

Análise Residencial: Um Estudo de Caso de Belo Horizonte

Arthur Linhares Madureira, Daniel Oliveira Barbosa, Frederico Dolher Souza Baker,
Luís Felipe Souza Magalhaes, Pedro Henrique Meireles de Almeida

¹Universidade Federal de Minas Gerais –Belo Horizonte – Brasil

Abstract. *This article provides an analysis of the real estate market in the city of Belo Horizonte, specifically focusing on apartments, based on data collected from the Decisão Imóveis website. The research aims to understand how property characteristics such as square footage, number of bedrooms and suites, parking spaces, property tax (IPTU) and condominium fees, and the urban quality of life index (IQVU) affect the final selling price.*

Resumo. *Este artigo oferece uma análise do mercado imobiliário da cidade de Belo Horizonte - especificamente de apartamentos - a partir de dados coletados no site das Decisão Imóveis. A pesquisa tem como foco entender como as características do imóvel, como metragem quadrada, número de quartos e suítes, vagas de garagem, IPTU e condomínio e índice de qualidade de vida urbana (IQVU) afetam o valor final de venda.*

1. Introdução

Os mercados imobiliários desempenham um papel fundamental na economia global e são complexos devido à diversidade de propriedades e à multiplicidade de fatores que afetam seus valores. Determinar o preço de um imóvel não é apenas uma questão de área interna ou localização, mas envolve um conjunto complexo de variáveis como IPTU, condomínio, número de quartos, região - caracterizada pela qualidade do bairro, a proximidade de serviços, entre outros.

Compreender o impacto dessas variáveis no valor da propriedade pode fornecer informações importantes para compradores e vendedores, que podem gerenciar melhor as negociações, e agentes imobiliários e investidores, que podem tomar decisões mais informadas.

Neste trabalho, focamos no mercado imobiliário da cidade de Belo Horizonte. A partir de dados coletados pelo site Decisão Imóveis, buscamos entender as variáveis que mais influenciam no valor final de um imóvel em uma cidade, e identificar a importância do índice de qualidade de vida da cidade (IQVU) no preço dos imóveis. A escolha da cidade de Belo Horizonte para este estudo justifica-se pela representatividade de seu mercado imobiliário e pela disponibilidade de dados relacionados ao IQVU, que permitem uma análise mais profunda do impacto da qualidade de vida urbana sobre os imóveis.

Além disso, para facilitar a compreensão espacial dos dados, foi criado um mapa interativo, disponível no arquivo "mapa.html"(<https://github.com/arthurlm1234/Mapa>), mostrando a localização dos imóveis listados em nosso conjunto de dados. Este recurso fornece uma visão geral do mercado imobiliário de Belo Horizonte e ajuda a identificar padrões geográficos e locais no mercado imobiliário.

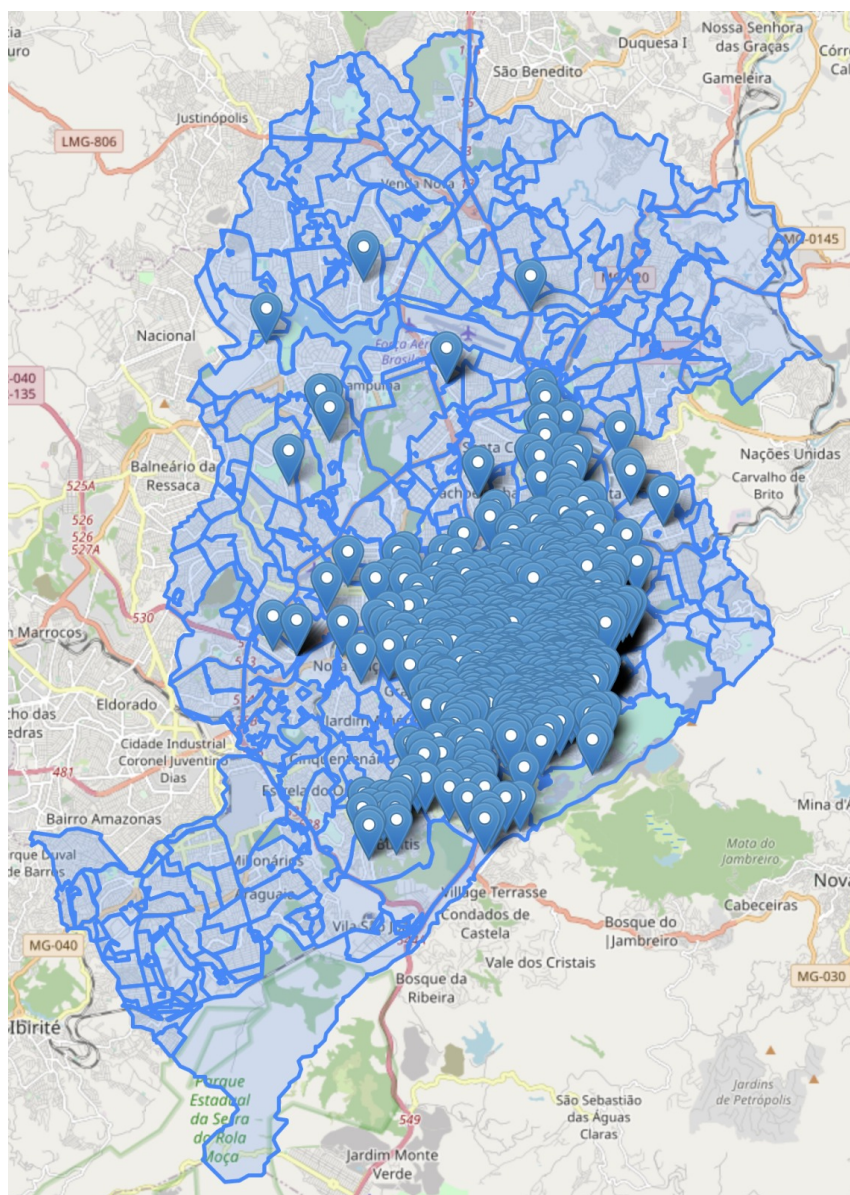


Figura 1. MAPA.HTML

Nossa análise usando métodos exploratórios e quantitativos inclui processamento e limpeza de dados, computação de estatísticas descritivas, teste de hipóteses e construção de modelos preditivos de regressão. O objetivo é entender quais características são mais importantes na determinação do preço de venda dos imóveis em Belo Horizonte, proporcionando assim uma visão mais clara e objetiva do mercado imobiliário da cidade.

2. Bootstrap

Bootstrap é um método estatístico poderoso para estimar o tamanho da população por meio da reamostragem dos dados observados. Esta seção descreve como a técnica bootstrap foi utilizada para analisar o preço por metro quadrado de habitação em Belo Horizonte.

Inicialmente, foi feito um histograma de metros quadrados dos apartamentos para

entender a distribuição de preços.

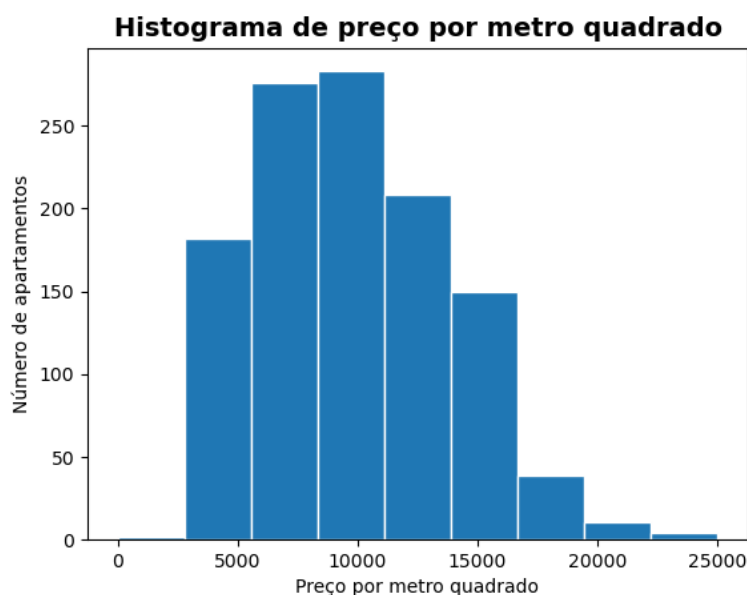


Figura 2. Histograma dos preços por metro quadrado dos apartamentos.

A mediana dos preços por metro quadrado dos apartamentos foi calculada em 9375 reais. No entanto, para fornecer uma estimativa mais robusta, foi realizada uma análise de bootstrap. A técnica de bootstrap foi aplicada para gerar uma distribuição de medianas a partir de 50.000 reamostras dos dados originais. Com base nessa distribuição, foi calculado um intervalo de confiança de 95%, que ficou entre 9169,40 e 9696,97 reais. A Figura 3 mostra a distribuição das medianas das amostras bootstrap e o intervalo de confiança.

Portanto, com 95% de confiança, a mediana dos preços por metro quadrado de um apartamento em Belo Horizonte estará entre 9169,40 e 9696,97 reais.

A análise similar foi realizada para a média dos preços por metro quadrado dos apartamentos, que foi calculada inicialmente como 9789,85 reais. Aplicando a técnica de bootstrap para gerar uma distribuição de médias a partir de 50.000 reamostras dos dados originais, o intervalo de confiança de 95% foi calculado entre 9562,44 e 10017,94 reais. A Figura 4 mostra a distribuição das médias das amostras bootstrap para os apartamentos e o intervalo de confiança.

Assim, com 95% de confiança, a média dos preços por metro quadrado de um apartamento em Belo Horizonte estará entre 9562,44 e 10017,94 reais.

3. Teste de Hipótese

Uma das principais questões que este artigo pretende responder é se existe correlação entre o índice de qualidade de vida da cidade (IQVU) e o preço médio dos imóveis em cada bairro de Belo Horizonte. Para responder a essa questão, realizamos um teste de hipótese para testar se a correlação observada entre o IQVU e o preço médio do imóvel é estatisticamente significativa.

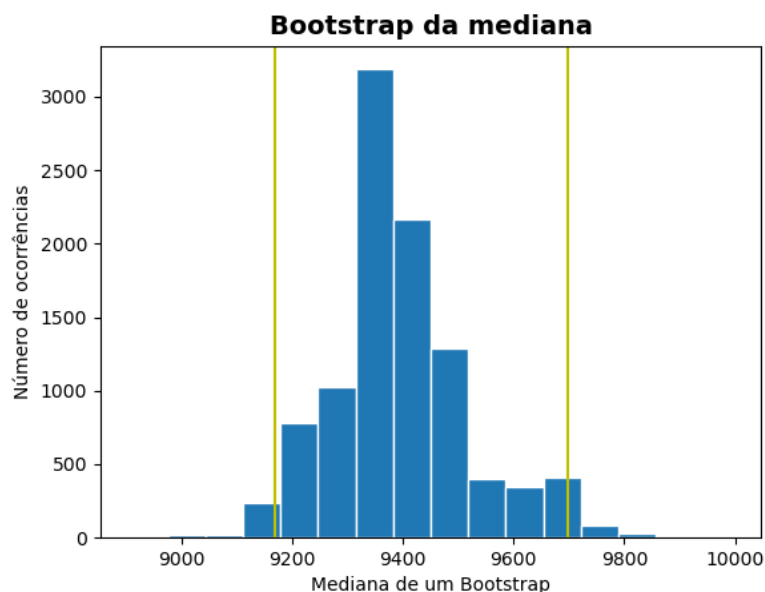


Figura 3. Distribuição das medianas das amostras bootstrap para os apartamentos e o intervalo de confiança.

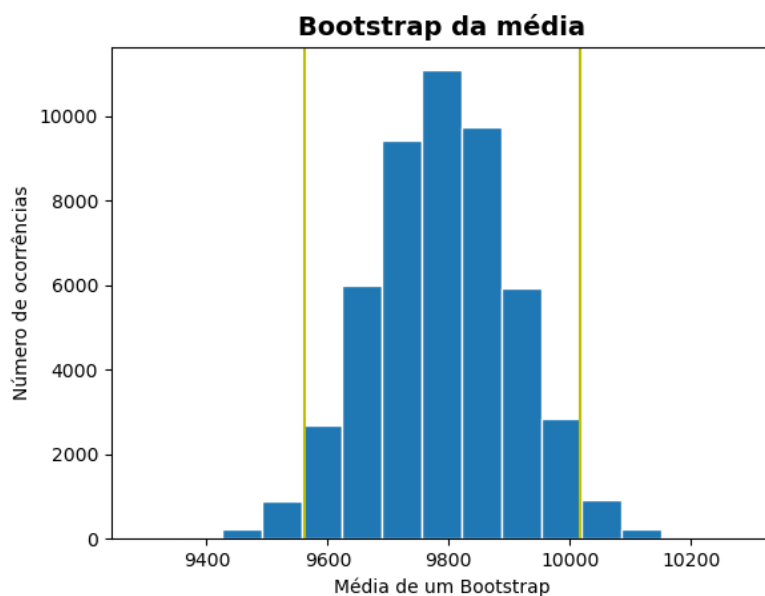


Figura 4. Distribuição das médias das amostras bootstrap para os apartamentos e o intervalo de confiança.

Primeiramente, calculamos o preço médio por bairro e combinamos essa informação com o valor do IQVU correspondente para cada bairro. Então, realizamos um teste de permutação, uma técnica não paramétrica que não faz suposições sobre a distribuição dos dados. Esse teste envolve gerar a distribuição de correlações que seria esperada caso não houvesse relação entre IQVU e preço médio do imóvel. Isso é feito permutando os valores do IQVU e recalculando a correlação com o preço médio do imóvel. Correlacionamos

esse processo 10.000 vezes para obter uma distribuição de correlações sob a hipótese nula de nenhuma correlação.

Com base nessa distribuição, calculamos o valor-p como a proporção de correlações permutadas iguais ou mais extremas que a correlação observada. O valor p resultante foi 0.0125, indicando que a correlação observada é estatisticamente significativa no nível de 5%.

Portanto, com base nesses resultados, rejeitamos a hipótese nula de que não há relação entre o IQVU e o preço médio dos imóveis em Belo Horizonte. Isso sugere que o IQVU é um fator importante na determinação dos preços dos imóveis na cidade.

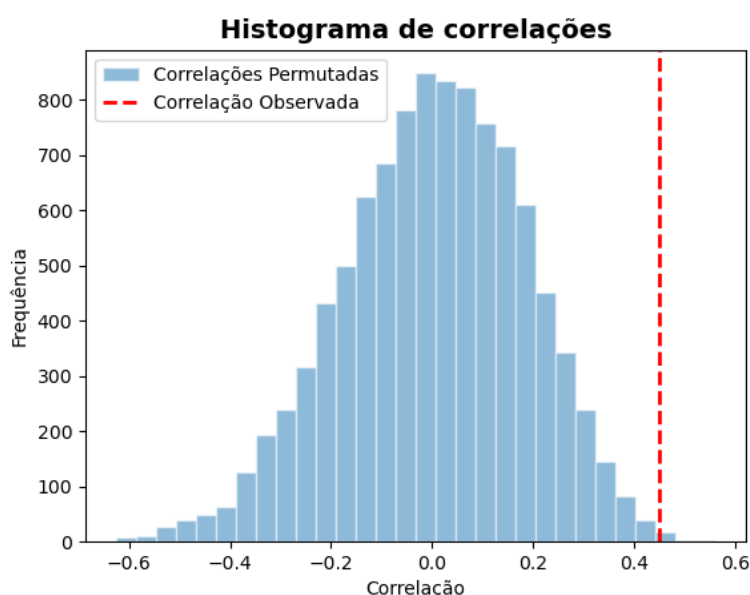


Figura 5. Gráfico do teste de permutação entre o IQVU e o preço médio dos imóveis.

4. Análise da Correlação de Pearson

A correlação de Pearson foi calculada para identificar as relações existentes entre as diferentes características dos apartamentos. A análise dos resultados permite entender a relação linear entre as variáveis estudadas.

Observou-se forte correlação positiva (0.79) entre área interna e preço. Isso sugere que, em geral, à medida que a área interna de um imóvel aumenta, o preço desse imóvel tende a aumentar. Além disso, IPTU e Preço apresentaram correlação positiva muito forte (0.90), indicando que imóveis com maior valor de IPTU tendem a ser vendidos por um preço mais alto. Outro aspecto interessante observado foi a correlação positiva forte entre condomínio e preço (0.83). Esse resultado mostra que imóveis com valores residenciais mais altos tendem a ter preços de venda mais altos.

Por outro lado, a correlação entre o número de quartos e a área externa é desprezível (0.045). Este resultado indica que não existe uma relação linear forte entre o número de quartos numa propriedade e o seu exterior - isso ocorreu, provavelmente, porque o valor da área externa não foi preenchida nos anúncios que foram extraídos os dados.

Além disso, o número de vagas apresentou correlação positiva forte com o preço (0.73), sugerindo que locais com mais vagas possuem preços mais altos.

Para melhor visualizar os dados, um mapa de calor de correlação de Pearson foi criado conforme mostrado na imagem abaixo. Este mapa de calor facilita a interpretação das correlações entre as variáveis e confirma as observações feitas anteriormente.

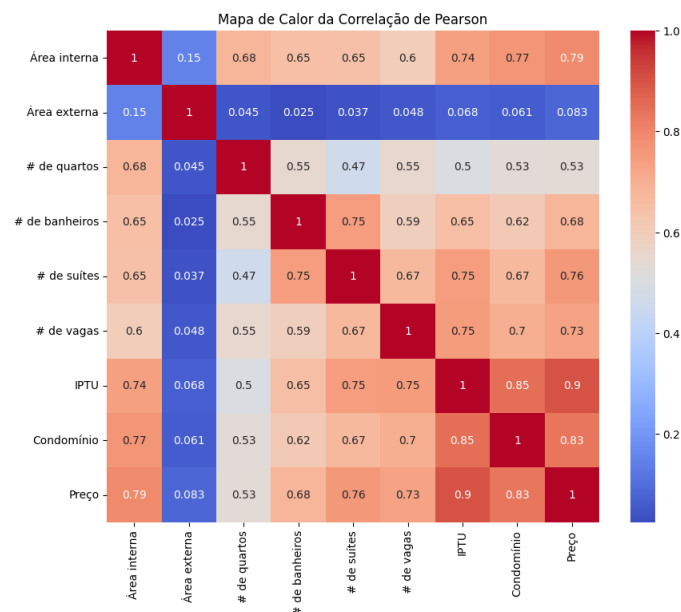


Figura 6. Mapa de calor da correlação de Pearson para as variáveis do conjunto de dados.

5. Análise de Regressão Linear: Influência da Área Interna, IPTU e Condomínio no Preço do Imóvel

Nesta seção, examinamos os efeitos de três variáveis - área interna, valor do IPTU e valor do condomínio - sobre os preços dos apartamentos por meio de análises de regressão linear simples. Essas variáveis foram selecionadas com base em sua importância esperada na determinação dos preços dos imóveis.

Antes de gerarmos nosso modelo de regressão linear, normalizamos os dados para garantir que todos os recursos tenham o mesmo peso no modelo. Para fazer isso, subtraímos a média e dividimos cada coluna pelo desvio padrão, resultando em dados com média 0 e desvio padrão 1. Além disso, plotaremos nossos gráficos na escala redimensionada, dando foco à tendência dos dados.

A regressão linear permitiu determinar em que medida todas essas variáveis afetam os imóveis. Para cada variável, o parâmetro de regressão β foi calculado usando a biblioteca sklearn. Na análise área interna e preço, obtivemos $\beta = 0.79$ (correlação forte). Para a relação entre IPTU e preço, β foi de 0.90 (correlação muito forte). Finalmente, ao analisar o valor do condomínio em relação ao preço, β foi de 0.83 (forte correlação). Em todos os casos, o coeficiente de β foi positivo, indicando que o aumento dessas variáveis está relacionado ao aumento do preço dos imóveis.

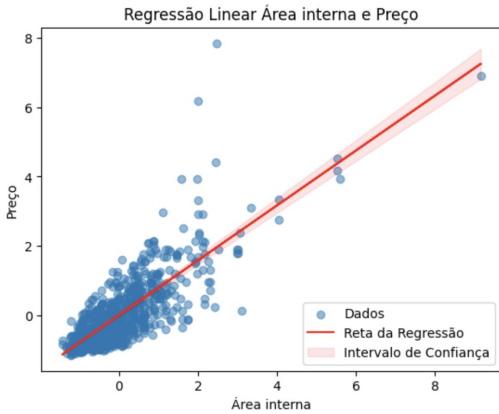
Ao contrário do que se pensa no senso comum, é mais eficiente tratar o IPTU e o condomínio do apartamento como indicadores do preço do imóvel do que utilizar a área interna e o bairro para essa avaliação. Abaixo está uma tabela que mostra alguns dos fatores que afetam o IPTU.

Tabela 1. Fatores que influenciam o preço do IPTU

Fator
Valor venal do imóvel
Alíquota do município
Área construída
Localização geográfica
Isenções e descontos
Valor do terreno
Índices de valorização imobiliária
Infraestrutura local
Demanda por imóveis

Dados do Modelo:

Alpha = 6.265392067286938e-18
Beta = 0.7919877069940287



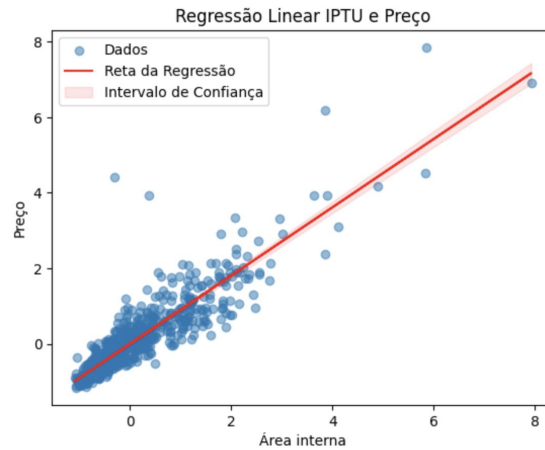
Qualidade do Modelo:

Loss = 293.73131191262837
Erro Médio Quadrado = 0.3722830315749409
 $R^2 = 0.6272445280296595$

Figura 7. Regressão linear entre a área interna do imóvel e o seu preço.

Dados do Modelo:

Alpha = 6.265392067286938e-18
Beta = 0.903660209981413



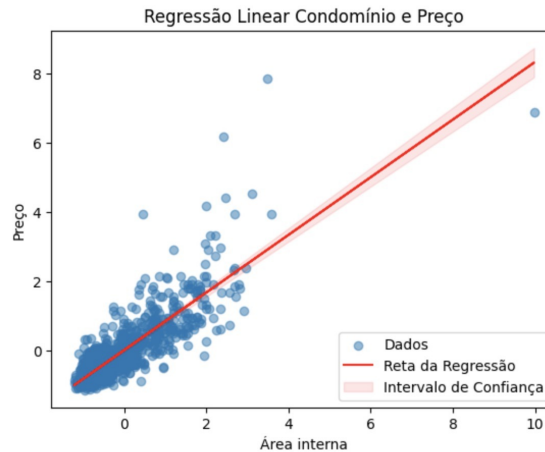
Qualidade do Modelo:

Loss = 144.51780121832317
Erro Médio Quadrado = 0.18316578101181644
 $R^2 = 0.8166017751036507$

Figura 8. Regressão linear entre o IPTU do imóvel e o seu preço.

Dados do Modelo:

Alpha = 6.265392067286938e-18
Beta = 0.8338656431288247



Qualidade do Modelo:

Loss = 240.07845429696977
Erro Médio Quadrado = 0.3042819446095941
 $R^2 = 0.6953319107906475$

Figura 9. Regressão linear entre o valor do condomínio e o preço do imóvel.

Avaliamos a adequação dos modelos calculando o erro quadrático médio (EMQ) e o coeficiente de determinação (R^2) para cada variável. Descobrimos que a área interna, o IPTU e o valor do condomínio explicam aproximadamente 62.7%, 81.6% e 69.5% da

variância dos preços dos imóveis, respectivamente. Esses resultados indicam que cada uma dessas variáveis tem um impacto significativo no preço do imóvel.

Essas análises indicam que a área interna, o IPTU e o valor do condomínio são todos preditores substanciais do preço dos imóveis.

6. Regressão Linear Múltipla

Nesta seção, realizamos uma regressão linear múltipla com o objetivo de prever os preços dos imóveis. As variáveis independentes são: área do imóvel, número de quartos, banheiros, vagas de garagem, IPTU e índice de qualidade de vida urbana da área (IQVU).

A variável categórica do bairro não pôde ser incluída diretamente na regressão, porque não é numérica. Portanto, usamos o IQVU como uma representação numérica da influência do bairro. O IQVU leva em consideração aspectos gerais da qualidade de vida do bairro, como comércio, posto de saúde, higiene básica, entre outros.

Os dados IQVU de cada bairro foram importados e adicionados como uma nova coluna ao dataframe. Constatamos que algumas entradas nas colunas de condomínio, IPTU e IQVU estavam vazias, elas foram excluídas da construção do modelo de regressão.

Depois de preparar os dados, realizamos uma regressão linear múltipla.

Finalmente, calculamos o erro quadrado médio do nosso modelo, que é uma medida de quão bem o modelo se ajusta aos dados. O erro quadrado médio foi aproximadamente de 0.13, sugerindo um bom ajuste do modelo aos dados. Além disso, a medida R^2 foi de aproximadamente 0.86, o que indica que nosso modelo consegue explicar cerca de 86% da variabilidade no preço dos imóveis.

Após calcular o erro quadrado médio do nosso modelo, encontramos uma perda de aproximadamente 106. Essa medida de perda indica a diferença média ao quadrado entre as previsões do modelo e os valores reais dos preços dos imóveis. Uma perda de 106 sugere que, em média, nossas previsões estão desviando cerca de 106 reais do valor real.

7. Conclusão

Neste estudo, examinamos um banco de dados imobiliários em Belo Horizonte e tentamos identificar as características mais importantes que influenciam o preço de venda de um imóvel.

Realizamos análises de correlação e regressão para examinar a relação entre várias características dos apartamentos e seus preços de venda. Com base na correlação de Pearson, encontramos uma forte relação positiva entre preços de imóveis e áreas internas, IPTU e valores de condomínio. A análise de regressão linear confirmou essas relações e forneceu uma medida quantitativa do impacto dessas características no preço. Além disso, uma análise de regressão linear múltipla foi realizada considerando todas as características significativas. Nesta análise, incorporamos Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) como uma representação numérica. O modelo resultante foi capaz de explicar cerca de 86% das flutuações dos preços dos imóveis, o que mostrou um bom ajuste do modelo aos dados.

Em resumo, este estudo constatou que a área interna, o IPTU, o valor do condomínio e o IQVU são fatores importantes na determinação do preço de um imóvel. Essas descobertas podem ser úteis para compradores, vendedores e agentes imobiliários para tomar decisões imobiliárias informadas. No entanto, deve-se lembrar que os modelos estatísticos não levam em consideração todas as nuances que podem afetar o preço dos apartamentos. Outros fatores, tais como condições do mercado, alterações legais e preferências individuais, também desempenham um papel importante e devem ser considerados.

Por fim, deve-se ressaltar que a base de dados apresenta majoritariamente apartamentos da região Centro-Sul de Belo Horizonte. Assim, as análises aqui apresentadas são mais confiáveis em relação à essa área. Logo, caso haja interesse em análises mais precisas em relação à cidade como um todo, seria necessário buscar dados de outras imobiliárias que trabalham com imóveis de outras regiões.

Referências

- [1] Adhikari, A., & DeNero, J. (2020). Computational and Inferential Thinking: The Foundations of Data Science.
- [2] Lau, S., Gonzalez, J., & Nolan, D. (2020). Principles and Techniques of Data Science. Retrieved from
- [3] Pedro Olmo Stancioli Vaz de Melo. (2023). Slides da matéria "Introdução à Ciência dos Dados".
- [4] Pedro Olmo Stancioli Vaz de Melo. (2023). Aulas de Ciência dos Dados.