

## IMPACTO ECONÔMICO DE INUNDAÇÕES NO VALOR DOS IMÓVEIS NA BACIA DO RIO TUBARÃO, BRASIL

*Economic impact of floods on property values in the Tubarão River basin, Brazil*

### Murilo Damian Ribeiro

<http://orcid.org/0000-0002-5524-2184> 

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Florianópolis, Brasil.  
murilodamianr@gmail.com

### Carlos Augusto Zilli

<http://orcid.org/0000-0002-4926-1186> 

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC),  
Florianópolis, Brasil.  
carlozilli@gmail.com

### Norberto Hochheim

<http://orcid.org/0000-0003-4670-4831> 

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),  
Florianópolis, Brasil.  
hochheim@gmail.com

### RESUMO

Os eventos de inundação são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos, causando prejuízos de ordem econômica em diversos setores da economia, entre eles o mercado imobiliário. Este estudo objetivou investigar os impactos que a existência do risco de inundação tem sobre o valor de mercado de imóveis localizados na planície de inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. A proposta metodológica consistiu em modelar o mercado imobiliário local, com uso de regressão linear múltipla, em que a variável tempo de retorno (TR) foi avaliada e considerada para a geração do modelo. Os resultados revelaram que o risco de inundação afeta significativamente o valor dos imóveis situados na planície em estudo. Observou-se que os imóveis localizados em zonas com menor risco de inundação (TR = 100 anos) tendem a ser 17% mais valorizados que aqueles imóveis localizados em zonas com maior risco de inundação (TR = 25 anos). Como produto final para este estudo gerou-se superfícies de valores para os imóveis da área em estudo, utilizando-se o interpolador de krigagem ordinária, para diferentes cenários.

**Palavras-Chave:** Avaliação de imóveis; Risco de inundação; Valor de imóveis; Regressão linear; Krigagem ordinária.

### ABSTRACT

Flood events are responsible for a high number of human and material losses every year, causing economic losses in various sectors of the economy, including the real estate market. This study aimed to investigate the impacts that the existence of flood risk has on the market value of properties located in the floodplain of the Tubarão River Basin. The methodological proposal consisted of modeling the local real estate market, using multiple linear regression, in which the payback time (TR) variable was evaluated and considered for the generation of the model. The results revealed that the risk of flooding significantly affects the value of properties located on the plain under study. It was observed that properties located in areas with lower risk of flooding (TR = 100 years) tend to be 17% more valued than those properties located in areas with greater risk of flooding (TR = 25 years). As a final product for this study, value surfaces were generated for the properties in the study area, using the ordinary kriging interpolator, for two different scenarios.

**Keywords:** Property appraisal; Flood risk; Real estate value; Linear regression; Ordinary kriging.

Preenchimento dos Editores

### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Submetido em 18/02/2024  
Publicado em 22/03/2024

Comitê Científico Interinstitucional  
Editor-Responsável: Carlos Augusto Zilli  
Avaliado pelo Sistema Double Blind Review  
(SEER/OJS – Versão 3)



## 1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, o Brasil presenciou um crescimento bastante significativo da sua população urbana e, adicionalmente, verificou-se que esse crescimento se concentrou principalmente nas regiões metropolitanas. O processo de urbanização no Brasil, acentuado a partir da década de 1960, foi um dos principais vetores de eventos de inundação registrados em nosso país. Esses eventos causam diversos problemas de saúde pública, perdas humanas, prejuízos econômicos, perda de qualidade de vida, e outros.

Conforme constatam Tucci e Bertoni (2003), o controle de eventos de inundação é um processo permanente, não basta que se estabeleçam regulamentos e que se construam obras de proteção, é necessário estar atento às potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco. Segundo Abreu (2019), as perdas econômicas decorrentes das inundações urbanas geram prejuízos da ordem de bilhões de reais, acarretando em gastos por parte do poder público e da população. O autor cita que gastos com inundações urbanas no Brasil foram estimados entre US\$ 1 e 2 bilhões ao ano.

Os prejuízos de ordem econômica decorrentes de eventos de inundação afetam diretamente o setor imobiliário. Donnelly (1989), Bartosova et al. (2000), Zhang (2018) e Komarek et al. (2020) constataram que um imóvel localizado em área inundável sofre, em geral, desvalorização se comparado à área não inundável. Eves (2002) observou que a redução do preço devido aos riscos de inundação é maior no período imediatamente após uma inundação, do que antes e corrobora com a hipótese de que o aumento do risco de inundação diminui os valores das propriedades residenciais.

No Brasil, são incipientes as pesquisas nesta direção. Lezcano (2004), utilizou 159 dados de imóveis residenciais referente aos municípios de Curitiba, Pinhais e Colombo (Paraná). Entre as variáveis consideradas, estava o período de retorno relativo às inundações. Os resultados revelaram que o risco de inundação afeta significativamente o valor dos imóveis situados em planícies de inundação. Uma alteração do período de retorno de 10 para 100 anos levou a uma valorização de cerca de 17% no preço dos imóveis.

Considerando-se que as inundações urbanas são cada vez mais frequentes e que, via de regra, o poder público não trata este tema como deveria e, ainda, devido ao fato de que há poucos estudos no Brasil que relacionam risco de inundação e valor dos imóveis, esta pesquisa objetivou investigar o impacto do risco de inundação sobre o valor de imóveis localizados na bacia do rio Tubarão, em Tubarão/SC.

Sendo assim, partindo dessa premissa, quando um imóvel está localizado em uma região com risco alto de inundação, acredita-se que esse elemento possa causar um impacto negativo significativo no valor de mercado desse imóvel e, portanto, a implantação de sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundações poderia, em princípio, minimizar este impacto.

Esta pesquisa tem relevância teórica e prática por estar relacionada ao estudo de fatos e situações em um contexto regional. Trata-se de um estudo que busca incrementar conhecimentos sobre os impactos do risco de inundação sobre o valor de mercado de imóveis, incluindo considerações práticas relacionadas aos efeitos da adoção de medidas de contenção e minimização destes riscos.

## 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE INUNDAÇÕES E SEUS RISCOS

### 2.1. RISCOS E OS COMPONENTES DO RISCO

Em sentido amplo, o termo “risco” pode ser compreendido sob olhar matemático, que define ser a probabilidade da ocorrência de evento num tempo e espaço, de forma aleatória, e como este evento pode, de certa forma, afetar a vida das pessoas (CASTRO et al., 2005). A associação das expressões pode ser compreendida a partir da intersecção das zonas de suscetibilidade e de ocupação, área esta que deve ser analisada quanto a possibilidade de risco e perigo, conforme figura 1.

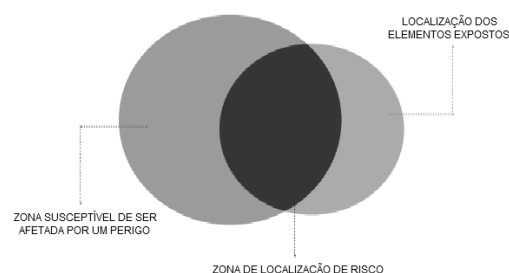
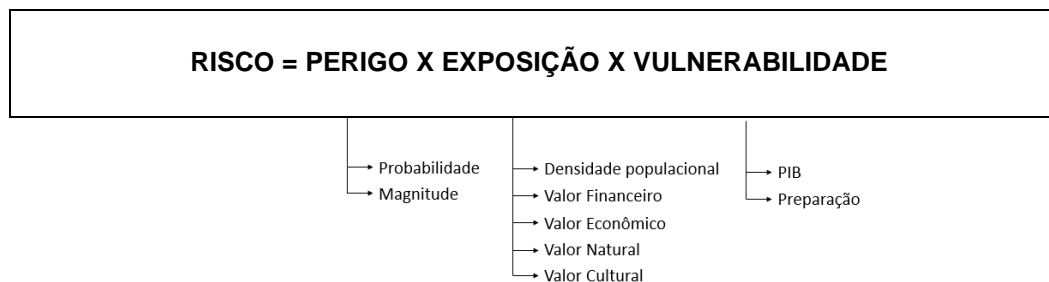


Figura 1 - Localização da zona de elementos expostos (adaptado de Julião, 2009).

Segundo Crichton (1999), o risco é a probabilidade da ocorrência de dano, resultante do produto de três componentes: perigo, exposição e vulnerabilidade. O crescimento ou decréscimo do risco é proporcional à variação destes elementos, ou seja, havendo aumento de uma das variáveis, haverá o aumento do risco. Convencionalmente, adaptado de Kron (2002), o risco é expresso pela equação:



A equação de risco mostra a importância de se realizar a análise preliminar do cenário para que se obtenha a estimativa de riscos, que de acordo com Castro (2007), partem da análise das variáveis, “perigo”, “exposição” e “vulnerabilidade”, o que permitirá estabelecer relações de causa e efeito do desastre.

## 2.2. DIFERENCIAÇÃO DE ALAGAMENTO, ENCHENTE E INUNDAÇÃO

O Ministério das Cidades (2007) define alagamento como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial. Portanto o alagamento ocorre quando o montante de água precipitada supera a capacidade de escoamento do sistema de drenagem urbana, o que resulta no acúmulo momentâneo de água nas vias públicas.

Devido às traduções equivocadas da literatura estrangeira para o português ao longo da história, há confusão, principalmente, entre os termos enchente e inundação. De acordo com Goerl e Kobiyama (2005), a palavra enchente (ou cheia) têm como origem o verbo encher, do latim *implere*, que significa ocupar o vazio, a capacidade ou a superfície. Havendo o extravasamento das águas às áreas adjacentes, diz-se que ocorreu uma inundação. Na figura 2 pode-se verificar a situação de alagamento, enchente e inundação.



Figura 2 - Diferença entre alagamento, enchente e inundação (Ministério das Cidades, 2007).

## 2.3. DANOS RELACIONADOS ÀS INUNDAÇÕES

É comum que inundações provoquem danos materiais e, dependendo de sua intensidade, grandes danos humanos. Em conformidade com Sousa (2018), inundações podem desencadear incidentes de menor monta, colapso nos serviços e até perdas de vidas humanas por sinistros ou doenças de veiculação hídrica. Em áreas com grande densidade habitacional, principalmente quando situadas em áreas de risco, verifica-se a destruição de bens imóveis, avaria em bens móveis, em utensílios domésticos e em veículos; instaurando dano material e, por vezes, causando dano humano.

Segundo Sousa (2018), as águas advindas do escoamento superficial invadem os efluentes domésticos, e mesclam-se a matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis e microrganismos patogênicos, o que resulta em doenças de veiculação hídrica, como: leptospirose, hepatite, doenças diarreicas e febre tifóide.

Com relação aos bens imóveis, como casas, apartamentos, lojas comerciais, indústrias, escolas, hospitais, entre outros, as inundações causam danos que geram grandes impactos econômicos. O processo de mitigação destes eventos, acredita-se, pode trazer grandes benefícios econômicos aos municípios.

## 2.4. URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NAS INUNDAÇÕES

Inundações foram amplamente descritas e catalogadas na história da humanidade, contudo, os impactos registrados por este fenômeno têm sido cada vez maiores, causando mortes, danos ambientais e grandes prejuízos econômicos. Lezcano (2004), cita que o aumento do fenômeno dá-se, em grande parte, pelo processo acelerado da urbanização. Na figura 3 observa-se o processo de evolução urbana e as inundações.

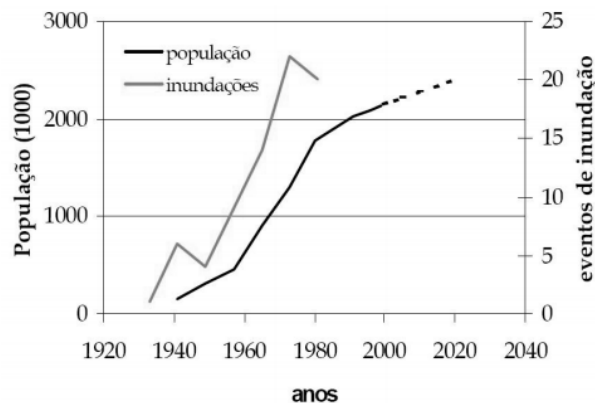


Figura 3 - Evolução urbana e ocorrência de inundações (adaptado de Ramos, 1998).

A humanidade procurou, historicamente, por suas vantagens, fixar-se em áreas próximas de planícies de inundação (LIMA, 2003). Assim, atividades como agricultura, abastecimento de água e esgoto tornavam-se mais fáceis, dada a topografia favorável, fertilidade do solo e possibilidades de acesso ao terreno.

Em Tubarão, município em que esta pesquisa está concentrada, por exemplo, Goldenfum et al. (2018) explicam que a urbanização ocorreu dentro da planície de inundações do principal rio da cidade, que é caracterizada pela baixa declividade do terreno e pela morfologia meandrada de rios típicos de planície. Desta forma, após inundações ocorridas ao longo da história do município, sendo a grande inundação de 1974 o estopim da ação, o rio Tubarão foi retificado e dragado para minimização de futuros impactos.

Quando se estuda de forma mais detalhada os conceitos relacionados à probabilidade de ocorrência de inundações, verifica-se a importância de se empregar métodos estatísticos que possam englobar condicionantes que vão desde a distribuição espacial do fenômeno ao longo da história da região, a variáveis como: tempo de retorno (TR), dados pluviométricos e fluviométrico, tipo de relevo e superfície, dados de maré, estimativas de vazão, entre outros. Os métodos quantitativos buscam reduzir a subjetividade da análise, através da quantificação dos graus de suscetibilidade em valores numéricos.

Por meio destes modelos matemáticos, podem-se determinar as áreas inundáveis de determinada região, delimitando-as nos mapas de risco, através das ditas manchas de inundação conforme figura 4. Marcar o risco num mapa é o mesmo que certificar este risco no espaço em questão (TUCCI, 2003).

## 2.5. MEDIDAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES

Em geral, a literatura cita duas medidas para o controle de inundação: estrutural e não-estrutural. Em suma, pode-se dizer que as chamadas medidas estruturais estão ligadas às obras de engenharia, e as chamadas medidas não-estruturais englobam zoneamento, sistemas de alerta e seguros.

Tem-se que as medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial reduzindo os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (TUCCI, 2003).

Observa-se que as medidas estruturais, em conformidade com Tucci (2003), podem ser extensivas ou intensivas, sendo que as extensivas têm o aspecto de intervir na relação precipitação x vazão da bacia hidrográfica, modificando, por exemplo, as superfícies do solo ao longo da mesma. Quanto às medidas intensivas, aquelas que modificam os rios, Tucci (2003) as classifica em três tipos, conforme quadro 1.

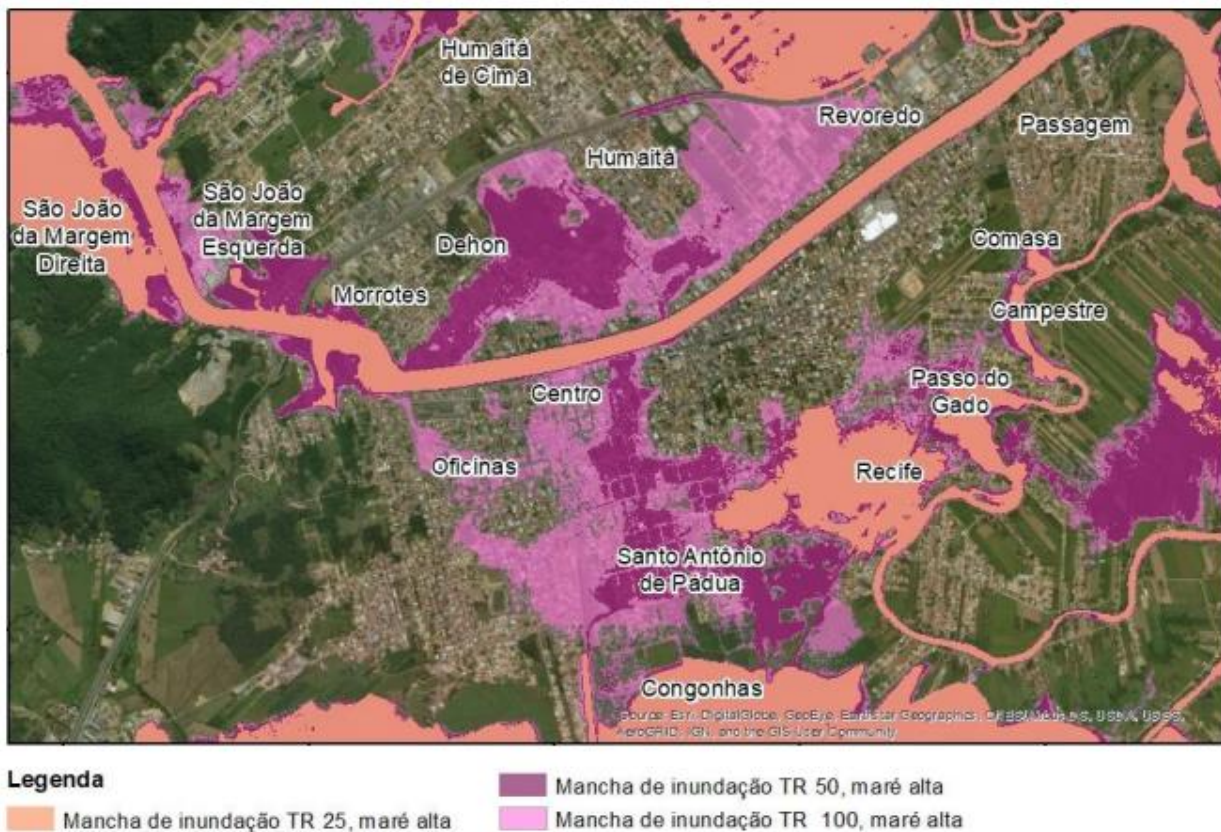


Figura 4 - Manchas de inundação sobrepostas na área em estudo (Goldenfum et al., 2018).

Quadro 1 - Classificação das medidas intensivas (Tucci, 2003).

Aceleram o escoamento	Diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros.
Retardam o escoamento	Reservatórios e bacias de amortecimento.
Desviam o escoamento	Canais de desvio.

Já com relação às medidas não-estruturais, Tucci (2003) classifica como: a) zoneamento de áreas de inundação através de regulamentação do uso da terra; b) construções à prova de enchentes; c) seguro de enchentes; e d) previsão e alerta de inundação. Soma-se aos elementos elencados, também as organizações de cursos aos agentes públicos atuantes, oficinas, palestras, manuais e cartilhas para a capacitação da população.

Salienta-se que as medidas não-estruturais podem ser aplicadas em conjunto com as medidas estruturais, ou individualmente, e tendem a minimizar os impactos dos danos e prejuízos gerados pelas cheias, dispendendo menor recurso para sua aplicação, quando comparadas às medidas estruturais.

### 3. METODOLOGIA

Embora os benefícios advindos do controle de inundações sejam bem mais abrangentes, como os prejuízos diretos e indiretos não vinculados ao valor de um imóvel, no contexto desta pesquisa, o benefício sócio-econômico é definido como o acréscimo no valor dos imóveis, resultante da redução do risco de inundação, proporcionado pela implementação de obras de controle e minimização de risco.

Para que seja possível realizar essa quantificação, é necessário que se defina o melhor modelo matemático, que seja capaz de determinar a variabilidade do valor de mercado dos imóveis na região em estudo, em função da probabilidade de ocorrência de uma inundação em um dado período de tempo (TR).

No caso específico dessa pesquisa, além das diversas variáveis vinculadas ao imóvel, será considerado também a probabilidade de ocorrência de inundação na região em estudo. Essa variável é apresentada por meio do chamado tempo de retorno (TR). Será utilizado, para obtenção deste modelo, técnicas de regressão linear múltipla em que a variável dependente representará o valor dos imóveis, e as variáveis independentes serão as características estruturais, localizacionais, ambientais e de infra-estrutura, incluída neste grupo a variável tempo de retorno (TR). Para melhor compreensão da descrição das etapas metodológicas que serão realizadas a partir deste ponto, optou-se por separar em tópicos como descrito:

## 1: Definição das variáveis a serem consideradas na pesquisa

Nesta etapa da pesquisa buscou-se identificar as características que possivelmente seriam importantes na formação do valor de mercado dos imóveis localizados na área em estudo. Essa etapa objetivou orientar o levantamento de dados que será realizado em etapa seguinte. Todas as variáveis levantadas foram verificadas estatisticamente quanto à significância para o modelo matemático.

## 2: Pesquisa visando a coleta de dados de mercado dos imóveis

Para essa pesquisa fez-se o levantamento de dados de mercado junto às imobiliárias que ofertam imóveis na região de estudo, além de visitas em campo, principalmente nas regiões em que o risco de ocorrência de inundação possui tempo de retorno mais baixo. Cada dado coletado pode ser localizado facilmente por meio de suas coordenadas UTM, que se referem a posição exata de cada imóvel da amostra. Nessa etapa utilizou-se como ferramenta o Google Earth para se determinar sua coordenada UTM. Para se determinar a distância à polos de valorização/desvalorização ou equipamentos urbanos, utilizou-se como ferramenta o software QGis 2.18.33 e a distância euclidiana. Nesta etapa, ainda, foi realizada a caracterização dos imóveis da amostra quanto ao risco de ocorrência de inundação associado à localização onde cada um destes imóveis se encontra na área da bacia do rio Tubarão.

## 3: Análise exploratória dos dados de mercado dos imóveis

Nesta etapa realizou-se a análise exploratória dos dados com o objetivo de reconhecê-los e visando analisar as relações entre variáveis independentes e destas com a variável dependente, bem como identificar outliers. Utilizou-se como ferramenta o software RStudio onde se pôde analisar os diagramas, histogramas, entre outros.

## 4: Formulação do modelo matemático – regressão clássica

Nesta etapa buscou-se modelar, utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários, a melhor equação de regressão linear múltipla. Foram testadas diversas transformações nas variáveis (quadrada, inversa, raiz quadrada, logarítmica, potência) visando obter um modelo de qualidade que pudesse explicar o mercado imobiliário da área em estudo da forma mais real possível. Como ferramenta para modelagem por regressão clássica utilizou-se, também, o software RStudio e seus pacotes estatísticos de regressão.

## 5: Verificação dos pressupostos e a qualidade do modelo

Como complementação para a etapa anterior, realizou-se a análise de todos os pressupostos básicos da inferência para ter certeza que o modelo escolhido era adequado. Por meio de testes específicos, verificou-se linearidade, autocorrelação, homocedasticidade, multicolinearidade e normalidade.

## 6: Análise dos resultados, comparação para diferentes TR

Nesta última etapa pôde-se verificar, então, o impacto que a existência do risco de inundação tem sobre o valor de mercado dos imóveis na região em estudo. Para isso, definiu-se um imóvel padrão e fez-se variar o tempo de retorno (variável TR), substituindo pelos valores TR = 25, TR = 50 e TR = 100 anos no modelo clássico de regressão linear múltipla ajustado. Esta estratégia permitiu verificar o impacto que há no valor de um imóvel padrão quando este está em uma planície de inundação. Para essa etapa utilizou-se como ferramenta planilhas eletrônicas e o software QGis para classificar e determinar as regiões de maior risco. Por fim, utilizando o software Surfer 15, gerou-se um mapa de gradientes contendo o valor unitário dos imóveis da área em estudo para dois cenários, fazendo variar o tempo de retorno no modelo ajustado.

### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa se encontra ao sul do estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas latitude 28°28'00" S e longitude 49°00'25" O, com área total de 301,755 km<sup>2</sup>. A altitude média na

sede do município de Tubarão, conforme figura 5, é de 9 metros acima do nível do mar, e o ponto culminante, conhecido popularmente como morro do Martinelli, fica a 540 metros, no bairro Rio do Pouso.



Figura 5 - Localização do município de Tubarão, SC (adaptado de Zumblick, 2022).

A bacia do Rio Tubarão (BHRT) é uma bacia estadual, ou seja, não faz divisa com outros estados ou fronteira com outros países, está localizada no sul do Estado de Santa Catarina e soma área de 4.740 km<sup>2</sup>. Situa-se entre as coordenadas 49°34'0"W, 48°37'48"L, 28°42'47"S e 27°44'0"N e, de acordo com SDS (2017), insere-se na região hidrográfica RH-9, junto à bacia do rio D'uma.

A BHRT é dividida em quatro sub-bacias, sendo elas: Bacia do rio Capivari, bacia Braço do Norte, bacia Formadores do Rio Tubarão e bacia do Baixo Tubarão. O Rio Tubarão, após percorrer 120 km, desemboca na Lagoa de Santo Antônio dos Anjos, que forma expressivo delta intralagunar.

### 3.2. COLETA DE DADOS DE MERCADO

Neste estudo foram coletados 102 dados de mercado de tipologia casa residencial em diferentes bairros do município de Tubarão. Esta quantidade de dados é suficiente para os objetivos a que se pretende atingir com este estudo, dado que se poderia gerar um modelo com até 16 variáveis independentes. Nas figuras 6 e 7 é apresentado a distribuição espacial dos dados de mercado coletados para esta pesquisa.

Na figura 6, os pontos marcados em amarelo referem-se aos 102 dados coletados; os pontos marcados em vermelho referem-se aos supostos pontos de valorização; e, a região marcada em azul, refere-se ao Rio Tubarão. Com relação aos supostos pontos de valorização que serão testados acerca da importância na formação do valor dos imóveis, tem-se o Hospital marcado com 1; o Farol Shopping marcado com 2; a Universidade marcada com 3; a Catedral marcada com 4 e o Fórum marcado com 5.

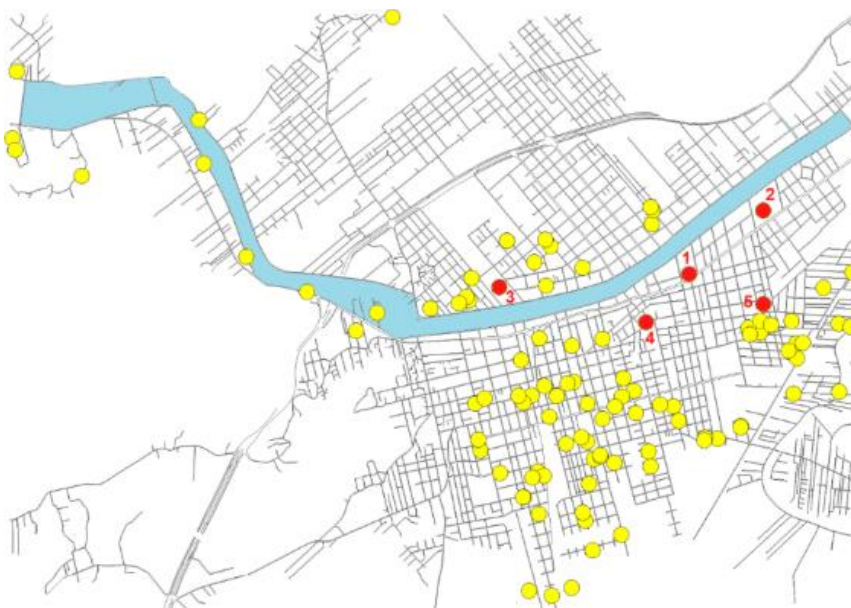


Figura 6 - Distribuição espacial dos dados.

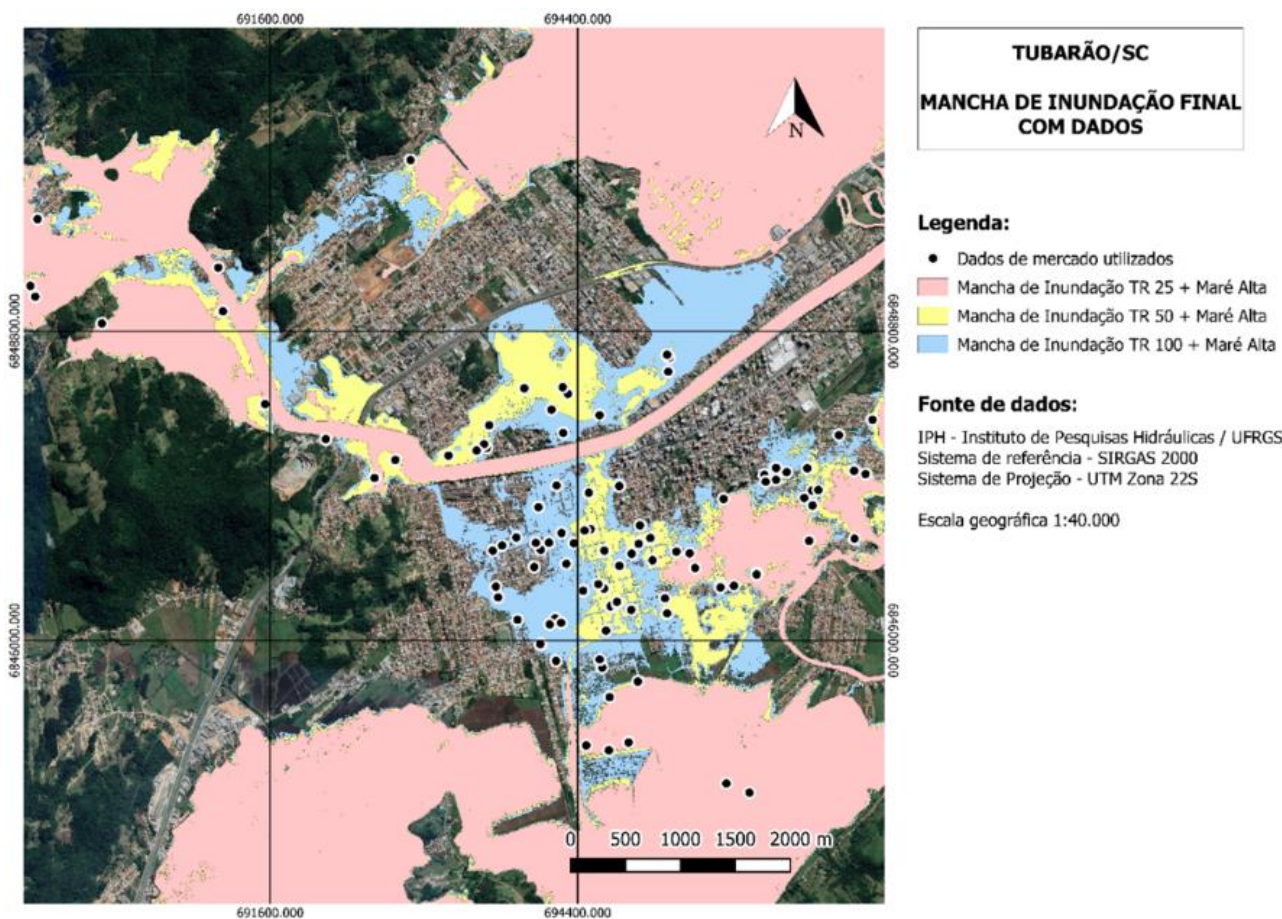


Figura 7 - Distribuição espacial dos dados da amostra coletada.

No quadro 2 pode-se verificar a descrição de cada uma das variáveis efetivamente utilizadas no modelo ajustado, bem como o comportamento esperado para a respectiva variável.

Quadro 2 - Descrição das variáveis utilizadas no modelo

Etapa	Descrição
Valor Total (VT)	Variável quantitativa dependente e contínua, em unidades monetárias, que indica o valor total, em reais (R\$), pelo qual se está ofertando o imóvel no mercado.
Área Construída	Variável quantitativa contínua que representa a área total construída existente em cada um dos imóveis da amostra, sendo expressa em metros quadrados (m²). Como comportamento para esta variável espera-se que quanto maior a área construída de um imóvel, maior será o seu valor total.
Área do Terreno	Variável quantitativa contínua que representa a área total do terreno pertencente a cada um dos imóveis da amostra, sendo expressa em metros quadrados (m²). Como comportamento para esta variável espera-se que quanto maior a área do terreno de um imóvel, maior será o seu valor total.
Estado de Conservação	Variável qualitativa que informa o estado de conservação do imóvel coletado. Para esta variável utilizou-se códigos alocados: médio/ruim = valor 1; bom = valor 2; ótimo/novo = valor 3. Espera-se o aumento do valor total do imóvel à medida que o estado de conservação do imóvel melhora.
Tipo de Construção	Variável qualitativa que informa o tipo de material empregado na edificação do imóvel coletado. Para esta variável utilizou-se códigos alocados: madeira = valor 1; mista = valor 2; alvenaria = valor 3. Espera-se o aumento do valor do imóvel à medida que a tipologia vai de madeira a alvenaria.
Vila Moema	Esse bairro, mesmo estando em uma cota relativamente baixa em Tubarão, possui historicamente os imóveis mais caros do município. Desde sempre viveram neste bairro, pintores, políticos, empresários, pessoas do alto escalão, tornando-se um bairro visado e cobiçado. Considerou-se o bairro como uma variável dicotômica representada por 0 (zero) se determinado imóvel não está neste bairro, e 1 (um) se o imóvel está. Busca-se, com este atributo, conseguir capturar a influência histórica que existe sobre este bairro. Para esta variável espera-se um aumento no valor total dos imóveis quando ele está localizado na Vila Moema.
Tempo de Retorno	Variável quantitativa que representa o tempo de retorno de um evento de inundação para a localização espacial de cada dado da amostra. Utilizaram-se, para esta pesquisa, os tempos de retorno correspondentes a 25, 50 e 100 anos, para a bacia do rio Tubarão. Espera-se, para esta variável, que o aumento no tempo de retorno de uma inundação faça com que um imóvel esteja menos sujeito ao risco e, desta forma, ocorra a sua valorização.



Distância ao Farol Shopping	Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e Farol Shopping de Tubarão. Este é um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima do Farol Shopping.
Distância à Universidade	Variável quantitativa contínua que representa a distância euclidiana, em metros (m), entre o imóvel coletado e a UNISUL. Este é, também, um possível polo de valorização do município. Espera-se um aumento no valor do imóvel à medida que ele se aproxima da UNISUL de Tubarão. Tomou-se como referência para representar este ponto, a Biblioteca Universitária.
Coordenada UTM E ou N	Representa a coordenada métrica (Universal Transversa de Mercator) da amostra representando a localização geográfica E ou N do imóvel, sendo que o sistema geodésico WGS84

É importante destacar que o tempo de retorno (TR), corresponde ao valor esperado do intervalo entre duas cheias consecutivas iguais ou maior que uma determinada magnitude. Chow et al. (1988), demonstraram que, no caso de eventos independentes, o tempo de retorno ou tempo de recorrência (TR) em anos é igual ao inverso da probabilidade de o evento ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Realizou-se, em primeiro momento, uma análise exploratória dos dados da amostra coletada. Neste estudo, a variável explicada é o valor total (VT) dos imóveis, em reais (R\$). Na amostra de 102 dados de mercado coletados, observaram-se imóveis com valores entre R\$ 120.000,00 e R\$ 2.250.000,00, cuja média é de R\$ 464.618,00. Em engenharia de avaliações, visando a obtenção de uma distribuição mais próxima da normal, é comum a utilização da transformação logarítmica na variável explicada. Segundo Droubi et al. (2018), a distribuição lognormal apresenta diversas aplicações práticas, sendo comum, na área de avaliação de imóveis, mas não apenas, deparar-se com dados que seguem esta distribuição.

Observou-se, por meio de histogramas de frequência, que os imóveis apresentavam forte padrão de assimetria positiva, com dados assimétricos à direita, quando se adotava a escala original. Observa-se, no entanto, que o histograma dos dados na escala logarítmica apresenta uma correção da assimetria, com dados mais próximos da distribuição normal. Constata-se, então, que a transformação logarítmica na variável explicada (Valor Total – VT) corrige de maneira satisfatória a assimetria e apresenta a distribuição mais próxima da distribuição normal. Sendo assim, foi adotado esta transformação na variável valor total.

Sobre a correlação entre as variáveis independentes, segundo a NBR 14.653-2 (2011), item A.2.1.5.1, uma forte dependência linear entre duas ou mais variáveis explicativas provoca degenerações no modelo e limita sua utilização. A norma informa, ainda, que para verificação da multicolinearidade deve-se analisar a matriz das correlações, que espelha as dependências lineares de primeira ordem entre as variáveis independentes, com atenção para resultados superiores a 0,80.

Entre as oito variáveis independentes efetivamente utilizadas no modelo, excetuando-se as coordenadas UTM, o maior valor de correlação observado foi de 0,48 entre as variáveis distância ao shopping Farol Shopping e se o imóvel está no bairro Vila Moema, abaixo do que indica a norma.

### 4.2. MODELO CLÁSSICO DE REGRESSÃO LINEAR

Para construção do modelo clássico de regressão, realizou-se diversas combinações de transformações nas variáveis independentes do conjunto de dados, excluindo os possíveis pontos discrepantes, buscando um modelo que não ferisse nenhum dos pressupostos básicos da inferência estatística, e que ao mesmo tempo apresentasse significância e coerência em todos os regressores considerados. O modelo, respeitando as condições mencionadas, é apresentado na equação 1.

$$\ln(VT) = 8,1815 + 0,3677 \times \ln(\text{AREA\_CON}) + 0,2956 \times \ln(\text{AREA\_TER}) + 0,2609 \times (\text{CONSER}) + 0,1806 \times (\text{CONSTR}) + 0,5548 \times (\text{VILA\_MOEMA}) - 5,1699 / (\text{TEMPO\_RET}) + 92,27 / (\text{DIST\_SHOP}) + 116,97 / (\text{DIST\_UNIV}) \quad (1)$$

Realizou-se a transformação logarítmica ( $\ln x$ ) nas variáveis área construída e área do terreno; transformação inversa ( $1/x$ ) nas variáveis tempos de retorno, distância ao shopping e distância à universidade; e permaneceram na escala original ( $x$ ) as variáveis estado de conservação, tipo de construção e Vila Moema.

#### 4.2.1. Estatísticas dos Regressores do Modelo

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), item 5 tabela 1, para que se atinja o maior grau de fundamentação no tratamento estatístico dos dados de mercado, dentre outros fatores, deve-se considerar como nível de significância máximo para a rejeição da hipótese nula de cada regressor do modelo, por meio do teste bicaudal, o valor  $\alpha = 10,0\%$ . Conforme a tabela 1, nenhuma das variáveis explicativas consideradas possui  $t$  calculado menor que  $t$  crítico, fazendo com que todas sejam significativas para o modelo de regressão.

Tabela 1 - Estatísticas dos regressores do modelo clássico.

Variável	Coefficiente	Desv. Padrão	$t_{\text{calculado}}$	Significância
Constante	8,1815	0,3660	22,3606	0,00000
ln (AREA_CON)	0,3677	0,0549	6,69710	0,00000
ln (AREA_TER)	0,2956	0,0496	5,95842	0,00000
CONSER	0,2609	0,0569	4,58322	0,00001
CONSTR	0,1806	0,0447	4,04191	0,00011
VILA_MOEMA	0,5548	0,1453	3,81981	0,00025
1/TEMPO_RET	- 5,1699	2,5178	2,05337	0,04294
1/DIST_SHOP	292,27	138,69	2,10731	0,03787
1/DIST_UNIV	116,97	45,065	2,59568	0,01102

Verifica-se que os sinais dos regressores são coerentes com a expectativa do mercado imobiliário.

#### 4.2.2. Estatísticas do Modelo de Regressão

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), item 6 da tabela 1, para que se atinja o maior grau de fundamentação no tratamento estatístico dos dados de mercado, dentre outros fatores, deve-se realizar o teste F de Snedecor e o modelo deve ser significativo ao nível de 1,0% ( $F_{\text{crítico}} = 2,715$ ). Neste estudo obteve-se  $F_{\text{calculado}} = 36,950 > F_{\text{crítico}}$ , rejeitando-se a hipótese nula de inexistência de regressão. Na tabela 2 são apresentadas estatísticas do modelo clássico de regressão ajustado.

Tabela 2 - Estatísticas do modelo clássico de regressão.

Variável	Coefficiente
Número de observações	99
Número de variáveis	8
Desvio padrão da regressão	0,2684
Valor $t$ calculado ( $t_{\text{calc}}$ )	17,190
Coefficiente de determinação ( $R^2$ )	0,7664
Coefficiente $R^2$ ajustado ( $R^2_{\text{ajustado}}$ )	0,7457

Observa-se, pelos resultados da tabela 2, que o modelo de regressão foi construído considerando-se 99 dados amostrais (três pontos, cuja análise se encontra no tópico seguinte, foram excluídos da amostra) e 8 variáveis explicativas. O desvio padrão da regressão foi da ordem de  $SD = 0,2684$  e o coeficiente de correlação  $R = 0,8756$ , indicando uma correlação linear de nível forte. O coeficiente de determinação  $R^2$  é uma medida descritiva comumente utilizada em regressões lineares para indicar a qualidade do ajuste. Observa-se que o modelo de regressão ajustado é capaz de explicar 76,64% da variação, em relação à média, dos dados, sendo 23,36% atribuído a fatores aleatórios e a variáveis não consideradas no modelo.

#### 4.2.3. Verificação dos Pressupostos Básicos do Modelo

Conforme a NBR 14.653-2 (2011), quaisquer que sejam os modelos utilizados para inferir o comportamento do mercado e formação de valores de imóveis, seus pressupostos devem ser devidamente explicitados e testados, com o objetivo de obter avaliações não tendenciosas, eficientes e consistentes.

**Linearidade:** Segundo a NBR 14.653-2 (2011), após as transformações realizadas, se houver, deve-se examinar a linearidade do modelo, pela construção de gráficos dos valores observados para a variável dependente versus cada variável independente, com respectivas transformações. Os gráficos foram construídos utilizando as mesmas transformações adotadas no modelo e observa-se as relações lineares.

**Normalidade:** Para que se possa ter mais clareza a respeito da normalidade dos resíduos, realizou-se os testes formais de Kolmogorov-Smirnov e o de Jarque-Bera, ao nível  $\alpha = 5,0\%$ . O cálculo do teste de Kolmogorov-Smirnov indicou como maior diferença obtida o valor  $D_{\text{calculado}} = 0,0672 < D_{\text{crítico}} = 0,1367$ , portanto, a um nível de  $5,0\%$ , não há evidências para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos. A estatística do teste de Jarque-Bera forneceu Value = 0,7812 com p-value = 0,6767, o que indica que ao nível de  $5,0\%$ , não se pode rejeitar a hipótese nula  $H_0$  de que os erros têm distribuição normal e admite-se que há normalidade dos resíduos

**Homocedasticidade:** Para verificação de homoscedasticidade realizaram-se os testes formais de Koenker-Bassett e Breusch-Pagan. Os resíduos do modelo têm a sua homocedasticidade confirmada pelas significâncias na ordem de 0,2776 no teste de Breusch-Pagan e 0,1510 no teste de Koenker-Bassett. Portanto, ao nível de  $5,0\%$ , não se pode rejeitar a hipótese nula  $H_0$  e admite-se que modelo de regressão em estudo é homocedástico.

**Multicolinearidade:** Para que se obtivesse maior clareza sobre a existência de multicolinearidade em nível aceitável, realizou-se o cálculo do fator de inflação da variância para cada uma das variáveis consideradas no modelo. Gujarati et al. (2011) sugerem que se o fator de inflação da variância (VIF) for superior a 10,0, a variável é tida como altamente colinear. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 7. Observou-se que todas as variáveis explicativas utilizadas no modelo possuem fator de inflação da variância (VIF) inferior a 10,0. Sendo assim, todas as variáveis deste estudo tiveram a colinearidade aceita.

**Inexistência de Pontos Influenciantes e Outliers:** Entre os dados atípicos, há os pontos que a literatura chama de outliers e os que chama de influenciante, podendo ocorrer de forma individual ou em conjunto. Em engenharia de avaliações deve-se ter cautela com dados que apresentam grande dispersão. Considerando que esse estudo possui 102 dados de mercado, adotou-se como referência para exclusão de outliers os dados que apresentassem dispersão maior que + 2,5 ou menor que - 2,5 desvios padrões em torno da média. Os pontos IM\_48 (R\$ 2.250.000), IM\_55 (1.180.000) e IM\_91 (1.200.000) apresentaram desvio padrão superior aos limites estabelecidos e foram excluídos da amostra inicial. Para verificação se havia algum ponto influenciante, fez-se o cálculo da Distância de Cook. Nenhum ponto influenciante foi observado entre os 99 dados.

#### 4.3. VALORIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE RETORNO DA INUNDAÇÃO

O modelo da equação 1, desenvolvido neste estudo, será aplicado para estimar a valorização em função do tempo de retorno da inundação. O tempo de retorno (TR), presente no modelo, está diretamente relacionado à ocorrência de inundação nos imóveis contidos na respectiva bacia e este fenômeno, por sua vez, tem influência sobre o valor de mercado do bem. Portanto, baseado no modelo de regressão obtido e nas informações dos imóveis que estão localizados na área favorecida pelo acréscimo no tempo de retorno, por meio de implantação de sistemas de contenção e/ou minimização de desastres decorrentes de inundação, é possível se obter uma estimativa dos benefícios econômicos que se obtém ao se implementar tais intervenções. Para esta análise, buscou-se um imóvel padrão da região, semelhante aos imóveis observados. Na tabela 3 apresenta-se um resumo dos atributos e variáveis relativas a este imóvel padrão.

Tabela 3 - Imóvel padrão considerado neste estudo.

Característica	Imóvel Padrão
Área Construída (AREA_CON)	150 m <sup>2</sup>
Área do Terreno (AREA_TER)	350 m <sup>2</sup>
Estado de Conservação (CONSER)	2 (bom)
Tipologia da Construção (CONSTR)	3 (alvenaria)
Bairro do Imóvel (VILA_MOEMA)	0 (não)
Distância ao Shopping (DIST_SHOP)	2600 m
Distância à Universidade (DIST_UNIV)	1800 m

O modelo clássico de regressão obtido neste estudo é válido para a estimativa do valor de mercado de imóveis que estão contidos na área em estudo, dentro da bacia do Rio Tubarão, e à época em que a

pesquisa de mercado foi realizada, tendo em vista que os parâmetros do modelo de regressão clássica podem sofrer mudanças significativas em função da área e período da pesquisa. O impacto sobre o valor de mercado dos imóveis, advindo da implantação de sistemas de contenção/minimização de riscos, pode ser estimado substituindo o imóvel padrão no modelo de regressão, alternando o tempo de retorno entre 25, 50 e 100 anos.

#### 4.3.1. Estimativas para Diferentes Tempos de Retorno

Calcula-se, inicialmente, o valor de mercado de um imóvel padrão, com as características presentes na tabela 3, considerando este imóvel estar contido em área cujo tempo de retorno da inundação é de 25 anos:

$$VT = EXP [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (25) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)] \quad (2)$$

$$VT_{25} = R\$ 358.510,96$$

Procedeu-se, igualmente, para os imóveis cujo TR era de 50 e 100 anos, conforme equações 3 e 4.

$$VT = EXP [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (50) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)] \quad (3)$$

$$VT_{50} = R\$ 397.564,52$$

$$VT = EXP [8,1815 + 0,3677 \times \ln (150) + 0,2956 \times \ln (350) + 0,2609 \times (2) + 0,1806 \times (3) + 0,5548 \times (0) - 5,1699 / (100) + 292,27 / (2600) + 116,97 / (1800)] \quad (4)$$

$$VT_{100} = R\$ 418.658,78$$

Visando encontrar a valorização percentual média dos imóveis beneficiados com as possíveis medidas de contenção/minimização de riscos, nos cenários possíveis, calculou-se, para um imóvel padrão, a valorização de um imóvel quando o tempo de retorno do risco de inundação é aumentado de 25 para 50 anos, conforme equação 5 e, também, para o caso em que se aumenta o risco de 25 para 100 anos, conforme equação 6.

$$\frac{VT_{50}}{VT_{25}} = \frac{397.564,52}{358.510,96} = 0,1089 = 10,89\% \quad (5)$$

$$\frac{VT_{100}}{VT_{25}} = \frac{418.658,78}{358.510,96} = 0,1678 = 16,78\% \quad (6)$$

Observa-se, então, que a estimativa do benefício advindo da contenção e/ou minimização dos riscos de inundação ao se aumentar o tempo de retorno de 25 para 50 anos é, em média, de aproximadamente 11%. Este valor, ao se considerar o conjunto de todos os imóveis que serão beneficiados pela implantação destas ações, traz consigo um retorno potencialmente relevante para os municípios.

Para o segundo caso, em que se aumenta o tempo de retorno do risco de inundação de 25 para 100 anos, observa-se um impacto na valorização dos imóveis beneficiados pelas ações de contenção/minimização dos riscos de inundação, na ordem de 17%, para os imóveis situados na planície de inundação correspondente a 25 anos de retorno, quando esse tempo de retorno é aumentado para 100 anos. Caso se disponha da soma dos valores totais de todos os imóveis localizados na planície de inundação, é possível estimar, monetariamente, o benefício total advindo das ações de contenção/minimização dos riscos de inundação, o que pode ser, para o município, um importante instrumento de tomada de decisão.

#### 4.3.2. Superfície de Valores para Área em Estudo

Como produto final deste estudo, construíram-se duas superfícies de valores unitários para os imóveis da área em estudo considerando dois cenários distintos, a saber:

**Cenário 01:** Neste cenário, gerou-se uma superfície de valores unitários dos imóveis da área em estudo considerando os tempos de retorno originais, que são registrados atualmente na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, na região de Tubarão/SC. A superfície é vista na figura 8, considerando TR = 25, 50 ou 100 anos.

**Cenário 02:** Neste cenário, gerou-se uma superfície de valores unitários dos imóveis da área em estudo considerando um incremento no tempo de retorno das regiões mais susceptíveis à risco de inundação. Construiu-se um mapa em que todas as áreas antes com TR = 25 e 50 anos, agora apresentam TR = 100 anos. A superfície gerada é mostrada na figura 9, considerando TR = 100 anos para toda área. Esse cenário permite avaliar o impacto sobre o valor de mercado dos imóveis da área em estudo com a adoção de medidas de contenção obtidos ao se aumentar para 100 anos o tempo de retorno das inundações.

Para construção da superfície de valores unitários dos imóveis utilizou-se o software Surfer 15 para se realizar a interpolação por krigagem dos valores preditos nos dois cenários e definiu-se um imóvel padrão, conforme o descrito na tabela 3, fazendo variar as características Bairro do Imóvel (VILA\_MOEMA), Distância ao Shopping (DIST\_SHOP) e Distância à Universidade (DIST\_UNIV).

Neste caso, para se obter os valores unitários homogeneizados, fez-se variar, ao longo da área de estudo, as variáveis localizacionais bairro do imóvel, distância ao Farol Shopping e distância à universidade do município. Nas imagens seguintes são apresentados todos os cenários avaliados neste estudo.

O mapa de valores unitários da figura 8 para a área em estudo demonstra o que normalmente se verifica no mercado imobiliário de Tubarão, sendo os bairros Centro, Vila Moema e Dehon, os que apresentam imóveis de maior valor agregado. Observa-se uma zona de valorização na região central do bairro Centro, valorização esta que vai irradiando para os bairros adjacentes. Este é, hoje, o cenário que mostra o valor dos imóveis sem a adoção de medidas de minimização/controlar dos riscos de inundação.

Observa-se, por meio das figuras 8 e 9, um incremento no valor de mercado de praticamente todos os imóveis, evidenciado pela coloração mais clara do cenário 02 em relação ao cenário 01.

Isto demonstra que a adoção de estratégias e sistemas que visem controlar e/ou minimizar os riscos de inundações, podem causar um impacto positivo sobre o valor dos imóveis da área em estudo. Na bacia hidrográfica do Rio Tubarão, em Tubarão/SC, este impacto pode chegar a 17% no valor de mercado dos imóveis, quando comparado aos valores que se tinha na condição atual.

Verifica-se, ainda, que esse impacto irradia para todas as áreas, fazendo com que a vizinhança seja influenciada pela valorização daqueles imóveis que estavam contidos nas planícies de inundação com baixo tempo de retorno e que, a partir da potencial adoção de sistemas de controle, tiveram um impacto positivo.

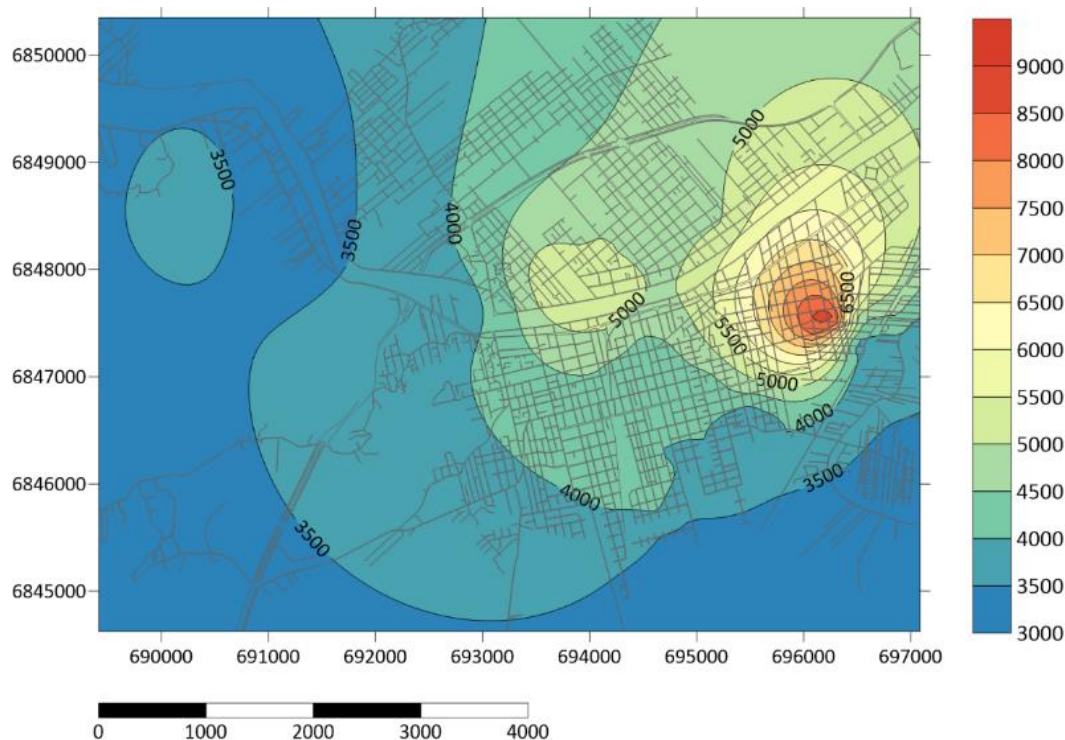


Figura 8 - Cenário 01: superfície de valores unitários na condição original.

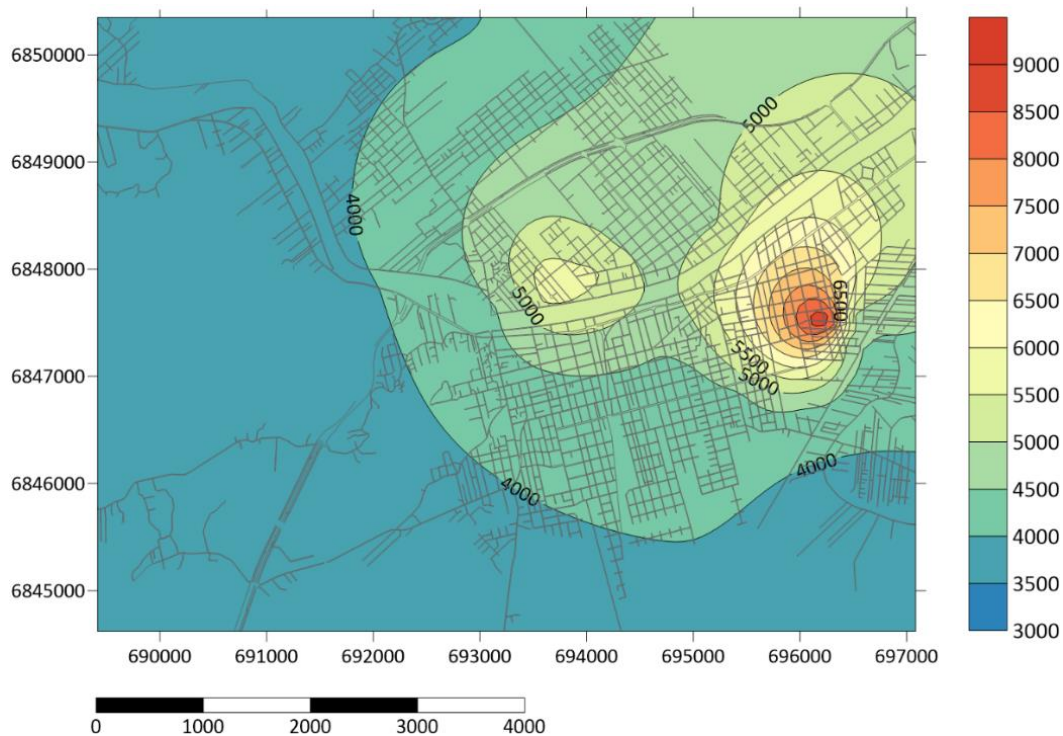


Figura 9 - Cenário 02: superfície de valores unitários para condição de TR = 100 anos.

Constata-se, no entanto, ao se observar os dois cenários propostos, que existem áreas em que não houve mudança no valor unitário dos imóveis. Esta condição ocorre pelo fato dos imóveis estarem fora da área de risco de inundação e/ou pertencerem à mancha de inundação de 100 anos (figura 4).

Por fim, observa-se que, a partir do impacto positivo no valor de mercado dos imóveis beneficiados pela eventual adoção de sistemas de controle e contenção de eventos de inundação, assim como os vizinhos que são, também, indiretamente beneficiados, conforme retratado por meio do cenário 2, resta óbvio um natural incremento na arrecadação de tributos de base imobiliária pelo governo municipal.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo investigou os impactos do risco de inundação sobre o valor de mercado dos imóveis na Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão/SC, utilizando um modelo de regressão linear múltipla que se mostrou estatisticamente robusto e adequado para a predição desses valores. A variável tempo de retorno (TR) das inundações foi identificada como um fator significativo, refletindo a importância desse parâmetro na determinação do valor dos imóveis da região em estudo.

Os resultados indicam que a implementação de medidas de controle de inundações pode levar a uma valorização substancial dos imóveis na área, com um aumento de 11% no valor dos imóveis quando o tempo de retorno passa de 25 para 50 anos, e de 17% ao passar de 25 para 100 anos. Este impacto positivo na valorização imobiliária não apenas beneficia os proprietários, mas também pode resultar em um aumento na arrecadação de tributos municipais, como o IPTU e o ITBI, além de oferecer uma base para a contribuição de melhoria. Este tipo de benefício deve, também, ser considerado na análise de custo-benefício, dado que ele faz retornar, para os cofres públicos, parte do investimento feito.

A aplicação prática desses resultados sugere que os gestores públicos considerem a adoção de estratégias de contenção de inundações como uma ferramenta não apenas de mitigação de riscos, mas também de promoção de desenvolvimento urbano sustentável. Em um contexto de urbanização acelerada e mudanças climáticas, este estudo fornece evidências importantes para a formulação de políticas públicas que busquem minimizar os impactos econômicos e sociais das inundações, incentivando o planejamento urbano resiliente e informando decisões de investimento em infraestrutura de controle de enchentes.

Além disso, este estudo destaca a necessidade de se aprofundar em pesquisas semelhantes em outras regiões do Brasil, onde a urbanização desordenada e a falta de infraestrutura adequada tornam as áreas urbanas particularmente vulneráveis a eventos de inundação. A replicação da metodologia empregada aqui pode auxiliar na criação de modelos preditivos robustos para outras bacias hidrográficas, contribuindo para um planejamento urbano mais eficiente e voltado para a mitigação de desastres naturais.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2: Avaliação de Bens. Parte 2: Imóveis Urbanos.** Rio de Janeiro, 2011. 53 p.
- ABREU, Fernando Girardi de. **Quantificação dos prejuízos econômicos à atividade comercial derivados de inundações urbanas.** 2019. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- BARTOSOVA, Alena; CLARK, David E.; NOVOTNY, Vladimir; TAYLOR, Kyra S. **Using GIS to Evaluate the Effects of Flood Risk on Residential Property Values.** Economics Faculty Research and Publications, 2000.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil. Brasília, 2007
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 28, n. 2, p. (11-30), 2005.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology.** International Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.
- CRICHTON, D. The risk triangle. In: INGLETON, J. (ed) **Natural Disaster Management.** Tudor Rose Holdings Limited, Leicester, Inglaterra, p. (102-103), 1999.
- DONNELLY, William A. **Hedonic price analysis of the effect of a floodplain on property values.** Journal of the American Water Resources Association, v. 25, n. 3, p. (581-586), 1989. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1989.tb03095.x>
- DROUBI, L. F. P.; ZONATO, W. e HOCHHEIM, N. **Distribuição lognormal: propriedades e aplicações na engenharia de avaliações.** In: Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial, Florianópolis, Anais... SC, 2018.
- EVES, Chris. **The long-term impact of flooding on residential property values.** Property Management, v. 20, n. 4, p. (214-227), 2002. <https://doi.org/10.1108/02637470210444259>
- GOERL, R. F.; KOBAYAMA M. **Considerações Sobre as Inundações no Brasil.** XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2005).
- GOLDENFUM, J.; DORNELLES, F.; SILVEIRAE, A.; SCHETTINI, E.; ZANANDREA, F. **Extensão e Pesquisa: Estudos para elaboração de Plano de Macrodrenagem de Tubarão - SC.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 1, p. (1-207), 2018.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH Bookman, 2011.
- JULIÃO, R. P. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal.** Lisboa: Direção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009
- KOMAREK, Timothy M.; FILER, Larry. **Waiting after the storm: the effect of flooding on time on the housing market in coastal Virginia.** The Journal Applied Economics Letters v. 27, n. 4, p. (298-301), 2020. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1616047>
- KRON, W. **Flood risk = hazard x exposure x vulnerability.** Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, 2002.
- LEZCANO, L. M. **Análise do efeito do risco de cheia no valor de imóveis pelo método dos preços hedônicos.** UFPR - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- LIMA, J. C de. **Avaliação dos riscos e danos de inundação e do impacto da adoção de medidas não-estruturais em Itajubá/MG.** Dissertação – Escola de Engenharia de Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte - UFMG, 2003.
- SDS - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano estadual de recursos hídricos de Santa Catarina: caracterização geral das regiões hidrográficas de Santa Catarina (RH-9).** 2017.
- SOUSA, Daniela Prá Silva. **Proposta metodológica para estimativa de danos e mapeamento de risco associados a inundações em áreas urbanas.** 2018. Dissertação (Mestrado Desastres Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar, 2003.
- TUCCI, E. M; BERTONI J.C. (Org.) **Inundações Urbanas na América do Sul:** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre 2003.
- ZHANG, Lei; LEONARD, Tammy. **Flood hazards impact on neighborhood house prices.** The Journal of Real Estate Finance and Economics, v. 58, n. 1, p. (656-674), 2019. <https://doi.org/10.1007/s11146-018-9664-1>.