

**Suscetibilidade a Inundações em Ambientes Urbanos: Análise da Bacia  
do Ribeirão Lageado com Base no HAN Model**

**Matheus Vargas de Oliveira**

Discente do Programa de Pós-Graduação, Unesp, Brasil

[matheus.vargas@unesp.br](mailto:matheus.vargas@unesp.br)

0009-0003-4135-4606

**Edson Luís Piroli**

Professor Doutor, Unesp, Brasil

[edson.piroli@unesp.br](mailto:edson.piroli@unesp.br)

0000-0002-3350-2651

## Suscetibilidade a Inundações em Ambientes Urbanos: Análise da Bacia do Ribeirão Lageado com Base no HAND Model

### RESUMO

**Objetivo** - Analisar a suscetibilidade a inundações na Bacia do Ribeirão Lageado, localizada no município de Avaré-SP, com o intuito de subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental em áreas construídas.

**Metodologia** - Aplicação do modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), uma ferramenta topográfica capaz de estimar o potencial de escoamento superficial com base na elevação relativa ao curso d'água mais próximo. Foram utilizados dados de Modelo Digital de Elevação (MDE), integrados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

**Originalidade/relevância** - O estudo é relevante ao aplicar o modelo HAND em uma bacia urbana de porte médio, contribuindo para o avanço das discussões sobre riscos hidrológicos relacionados à urbanização desordenada.

**Resultados** - Cerca de 10% da bacia apresenta alta ou muito alta suscetibilidade a inundações, sobretudo em áreas densamente ocupadas e com ausência de cobertura vegetal.

**Contribuições teóricas e metodológicas** - Validação do modelo HAND como ferramenta eficiente de apoio à gestão territorial e à geração de diagnósticos rápidos e acessíveis sobre riscos urbanos. Reforçando a integração entre análise espacial e planejamento territorial.

**Contribuições sociais e ambientais** - Evidencia a importância de políticas públicas voltadas à ocupação adequada do solo urbano e à mitigação de riscos hidrológicos em áreas vulneráveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inundações urbanas. Geotecnologias. Modelo HAND. Planejamento ambiental.

## Flood Susceptibility in Urban Environments: Analysis of the Ribeirão Lageado Basin Based on the HAND Model

### ABSTRACT

**Objective** - To analyze flood susceptibility in the Ribeirão Lageado Basin, located in the municipality of Avaré-SP, in order to support planning and environmental management actions in built-up areas.

**Methodology** - Application of the HAND model (Height Above Nearest Drainage), a topographic tool used to estimate surface runoff potential based on the relative elevation to the nearest drainage. Digital Elevation Model (DEM) data were used and integrated into a Geographic Information System (GIS).

**Originality / Relevance** - The study stands out by applying the HAND model in a medium-sized urban basin, contributing to discussions on hydrological risks associated with unplanned urbanization.

**Results** - Approximately 10% of the basin shows high or very high flood susceptibility, especially in densely built-up areas lacking vegetation cover.

**Theoretical and methodological contributions** - Validation of the HAND model as an effective tool for territorial management and rapid, accessible diagnostics of urban risk. Reinforcement of the integration between spatial analysis and territorial planning.

**Social and environmental contributions** - Highlights the need for public policies aimed at responsible land use and flood risk mitigation in vulnerable urban areas.

**KEYWORDS:** Urban flooding. Geotechnologies. HAND model. Environmental planning.

## Susceptibilidad a Inundaciones en Entornos Urbanos: Análisis de la Cuenca del Ribeirão Lageado Basado en el Modelo HAND

### RESUMEN

**Objetivo** - Analizar la susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Ribeirão Lageado, ubicada en el municipio de Avaré-SP, con el fin de respaldar acciones de planificación y gestión ambiental en zonas urbanizadas.

**Metodología** - Aplicación del modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), una herramienta topográfica que estima el potencial de escorrentía superficial según la elevación relativa respecto al drenaje más cercano. Se utilizaron datos del Modelo Digital de Elevación (MDE), integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

**Originalidad / Relevancia** - El estudio se destaca por aplicar el modelo HAND en una cuenca urbana de tamaño medio, contribuyendo al debate sobre los riesgos hidrológicos relacionados con la urbanización desordenada.

**Resultados** - Aproximadamente el 10% de la cuenca presenta alta o muy alta susceptibilidad a inundaciones, especialmente en zonas densamente ocupadas y sin cobertura vegetal.

**Contribuciones teóricas y metodológicas** - Validación del modelo HAND como herramienta eficaz para la gestión territorial y la elaboración de diagnósticos rápidos y accesibles sobre riesgos urbanos. Reafirmación de la integración entre análisis espacial y planificación territorial.

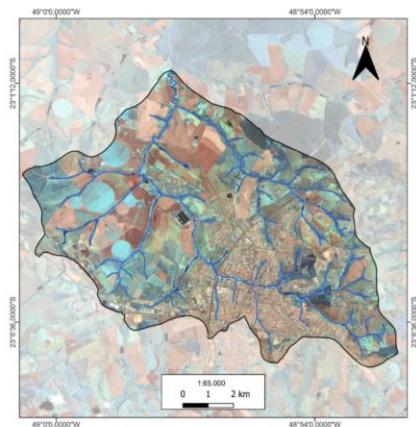
**Contribuciones sociales y ambientales** - Destaca la necesidad de políticas públicas orientadas al uso responsable del suelo y a la mitigación de riesgos por inundación en zonas urbanas vulnerables.

**PALABRAS CLAVE:** Inundaciones urbanas. Geotecnologías. Modelo HAND. Planificación ambiental.

## RESUMO GRÁFICO

# SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES EM AMBIENTES URBANOS: ANÁLISE DA BACIA DO RIBEIRÃO LAGEADO COM BASE NO HAND MODEL

**PALAVRAS-CHAVE:** Inundações urbanas. Geotecnologias. Modelo HAND. Planejamento ambiental.



## OBJETIVO

Analizar a suscetibilidade a inundações na Bacia do Ribeirão Lageado, localizada no município de Avaré-SP, com o intuito de subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental em áreas construídas.

## METODOLOGIA

Aplicação do modelo HAND (Height Above Nearest Drainage), uma ferramenta topográfica capaz de estimar o potencial de escoamento superficial com base na elevação relativa ao curso d'água mais próximo. Foram utilizados dados de MDE, integrados ao SIG.

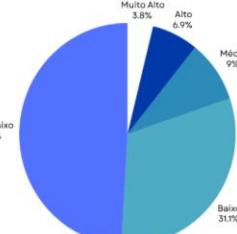
## RESULTADOS

Cerca de 10% da bacia apresenta alta ou muito alta suscetibilidade a inundações, sobretudo em áreas densamente ocupadas e com ausência de cobertura vegetal.

Além disso, o estudo valida o uso do modelo HAND como uma ferramenta eficiente para o planejamento territorial, permitindo

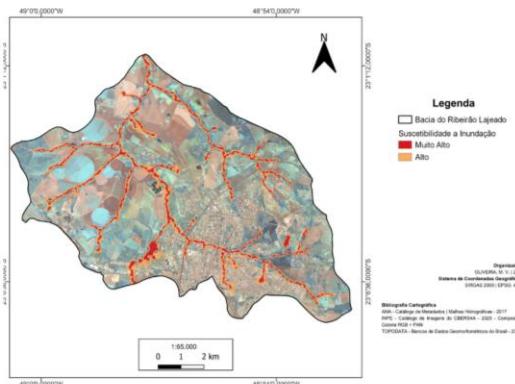
diagnósticos rápidos, acessíveis e integrando análise espacial com gestão ambiental.

## SUSCETIBILIDADE



## CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS

O estudo evidencia a importância de políticas públicas voltadas à ocupação adequada do solo urbano e à mitigação de riscos hidrológicos em áreas vulneráveis.



## **1. INTRODUÇÃO**

O rápido crescimento populacional, impulsionado pelo processo de industrialização e sustentado pela lógica capitalista de produção, tem gerado pressões significativas sobre os recursos naturais, em especial os recursos hídricos. Essa pressão, resulta da busca constante por desenvolvimento socioeconômico, frequentemente acompanhada da expansão imobiliária nos centros urbanos. Tal dinâmica reforça padrões de ocupação que desconsideram os elementos naturais da paisagem, promovendo a supressão de áreas ecologicamente sensíveis. A urbanização, quando orientada por interesses econômicos e desprovida de um planejamento ambiental eficaz, contribui para a ocupação desordenada de margens de rios, fundos de vale e zonas de drenagem, comprometendo a integridade dos sistemas naturais e ampliando a vulnerabilidade das cidades frente aos eventos hidrológicos extremos, como as inundações, Tucci (2005).

No contexto brasileiro, essa realidade tem se tornado cada vez mais evidente. Exemplo disso ocorreu no município de Avaré, interior do estado de São Paulo. Conforme noticiado pelo portal G1, em março de 2024, fortes chuvas resultaram no extravasamento dos córregos São Luiz e Água Branca, ocasionando inundações em vias centrais da cidade. Foram registrados 65 milímetros de precipitação em apenas 24 horas — um dos maiores volumes no estado naquele período —, levando à submersão parcial de veículos e ao alagamento de residências. Embora não tenham sido necessárias remoções de moradores, o episódio evidencia a vulnerabilidade do ambiente urbano frente à ausência de estratégias eficazes de contenção e mitigação de eventos hidrológicos extremos.

Esse tipo de ocorrência reforça a importância do planejamento e gestão ambiental do ambiente construído, sobretudo no que diz respeito à ocupação do solo e à preservação de áreas de drenagem natural. A impermeabilização do solo, a canalização de córregos e a ausência de áreas verdes comprometem o escoamento superficial e intensificam a ocorrência de inundações, como afirma Pedro et al. (2005). A negligência histórica em relação ao planejamento estrutural urbano evidencia a urgência de estudos que busquem compreender, de maneira sistêmica, as interações entre sociedade, território e os processos hidrológicos.

A partir dessa perspectiva, a abordagem geográfica aliada às geotecnologias oferece subsídios importantes para a análise integrada das bacias hidrográficas urbanas. Ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), conforme destacam Câmara et al. (2004), têm possibilitado avanços significativos na espacialização de dados ambientais, favorecendo a tomada de decisões mais precisas e orientadas à sustentabilidade territorial.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo identificar as áreas mais suscetíveis a inundações na Bacia do Ribeirão Lageado, localizada em Avaré -SP, a partir da aplicação do HAND Model. Segundo Cuartas (2012), essa metodologia, baseada na análise altimétrica relativa à rede de drenagem, permite mapear os setores com maior risco de inundações, contribuindo para o planejamento urbano e a gestão ambiental das áreas construídas. Sua principal vantagem metodológica reside na simplicidade e agilidade no processamento, o que o torna especialmente eficaz em análises preliminares de suscetibilidade a inundações, sobretudo em regiões com baixa declividade ou em contextos onde há limitação na disponibilidade de dados.

## 2. OBJETIVOS

### 2. Objetivo geral

Analisar a suscetibilidade à inundações na Bacia do Ribeirão Lageado, localizada no município de Avaré-SP, por meio da aplicação do HAND Model, visando subsidiar estratégias de planejamento territorial e gestão ambiental em áreas urbanas vulneráveis.

### 2.1. Objetivos específicos

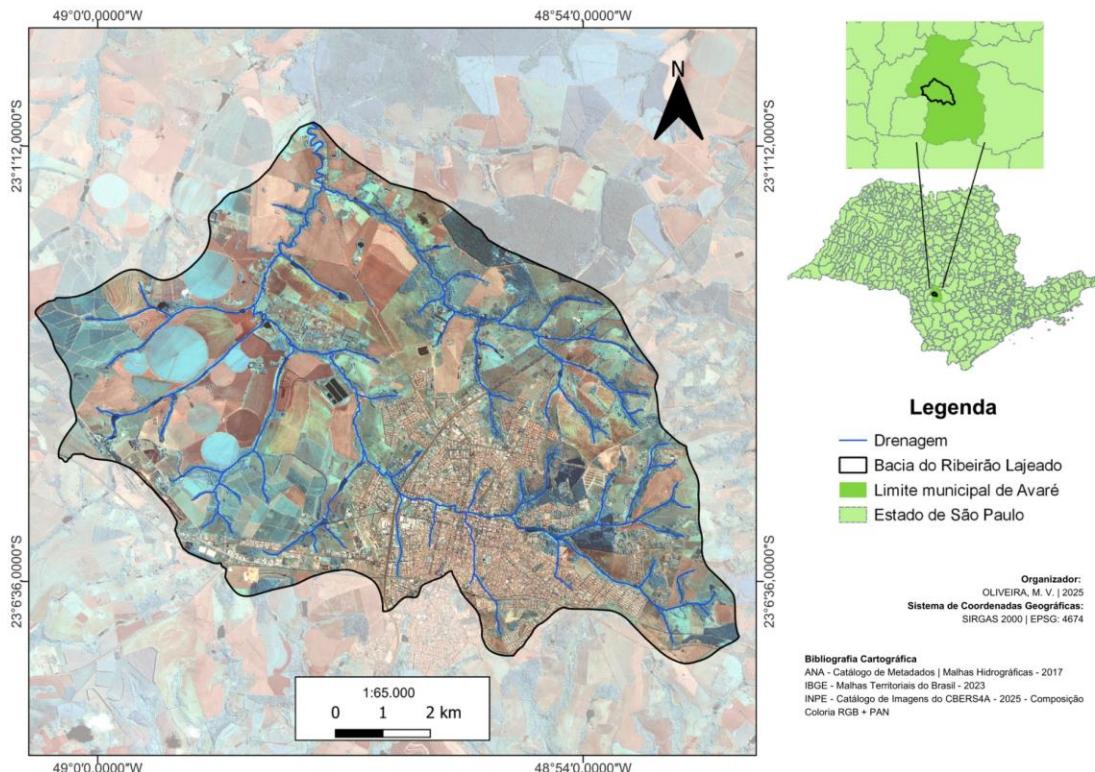
- Aplicar o HAND Model na Bacia do Ribeirão Lageado, visando identificar áreas suscetíveis a inundações a partir da análise altimétrica relativa à rede de drenagem.
- Integrar os resultados obtidos com imagens de satélite, a fim de validar a correspondência entre suscetibilidade e ocupação urbana.
- Produzir representações cartográficas temáticas que subsidiem ações de planejamento urbano e gestão ambiental voltadas à mitigação de riscos hidrológicos em áreas construídas.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo deste trabalho corresponde à Bacia do Ribeirão Lageado, localizada no município de Avaré, interior do estado de São Paulo (Figura 1). A bacia está posicionada dentro da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-17 – Médio Paranapanema), em uma região que reúne importantes dinâmicas urbanas e agrícolas. Possui uma extensão de 10.358,22 hectares e apresenta características fisiográficas que a tornam especialmente relevante para estudos relacionados à dinâmica hidrológica e à suscetibilidade a inundações.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lageado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Geomorfologicamente, a bacia está inserida na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente na Unidade Morfoescultural do Planalto Ocidental Paulista, conforme a classificação de Ross (1996). A geologia da região é marcada por uma diversidade litológica que reflete dois grandes contextos tectono-estratigráficos: a Bacia Bauru e a Bacia Serra Geral, ambas pertencentes à Província Geológica do Paraná.

Segundo Perrota et al. (2005), na porção da bacia vinculada à Bacia Bauru, predominam rochas sedimentares da Formação Marília, pertencente ao Grupo Bauru, compostas principalmente por arenitos finos e grossos. Esses materiais possuem elevada porosidade, o que favorece processos de infiltração de água no solo e contribui para a recarga dos aquíferos locais. Por outro lado, setores da bacia associados à Bacia Serra Geral apresentam predominância de rochas ígneas extrusivas, características da Formação Serra Geral, integrante do Grupo São Bento. Nessa unidade, são comuns os basaltos, andesitos basálticos toleíticos, riolitos e riodacitos, que se intercalam com camadas de arenito litarenítico e arenito vulcânico.

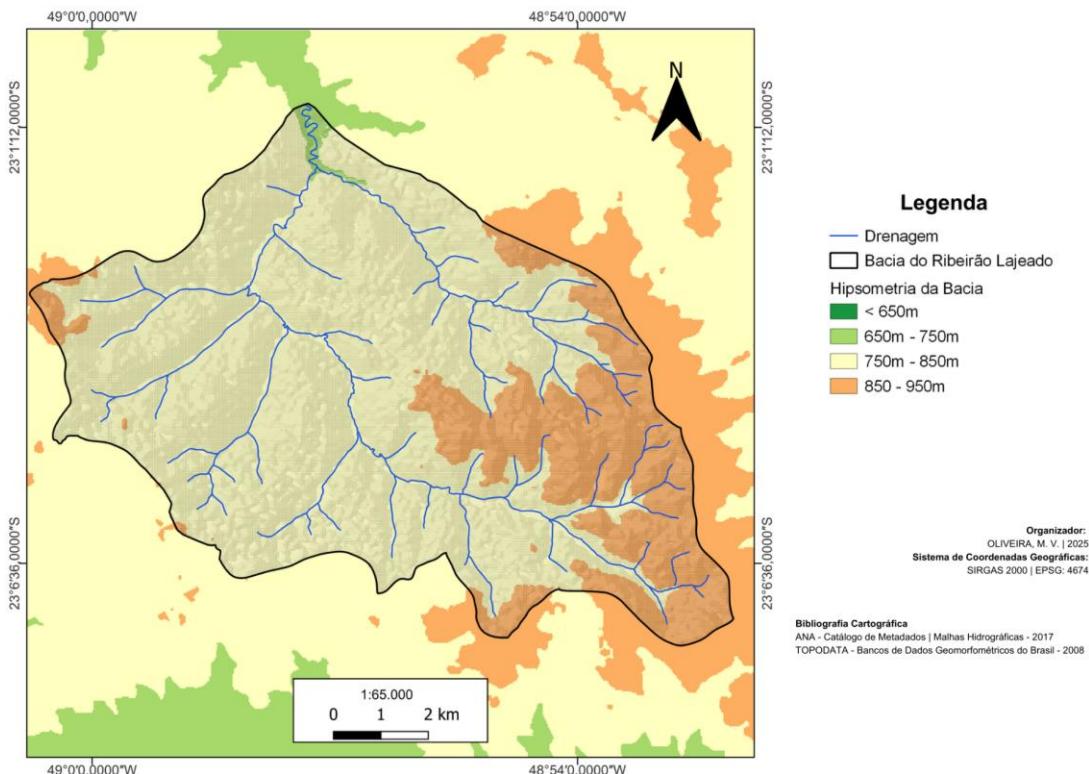
Em razão dessa constituição geológica mista, a bacia apresenta um predomínio de solos profundos e muito profundos, com destaque para os Argissolos Vermelho-Amarelos e os Latossolos Vermelhos e Amarelos, conforme classificação de Rossi (2017). Tais solos, embora apresentem boa drenagem natural, podem ter sua capacidade de infiltração comprometida em áreas com alta declividade ou elevada compactação superficial, especialmente nas zonas urbanizadas e intensivamente utilizadas para fins agrícolas.

Em termos climáticos, a região está inserida na zona tropical subquente úmida, conforme classificação do IBGE (2002), com médias térmicas entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês do ano e um regime pluviométrico caracterizado por uma estação chuvosa no verão e seca no inverno. A vegetação nativa predominante é composta pela Floresta Estacional Semidecidu-

marcada por uma estacionalidade acentuada, que condiciona a dinâmica hídrica e ecológica local (KRONKA et al., 2005).

A bacia apresenta relevo suavemente ondulado a ondulado, com altitudes que variam entre 650 e 950 metros, conforme a distribuição apresentada na Figura 2. A heterogeneidade de usos, associada à declividade do terreno e à natureza dos solos, influencia diretamente os processos de escoamento e infiltração da água, tornando a bacia uma unidade hidrográfica suscetível a processos de alagamento e inundações em períodos de elevada precipitação.

Figura 2 – Mapa hipsométrico da bacia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

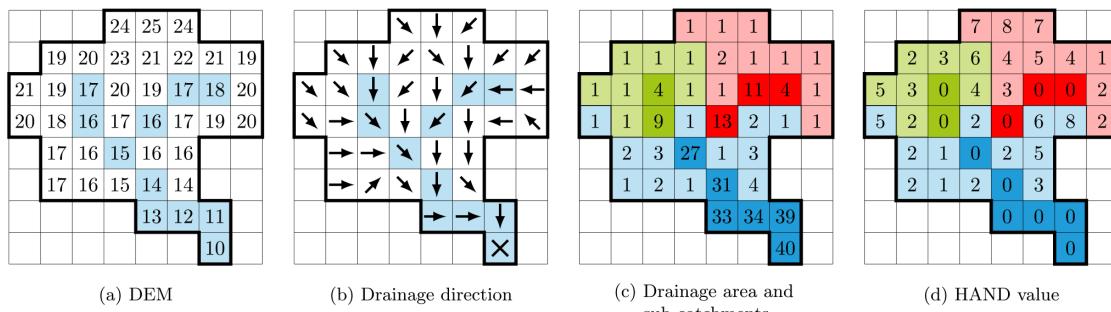
### 3.2. Metodologia

A metodologia deste estudo fundamenta-se na aplicação do HAND Model, uma plataforma desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), sob a coordenação de Antonio Donato Nobre (CCST/INPE) e Luz Adriana Cuartas (CEMADEN). Conforme exposto por Nobre (2015), o modelo permite estimar o potencial de acúmulo d'água a partir da relação altimétrica entre o terreno e a rede de drenagem mais próxima.

O funcionamento do modelo comprehende, inicialmente, a correção do Modelo Digital de Elevação (MDE), etapa em que são ajustadas inconsistências altimétricas para melhor representar o relevo natural da área. Em seguida, o sistema determina a direção de fluxo das águas superficiais com base na declividade do terreno, simulando os caminhos preferenciais de escoamento. A partir disso, calcula-se o fluxo de acumulação, que representa a capacidade de cada célula do terreno de armazenar água. Por fim, obtém-se o raster HAND propriamente dito, no qual cada pixel do raster, indica os valores de elevação vertical em relação à drenagem mais

próxima. A partir desses valores, é possível gerar mapas temáticos de suscetibilidade a inundações, como exemplificado na Figura 3, conforme metodologia descrita por Rebolho (2018).

Figura 3 - Processamento de MDE e cálculo do valor HAND.



Fonte: RFROI HQ (2018).

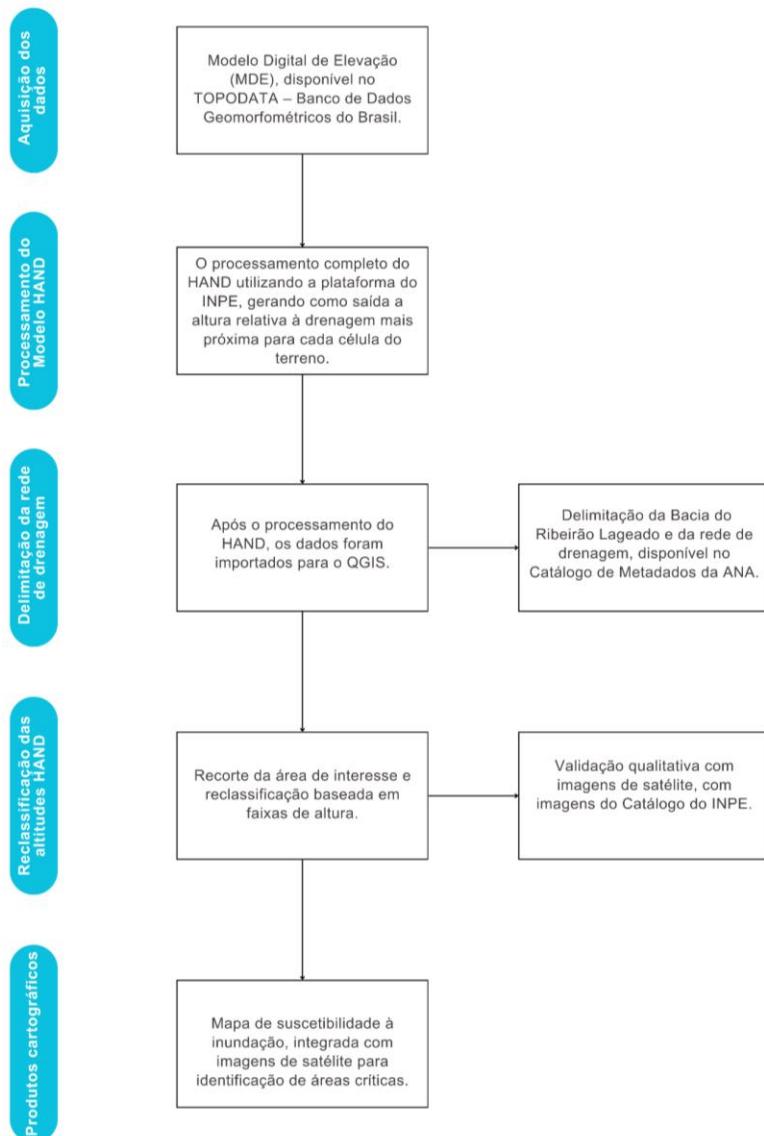
Para a operacionalização do modelo, foi utilizado o MDE disponível na base TOPODATA, utilizando o arquivo 23S495, que cobre a área da bacia do Ribeirão Lageado e regiões adjacentes. Após o download, os dados foram processados diretamente na plataforma HAND Model, disponibilizada pelo INPE, que automatiza as etapas supracitadas e gera como saída o raster HAND. Uma visão geral do procedimento metodológico adotado pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 4.

Com o modelo HAND processado, os dados foram importados no software QGIS 3.28.11, onde foi realizada a integração com os metadados das Ottobacias e da rede de drenagem do Catálogo de Metadados da Agência Nacional de Águas (ANA). Essa sobreposição permitiu a delimitação precisa da área de estudo, bem como o recorte dos dados para análise localizada.

Com a área de interesse definida, os valores do modelo HAND foram reclassificados em faixas altimétricas no QGIS, utilizando simbologias específicas que indicam os diferentes níveis de suscetibilidade a inundações. Foram atribuídos destaques às áreas com valores próximos de zero, as quais correspondem a setores mais vulneráveis.

Por fim, a validação dos resultados foi conduzida por meio da análise de imagens de satélite disponíveis no Catálogo de Imagens do INPE. Esta etapa permitiu verificar a compatibilidade entre as áreas identificadas como suscetíveis pelo modelo e os trechos urbanos do município, historicamente afetados por eventos de alagamento, conforme registros em meios de comunicação locais.

Figura 4 – Fluxograma das etapas de trabalho do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

### 4.1. Problemáticas antrópicas na bacia hidrográfica

A intensificação do modelo de produção capitalista, principalmente em sua fase industrial, impulsionou a concentração de pessoas nas cidades (Thomaz, 2003). A ocupação e o crescimento urbano sem planejamento fizeram com que os problemas de diferentes dimensões atinjam o desequilíbrio entre sociedade e natureza. Nesse contexto, os corpos hídricos, tradicionalmente considerados como elementos estruturantes do território, passaram a ser vistos como obstáculos ao avanço das malhas urbanas, sendo frequentemente canalizados ou ocultados pelas obras de engenharia urbana, o que compromete profundamente suas funções ecológicas.

A urbanização desordenada, associada à impermeabilização intensa do solo e à ocupação de áreas de preservação, tem agravado a vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas inseridas no meio urbano (Astuti et al., 2019; Delgado et al., 2020). A Bacia do Ribeirão Lageado,

objeto deste estudo, evidencia essas transformações: parte de sua área encontra-se ocupada por estruturas construídas, com reduzida presença de vegetação nativa e, em alguns trechos, sem a observância das faixas mínimas exigidas pela legislação ambiental para Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme estabelece a Lei nº 12.651/2012.

Segundo Piroli (2002), a supressão dessas áreas de proteção compromete severamente o ciclo hidrológico. A vegetação nativa que margeia os cursos d'água desempenha papel fundamental na retenção e infiltração da água da chuva, funcionando como barreira natural contra o escoamento superficial exacerbado. Sua remoção aumenta a velocidade de escoamento e reduz a capacidade de absorção do solo, fatores que intensificam a ocorrência de enxurradas e alagamentos nas zonas urbanas.

Esse padrão de ocupação não é exclusivo da área em estudo. Conforme aponta Marisco (1997), o processo de urbanização em municípios paulistas como Presidente Prudente foi fortemente direcionado por interesses imobiliários, com ênfase na expansão do sistema viário e na melhoria de aspectos sanitários e estéticos, em detrimento de uma gestão ambiental integrada. Essa lógica de desenvolvimento urbano contribuiu para a impermeabilização generalizada do solo, alterando o regime de vazão dos corpos hídricos e sobre carregando as estruturas de drenagem pluvial.

Tais aspectos evidenciam a urgência de uma abordagem territorial mais sustentável, que considere os elementos naturais como componentes fundamentais do planejamento urbano, de modo a mitigar os riscos hidrológicos e restaurar o equilíbrio entre os sistemas sociais e ecológicos que coexistem nas cidades.

#### 4.2. Resultados obtidos

A partir da aplicação do HAND model na Bacia do Ribeirão Lageado, foi possível identificar distintos graus de suscetibilidade a inundações com base na relação altimétrica entre o terreno e a rede de drenagem. Essa abordagem permitiu não apenas o mapeamento espacial das áreas vulneráveis, mas também a quantificação da extensão de cada classe de risco, fornecendo subsídios técnicos relevantes para o diagnóstico territorial e para a elaboração de estratégias de gestão ambiental em áreas urbanizadas.

Os resultados demonstram que aproximadamente 10,8% da bacia apresenta níveis alto ou muito alto de suscetibilidade à inundaçāo, enquanto 48,98% da área foi classificada como de muito baixa suscetibilidade. As demais categorias intermediárias — médio (9,10%) e baixo (31,12%) — distribuem-se ao longo de zonas de transição altimétrica. Essas informações estão sintetizadas na Tabela 1, que ilustra a proporção espacial ocupada por cada faixa de risco.

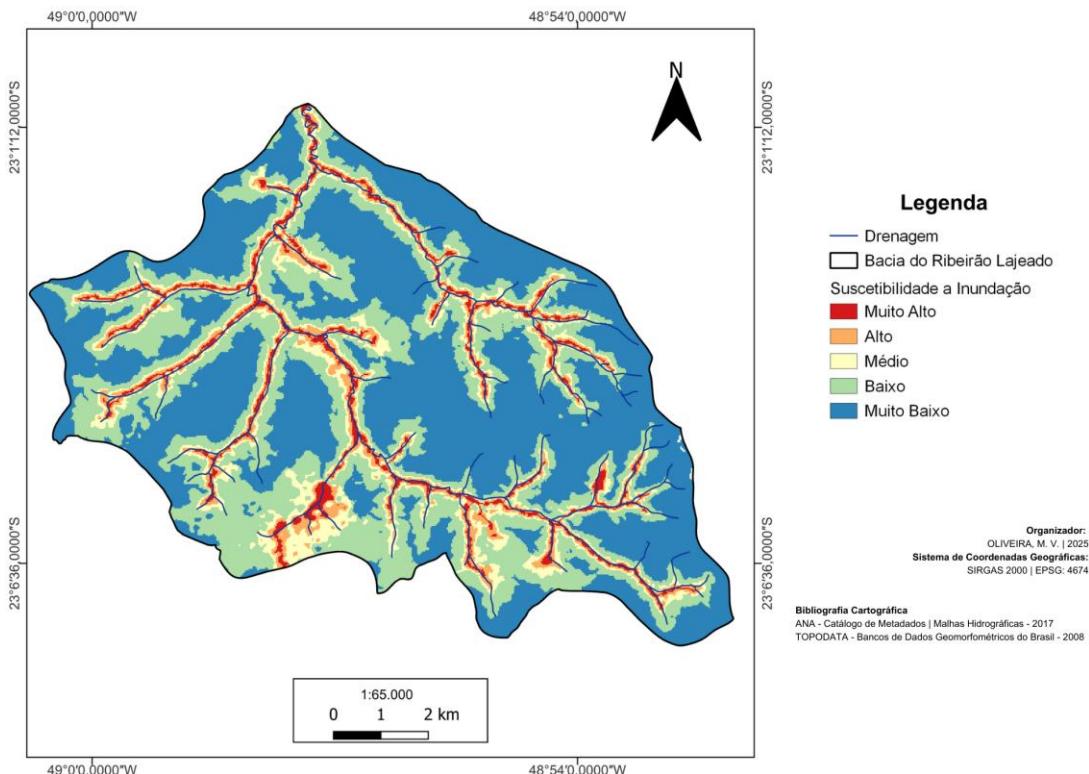
Tabela 1 - Classificação da suscetibilidade à inundaçāo na Bacia do Ribeirão Lageado

| Suscetibilidade à Inundaçāo | Área (ha)        | Percentual da Bacia (%) |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| Muito Alto                  | 395,496          | 3,816                   |
| Alto                        | 719,597          | 6,944                   |
| Médio                       | 942,694          | 9,097                   |
| Baixo                       | 3224,642         | 31,117                  |
| Muito Baixo                 | 5075,791         | 48,980                  |
| <b>Total</b>                | <b>10.358,22</b> | <b>100</b>              |

Fonte: Elaborado pelos autores.

O mapa de áreas de suscetibilidade à inundaçāo (Figura 5), apresenta a classificação completa das cinco faixas de suscetibilidade em toda a bacia, revela a predominância das classes "baixo" e "muito baixo" nas áreas periféricas e em regiões de relevo mais elevado. As classes intermediárias e críticas estão majoritariamente associadas à rede hidrográfica principal e suas adjacências, configurando zonas que exigem atenção prioritária por parte do poder público, especialmente devido à presença de uso residencial e comercial nas proximidades dessas áreas.

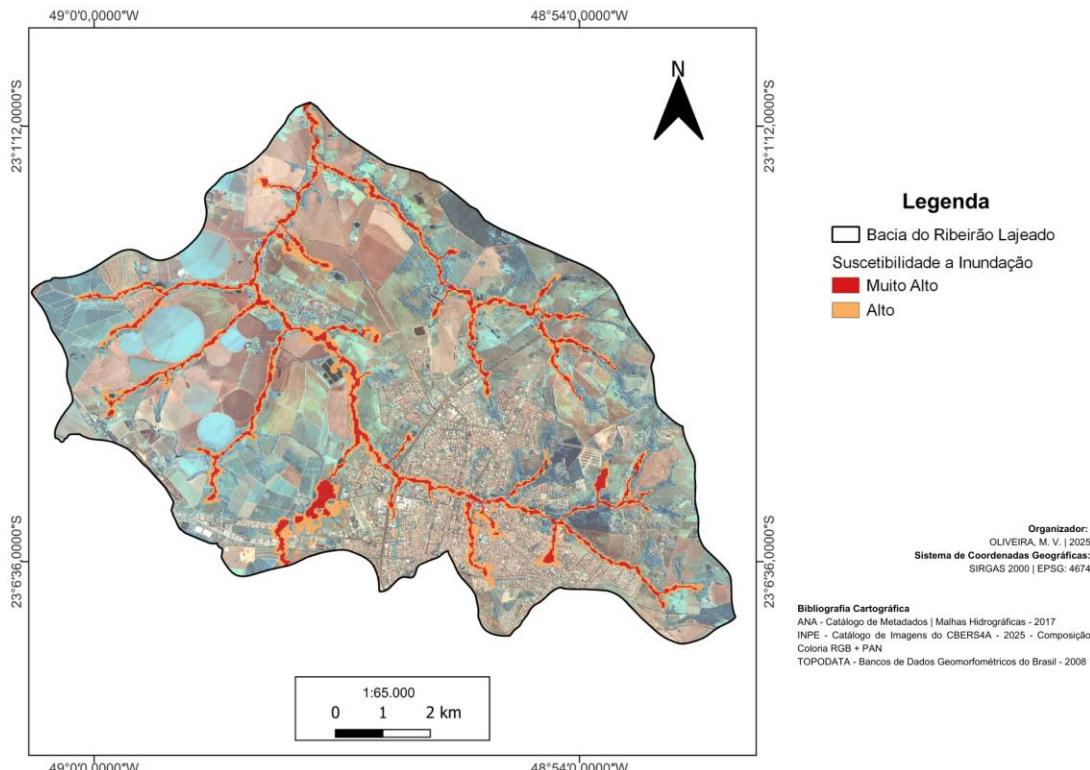
Figura 5 – Mapa de suscetibilidade à inundaçāo na bacia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise espacial evidenciada no mapa de pontos críticos a suscetibilidade a inundaçāo (Figura 6), confirma que as áreas com maior suscetibilidade estão concentradas ao longo dos canais de drenagem, especialmente nas porções centrais e sul da bacia, onde a urbanização é mais densa. Essas regiões apresentam cobertura predominantemente impermeável, resultante da ocupação urbana e da substituição da vegetação natural por superfícies construídas. A sobreposição da classificação HAND com imagens de satélite permite visualizar como as áreas críticas coincidem com os corredores de drenagem e com zonas antropizadas, reforçando a relação entre impermeabilização do solo e risco hidrológico.

Figura 6 – Mapa de pontos críticos a suscetibilidade à inundação na bacia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de implementação de ações mitigadoras voltadas à redução dos impactos causados pelas inundações. Conforme aponta Rochel (2015), a expansão das cidades requer políticas de drenagem eficientes, controle da impermeabilização do solo e ações integradas de conscientização social, a fim de mitigar os efeitos negativos decorrentes das enchentes e preservar os fluxos naturais da água (Duan et al. 2023; Teck et al. 2023). Entre as principais estratégias sugeridas estão a criação de zonas de amortecimento ao longo dos corpos hídricos; a recomposição da vegetação ripária em áreas de preservação permanente (APP); a promoção de infraestruturas verdes urbanas (como jardins de chuva e pavimentos permeáveis); e o fortalecimento da política de drenagem urbana, com foco em obras que respeitem a dinâmica natural da bacia (Piroli, 2023). Adicionalmente, é fundamental investir na produção de dados geoespaciais acessíveis, a fim de promover o planejamento territorial integrado e sustentável da cidade.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados ao longo deste estudo evidenciam como os processos de urbanização acelerada e ocupação desordenada do território, têm exercido pressões significativas sobre os sistemas naturais, especialmente os recursos hídricos. Na Bacia do Ribeirão Lajeado, observam-se reflexos diretos desse fenômeno: a impermeabilização crescente do solo, a ausência de áreas de preservação permanente e a expansão urbana em zonas de drenagem contribuem para a intensificação dos riscos de inundações, colocando em evidência a fragilidade do ambiente construído frente a eventos hidrológicos extremos.

Nesse contexto, torna-se imprescindível o fortalecimento do planejamento urbano e da gestão ambiental como eixos centrais de políticas públicas sustentáveis. Estratégias como a criação e manutenção de áreas verdes, a implantação de infraestruturas de drenagem adequadas, a implantação de sistemas de monitoramento e alerta e o cumprimento das normativas ambientais são essenciais para garantir maior resiliência urbana. Além disso, destaca-se o papel da educação ambiental e da mobilização social como instrumentos para sensibilizar a população quanto à preservação dos recursos naturais e à ocupação responsável do espaço urbano.

A utilização do HAND Model, em conjunto com as tecnologias de geoprocessamento, revelou-se uma ferramenta eficaz para o mapeamento preliminar de áreas com potencial suscetibilidade a inundações, possibilitando a geração de dados relevantes para diagnósticos territoriais. A incorporação dessas informações em ambientes de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) potencializa a análise espacial de forma acessível, destacando a relevância dessas ferramentas no suporte à formulação de soluções técnicas fundamentadas para o planejamento e a gestão do território.

Conclui-se, portanto, que estudos como este contribuem não apenas para a compreensão dos impactos antrópicos sobre os sistemas hídricos urbanos, mas também para o avanço de práticas integradas de ordenamento territorial, fundamentais à promoção de cidades mais sustentáveis e adaptadas às transformações ambientais em curso.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTUTI, I. S. et al. Impact of land use land cover (LULC) change on surface runoff in an increasingly urbanized tropical watershed. **Water Resources Management**, v. 33, n. 12, p. 4087-4103, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02320-w>.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: \_\_\_\_\_. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 21-54.

CIDADES. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Conheça cidades e estados do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

CUARTAS, L. A. et al. Distributed hydrological modeling of a micro-scale rainforest watershed in Amazonia: model evaluation and advances in calibration using the new HAND terrain model. **Journal of Hydrology**, v. 462–463, p. 15-27, 2012.

DELGADO, M. I.; CAROL, E.; CASCO, M. A. Land-use changes in the periurban interface: hydrologic consequences on a flatland-watershed scale. **Science of the Total Environment**, v. 722, p. 137836, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137836>.

DUAN, X. et al. The impact of land use and land cover changes on the landscape pattern and ecosystem service value in Sanjiangyuan region of the Qinghai-Tibet Plateau. **Journal of Environmental Management**, v. 325, p. 116539, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116539>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal, 2005.

G1. Chuva forte deixa ruas alagadas e veículos submersos em Avaré. **G1 – Itapetininga e Região**, 6 mar. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/itapetininga-regiao/noticia/2024/03/06/chuva-forte-deixa-ruas-alagadas-e-veiculos-submersos-em-avare.ghtml>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MARISCO, L. M. O. **Contribuição ao estudo do planejamento municipal no Brasil: o plano diretor de desenvolvimento integrado de Presidente Prudente (SP) – 1969.** 1997. 276 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 1997.

NOBRE, A. D. et al. HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. **Hydrological Processes**, v. 30, p. 320–333, 2015.

PEDRO, L. C.; NUNES, J. O. R. A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 34, p. 81-96, 2012.

PERROTTA, M. M. et al. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000.** São Paulo: CPRM, 2006. (Programa Geologia do Brasil – PGB).

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu-SP.** 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PIROLI, E. L. **Manejo integrado de bacias hidrográficas para produção de água: exercícios aplicados ao Rio Pardo.** São Paulo: Editora Unesp Digital, 2023.

REBOLHO, C. et al. Inundation mapping based on reach-scale effective geometry. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, p. 5967–5985, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-22-5967-2018>.

ROCHEL, M. F. **Uma visão geográfica da evolução entre o plano diretor do município de Itapetininga de 2007 e o de 2015.** 2015.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1996. DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.** São Paulo: Instituto Florestal, 2017. v. 1. 118 p.

TECK, V. et al. Land use and land cover change implications on agriculture and natural resource management of Koh Nheak, Mondulkiri province, Cambodia. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 29, p. 100895, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100895>.

THOMAZ JÚNIOR, A. O. O mundo do trabalho e as transformações territoriais: os limites da “leitura geográfica”. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, v. 9, n. 1, p. 96–102, abr. 2003.

TOMITA, S. A.; LIMA, G. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: Avaré, SP.** 2013.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2005.

## DECLARAÇÕES

---

### CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Matheus Vargas de Oliveira foi responsável pela concepção e design do estudo, bem como pela curadoria e análise dos dados, desenvolvimento da metodologia aplicada, realização da investigação, elaboração do rascunho inicial do manuscrito e organização geral do artigo.

Edson Luís Piroli atuou como orientador da pesquisa, sendo responsável pela supervisão acadêmica do trabalho, bem como pela revisão crítica do conteúdo e pela edição final do manuscrito, assegurando a qualidade científica e a conformidade com as normas da publicação.

---

### DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Matheus Vargas de Oliveira e Edson Luís Piroli, declaramos que o manuscrito intitulado "Suscetibilidade a Inundações em Ambientes Urbanos: Análise da Bacia do Ribeirão Lageado com Base no HAND Model":

- Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou a interpretação do trabalho. Nenhuma instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento deste estudo.
- Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
- Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.