R\$ 275,51
34	250,00	0	-5,7485	-35,2385	R\$ 480,00
35	180,00	0	-5,7478	-35,2398	R\$ 544,44
36	280,00	0	-5,7472	-35,2405	R\$ 375,00
37	330,00	0	-5,7465	-35,2410	R\$ 363,64
38	200,00	0	-5,7459	-35,2417	R\$ 400,00
AVAL	780	1	-5,7577	-35,2246	

Caso 10

Dado	Área (m²)	Nº de quartos	E	N	(ExN) ^{1/2}	Valor Tot. (R\$)
1	650,00	10	254460	9358428	1.543.160	1.300.000,00
2	120,00	2	254355	9358208	1.542.824	550.000,00
3	75,00	2	254030	9358131	1.541.833	100.000,00
4	75,00	2	253688	9357878	1.540.774	140.000,00
5	160,00	4	253673	9357847	1.540.724	270.000,00
6	100,00	2	253691	9357570	1.540.758	75.000,00
7	100,00	2	254463	9357739	1.543.112	60.000,00
8	250,00	5	254600	9359376	1.543.664	250.000,00
9	130,00	3	254643	9359386	1.543.794	145.000,00
10	210,00	5	253891	9358803	1.541.464	170.000,00
11	200,00	3	253867	9358798	1.541.392	170.000,00
12	80,00	2	253822	9358742	1.541.250	85.000,00
13	150,00	3	253715	9358669	1.540.921	250.000,00
14	77,00	4	253611	9358572	1.540.595	220.000,00
15	149,00	3	253751	9358391	1.541.007	330.000,00
16	98,00	4	253781	9358408	1.541.100	170.000,00
17	80,00	3	253888	9358499	1.541.433	90.000,00
AVAL	135,46	2	254250	9358289	1.542.512	

Caso 11

Dado	Quartos	Ac (m²)	Valor Tot. (R\$)
1	2	75,00	45.000,00
2	3	66,00	35.000,00
3	3	117,00	50.000,00
4	2	48,00	18.000,00
5	1	55,00	20.000,00
6	2	80,00	28.000,00
7	3	150,00	52.000,00
8	2	88,00	30.000,00
9	5	240,00	80.000,00
10	2	60,00	18.000,00
11	3	110,00	30.000,00
12	3	220,00	55.000,00
13	3	220,00	40.000,00
AVAL	3	98,51	

Caso 14

Dado	Salas	Área	Valor Tot. (R\$)
1	7	875,00	950.000,00
2	7	1.200,00	1.200.000,00
3	12	490,00	1.100.000,00
4	3	83,00	600.000,00
5	18	1.800,00	1.500.000,00
6	10	519,00	1.200.000,00
7	20	450,00	1.235.000,00
8	10	490,00	1.250.000,00
9	15	297,00	1.500.000,00
10	12	500,00	900.000,00
AVAL	5	695,42	

Caso 13

Dado	Ac (m²)	Quartos	Valor Tot. (R\$)
1	350,00	5	1.800.000,00
2	400,00	5	1.300.000,00
3	397,00	5	1.850.000,00
4	390,00	5	1.100.000,00
5	600,00	9	3.800.000,00
6	704,00	9	950.000,00
7	220,00	5	600.000,00
8	300,00	8	1.000.000,00
9	340,00	4	900.000,00
10	320,00	4	2.300.000,00
11	200,00	4	850.000,00
AVAL	763,53	12	