

Caracterização de Lançamentos *In Natura* como Parte Integrante do Sistema de Esgotamento Sanitário da Bacia do Rio Cotia (SP)

Bruno Pereira Toniolo

Engenheiro Civil, Sabesp, Brasil
btoniolo@sabesp.com.br
ORCID iD 0000-0002-6602-0181

Darllan Collins da Cunha e Silva

Professor Doutor, Unesp Sorocaba, Brasil
darllan.collins@unesp.br
ORCID iD 0000-0003-3280-0478

Roberto Wagner Lourenço

Professor Doutor, Unesp Sorocaba, Brasil
roberto.lourenco@unesp.br
ORCID Id 0000-0002-5234-8944

Caracterização de Lançamentos In Natura como Parte Integrante do Sistema de Esgotamento Sanitário da Bacia do Rio Cotia (SP)

RESUMO

Objetivo: Caracterizar espacial e funcionalmente os lançamentos de esgoto *in natura* na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia (BHRC), visando subsidiar o planejamento do saneamento básico.

Metodologia: Utilizaram-se dados vetoriais da Sabesp e vistorias de campo com teste de corante para validar lançamentos. As áreas de contribuição foram delimitadas por imagens aéreas e ligações prediais, com estimativa de vazões baseada no consumo de água. Os resultados foram apresentados em mapas, tabelas e infográficos.

Originalidade/relevância: O estudo propõe abordagem inovadora ao tratar os lançamentos *in natura* como parte funcional do sistema, com metodologia replicável e aplicação prática no planejamento sanitário.

Resultados: Foram identificados 180 lançamentos, sendo 91 cadastrados e 89 potenciais, abrangendo 1.155,49 hectares de áreas contribuintes. A vazão total estimada foi de 120,96 l/s, equivalente a cerca de 313,5 milhões de litros de esgoto *in natura* por mês. As maiores concentrações de vazão ocorreram em regiões densamente urbanizadas, próximas à rede hidrográfica, indicando alto risco de contaminação ambiental.

Contribuições teóricas/metodológicas: A pesquisa reforça o uso combinado de geotecnologias e campo como ferramenta eficaz para diagnóstico e gestão de esgoto não tratado.

Contribuições sociais e ambientais: Os achados apoiam ações de universalização do saneamento e prevenção da poluição hídrica, promovendo conscientização por meio de representações acessíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente. Saneamento Básico. Poluição Hídrica.

Characterization of In Natura Releases as an Integral Part of the Sewage System of the Cotia River Basin (SP)

ABSTRACT

Objective: To spatially and functionally characterize raw sewage discharges in the Cotia River Basin (CRB), aiming to support basic sanitation planning.

Methodology: Vector data from Sabesp and field inspections using dye tests were used to validate discharge points. Contributing areas were delineated using aerial imagery and connection maps, with flow rates estimated based on water consumption. Results were presented through thematic maps, tables, and infographics.

Originality/Relevance: The study introduces an innovative approach by treating raw sewage discharges as functional elements of the sanitation system, offering a replicable methodology with practical applications in urban planning.

Results: A total of 180 discharge points were identified, with an estimated flow of 120.96 L/s (313.5 million liters/month), mostly concentrated in urban areas near water bodies.

Theoretical/Methodological Contributions: The research highlights the effectiveness of integrating geotechnologies and fieldwork for diagnosing and managing untreated sewage.

Social and Environmental Contributions: The findings support public policies for sanitation expansion and water resource protection, while accessible visual tools help raise public awareness.

KEYWORDS: Effluent. Basic Sanitation. Water Pollution.

Caracterización de las Descargas In Natura como Parte Integral del Sistema de Alcantarillado de la Cuenca del Río Cotia (SP)

RESUMEN

Objetivo: Caracterizar espacial y funcionalmente los vertidos de aguas residuales sin tratamiento en la Cuenca Hidrográfica del Río Cotia (BHRC), con el fin de apoyar la planificación del saneamiento básico.

Metodología: Se utilizaron datos vectoriales de Sabesp (2023) y se realizaron inspecciones de campo con pruebas de colorante para validar los puntos de vertido. Las áreas de contribución se delimitaron mediante imágenes aéreas y mapas de conexiones prediales, con estimación de caudales basada en el consumo de agua. Los resultados se presentaron en mapas temáticos, tablas e infografías.

Originalidad/Relevancia: El estudio propone un enfoque innovador al tratar los vertidos como elementos funcionales del sistema de saneamiento, presentando una metodología replicable con aplicación práctica en la planificación urbana.

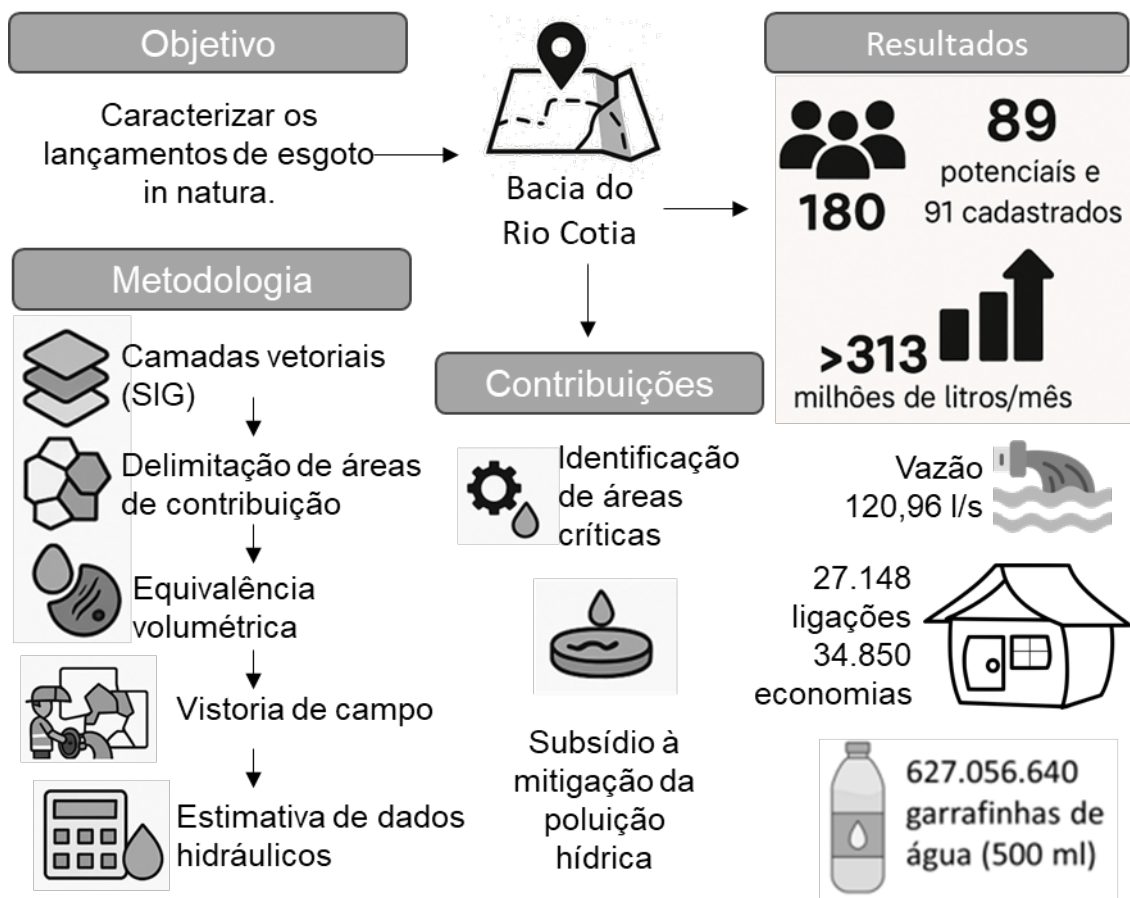
Resultados: Se identificaron 180 puntos de vertido, con un caudal estimado de 120,96 L/s (313,5 millones de litros/mes), concentrados principalmente en áreas urbanas cercanas a cuerpos de agua.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas: La investigación demuestra la eficacia de integrar geotecnologías e inspección en campo para el diagnóstico y gestión de aguas residuales no tratadas.

Contribuciones Sociales y Ambientales: Los resultados respaldan políticas públicas para la expansión del saneamiento y la protección de los recursos hídricos, utilizando herramientas visuales accesibles para fomentar la conciencia social.

PALABRAS CLAVE: Efluentes. Saneamiento Básico. Contaminación del Agua.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico no Brasil ainda apresenta sérias deficiências, especialmente no que se refere à coleta e ao tratamento de esgoto. Segundo dados do Censo Demográfico 2022, apenas 62,5% da população brasileira possui acesso à rede coletora de esgoto, e aproximadamente 24,3% utiliza soluções precárias, como fossas rudimentares, valas ou lançamentos diretos no meio ambiente. Ainda mais preocupante é o dado referente ao tratamento: menos da metade (cerca de 52%) do esgoto coletado no país é efetivamente tratado antes de seu descarte final (IBGE, 2025).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2025), isso significa que milhões de litros de esgoto são lançados diariamente em corpos d'água, afetando gravemente a saúde pública, a qualidade dos recursos hídricos e o meio ambiente urbano. Em 2022, mais de 191 mil internações foram registradas no país por doenças diretamente relacionadas à precariedade do saneamento básico.

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é o conjunto de estruturas físicas e operacionais destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada dos esgotos domésticos e, eventualmente, industriais. Composto por redes coletoras, estações elevatórias, interceptores, emissários e estações de tratamento (ETEs), o SES busca assegurar que o esgoto gerado pela população não seja lançado no ambiente sem o devido manejo, protegendo a saúde humana e os ecossistemas aquáticos (OBRADOVIC et al., 2023).

Entretanto, em regiões urbanas em processo de crescimento desordenado, é comum a ocorrência de lançamentos de esgoto *in natura* — isto é, o despejo direto do esgoto bruto em corpos d'água, galerias de águas pluviais, valas ou até mesmo diretamente no solo. Esses lançamentos provocam impactos ambientais significativos, como a degradação da qualidade da água, assoreamento de rios, proliferação de vetores de doenças, eutrofização e perda da biodiversidade aquática. Além disso, interferem na balneabilidade de rios urbanos e comprometem o uso múltiplo das águas, especialmente em áreas de mananciais ou de abastecimento público (BHAT & QAYOOM, 2021).

Diversos estudos têm se dedicado à análise dos lançamentos de esgoto *in natura* em áreas urbanas. Tucci (2008) destacou que a ausência de tratamento e a conexão clandestina de esgoto à rede de drenagem pluvial são responsáveis pela contaminação sistêmica dos rios urbanos em diversas capitais brasileiras. Toniolo et al. (2023) propuseram uma metodologia de identificação e mapeamento automáticos de pontos de lançamento de esgoto bruto utilizando ferramentas de geoprocessamento, aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Cotia, na Região Metropolitana de São Paulo. Mais recentemente, o estudo de Al-Khuzai et al. (2024) avaliou a poluição no Rio Eufrates, em Al-Diwaniyah (Iraque), identificando níveis elevados de Ni, Fe e Cd acima dos limites legais, com base em análises físico-químicas e espaciais de cerca de quarenta amostras usando espectrometria e interpolação.

Segundo Botturi et al. (2024), a caracterização espacial desses lançamentos é essencial para o planejamento da universalização do saneamento. O uso de técnicas de geoprocessamento permite não apenas localizar os pontos de despejo, mas também delimitar suas áreas de contribuição, estimar a população afetada e avaliar sua relevância ambiental. Ao integrar informações técnicas, geográficas e operacionais, é possível priorizar investimentos e ações corretivas de forma mais precisa, garantindo maior eficiência na gestão do SES.

2 OBJETIVO

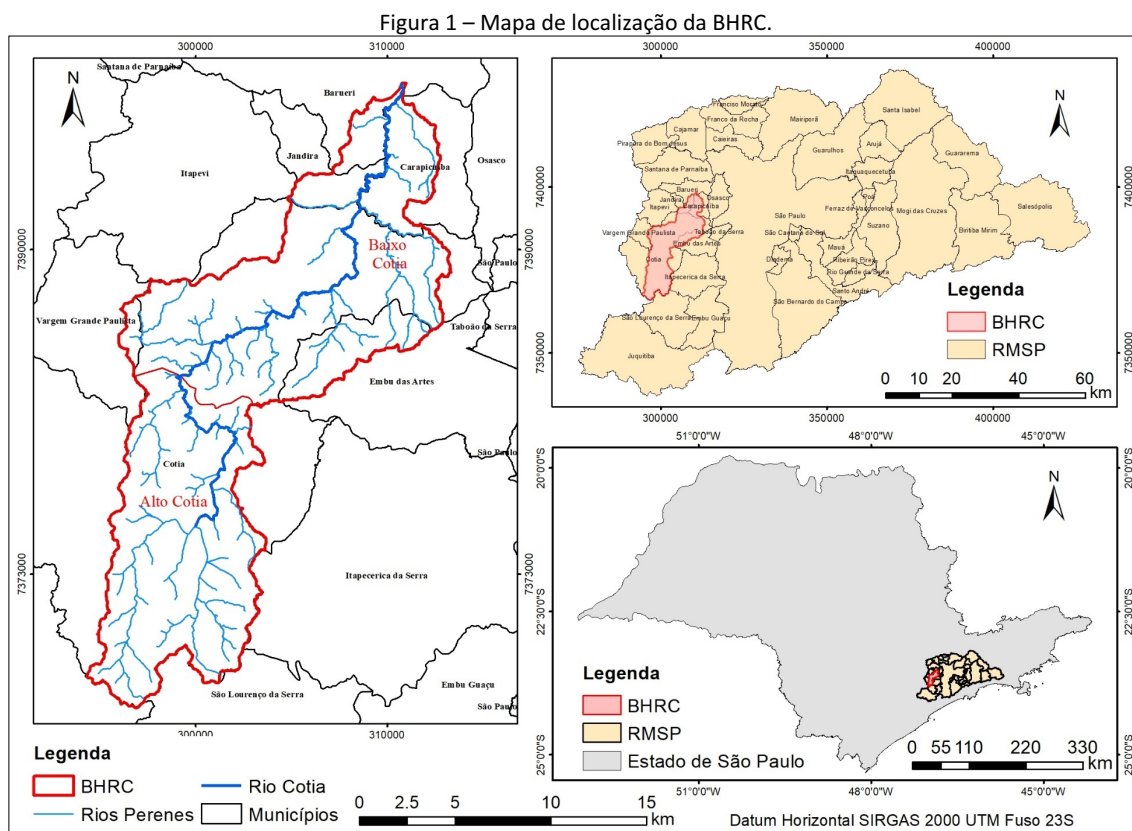
Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar espacial e funcionalmente os lançamentos de esgoto *in natura* identificados na Bacia do Rio Cotia, analisando sua localização, áreas contribuintes e relevância no contexto do Sistema de Esgotamento Sanitário vigente, com vistas a subsidiar o planejamento territorial e a expansão dos serviços sanitários.

3 METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A área de estudo corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Cotia (BHRC), localizada na porção oeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com uma área total de aproximadamente 251,36 km². A bacia abrange trechos dos municípios de Cotia (79,32%), Embu das Artes (7,01%), Carapicuíba (6,92%), Jandira (2,81%), Barueri (2,80%) e Vargem Grande Paulista (1,15%), segundo os limites definidos para fins operacionais da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). De acordo com o Censo Demográfico de 2022, a população residente na bacia é de cerca de 495 mil habitantes (IBGE, 2024).

A Figura 1 apresenta o mapa de localização da BHRC.



Fonte: Toniolo (2020).

Segundo Toniolo (2020), a área de estudo é dividida em duas regiões distintas: o Alto Cotia, que compreende 104,16 km², e o Baixo Cotia, com 147,20 km². O Alto Cotia é

caracterizado por menor pressão antrópica, sendo protegido pela Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG), uma das maiores áreas de vegetação nativa do Planalto Atlântico Paulista. Essa região abriga os principais mananciais da bacia e o Sistema Produtor do Alto Cotia, em operação desde 1916, responsável pelo abastecimento de mais de 500 mil pessoas.

Já o Baixo Cotia apresenta alta urbanização, densidade populacional significativa e intensa ocupação desordenada, com presença de assentamentos irregulares, córregos contaminados e áreas críticas em termos de saneamento. É nessa porção da bacia que se concentra o Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) em estudo, incluindo redes de esgoto, estações elevatórias, ligações domiciliares e lançamentos in natura. Essa região também é cortada por importantes rodovias estaduais, como a SP-270 (Rodovia Raposo Tavares) e a SP-280 (Rodovia Castelo Branco), onde está localizada a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Barueri, que recebe parte dos esgotos coletados (TONIOLO, 2020).

3.2. Materiais e Método

A base inicial do trabalho foi uma camada vetorial fornecida pela Sabesp (2024), com data-base de março de 2023, que classifica os lançamentos em duas categorias: cadastrados e potenciais. Os lançamentos cadastrados são aqueles que possuem registro técnico formal no Sistema de Informações Geográficas (Signos). Já os lançamentos potenciais são definidos por critérios hidráulicos, identificando pontos onde há uma singularidade (como poço de visita – PV, poço de inspeção – PI ou caixa de passagem – CP) com redes de esgoto chegando a montante, mas sem continuidade de rede a jusante.

Para verificar a existência real dos lançamentos potenciais, foi realizada vistoria de campo com teste de corante. O corante (azul ou vermelho) foi introduzido no ponto suspeito e, em seguida, monitorou-se sua presença em poços a jusante ou em corpos receptores (córregos ou galerias de águas pluviais – GAPs). Caso o corante fosse visualizado a jusante, o ponto era classificado como erro cadastral, isto é, a rede coletora está devidamente interligada. Quando não havia retorno ou o corante emergia em corpos hídricos, o lançamento era confirmado como efetivo. Essa metodologia seguiu os critérios propostos por Toniolo et al. (2023).

Após a confirmação dos lançamentos efetivos, procedeu-se à delimitação dos polígonos de contribuição para cada ponto de despejo. Esse processo foi realizado em ambiente SIG, com base em interpretação de imagens aéreas datadas de março de 2024 (GOOGLE, 2025) e na camada de ligações prediais da Sabesp (SABESP, 2024). Foram respeitados os limites físicos dos imóveis visíveis nas imagens, buscando refletir com precisão os domicílios que contribuem com esgoto para cada ponto de lançamento.

Cada polígono resultante representa uma sub-bacia urbana de esgoto bruto, permitindo a quantificação das ligações envolvidas. Para estimar a vazão de esgoto gerada, considerou-se o consumo médio mensal de água por ligação, aplicando-se um coeficiente de retorno de 80%, conforme parâmetros técnicos usuais em engenharia sanitária (AZEVEDO NETO, 2018). As vazões foram expressas em litros por segundo (L/s).

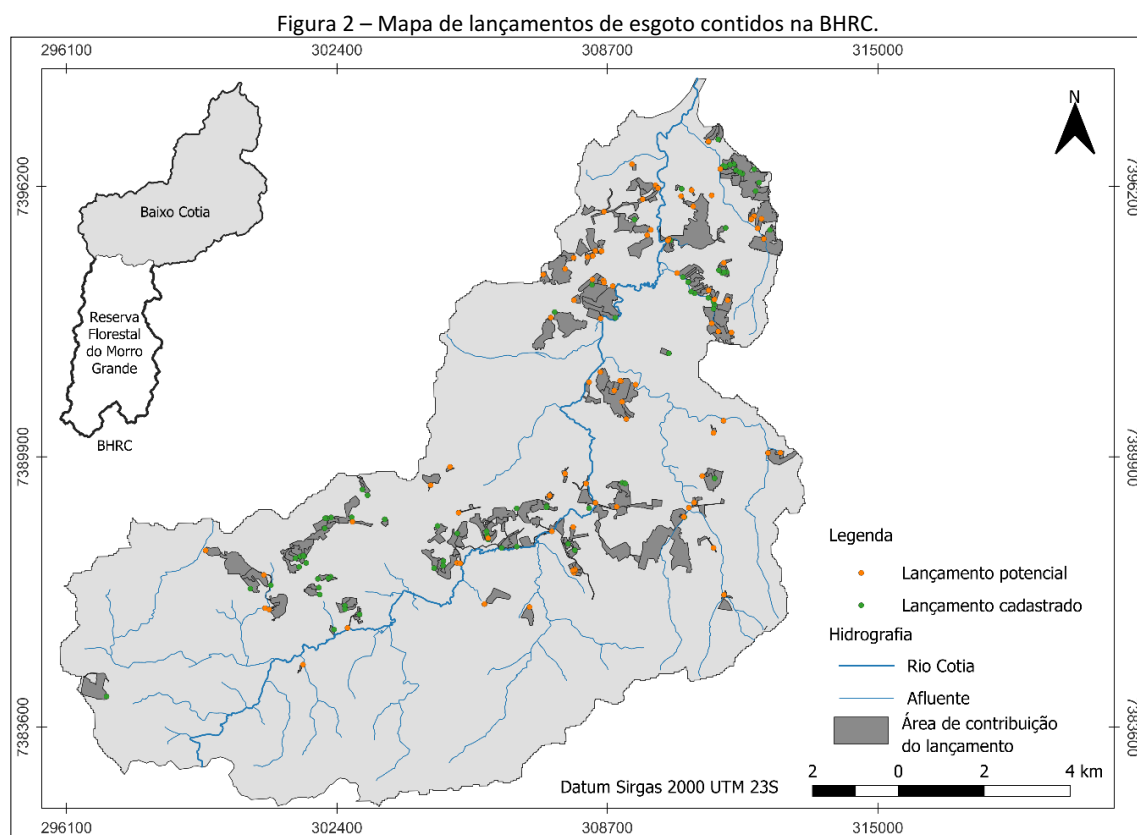
Com base nos dados obtidos, foram elaborados mapas temáticos representando a localização dos lançamentos, suas áreas de contribuição e respectivas estimativas de carga líquida despejada. Também foram desenvolvidas tabelas analíticas contendo informações quantitativas e qualitativas, como número de ligações, tipo de lançamento, presença de corpos

receptores, e estimativas de vazão. Os softwares utilizados nas etapas de análise e representação dos dados foram o QGIS, AutoCAD, Google Earth Pro e Microsoft Excel.

Além das análises quantitativas e espaciais, foram elaboradas comparações lúdicas de equivalência volumétrica com objetos cotidianos (como garrafinhas, piscinas e caminhões-pipa), sintetizadas em um infográfico ilustrativo, com o objetivo de facilitar a interpretação e comunicação dos resultados junto a públicos não técnicos.

4 RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os lançamentos de esgoto assim como suas respectivas áreas de contribuição, totalizando 180 pontos de lançamento. Destes, 89 lançamentos se caracterizam como potenciais, isto é, não estão registrados no SIG corporativo da Sabesp, mas sua existência foi constatada em vistoria de campo, conforme trabalho de Toniolo et al. (2023), e 91 se caracterizam como lançamentos cadastrados, devidamente registrados no SIG.



Fonte: Autoria própria.

Observando a Figura 2, nota-se que a análise espacial dos lançamentos de esgoto in natura evidenciou sua estreita relação com a rede hidrográfica da Bacia do Rio Cotia, destacando a proximidade de grande parte desses pontos com o Rio Cotia e seus afluentes, revelando a relevância ambiental desses lançamentos para a qualidade dos corpos hídricos. A sobreposição das áreas de contribuição com a hidrografia reforça a potencial conexão direta entre os pontos de despejo e os cursos d'água, o que intensifica os riscos de poluição difusa e contaminação por esgoto não tratado.

Essa distribuição espacial reflete, em parte, o padrão de ocupação urbana consolidado na bacia, onde é comum o uso do traçado dos cursos d'água como eixo de drenagem para o esgoto. No entanto, tal configuração também escancara a vulnerabilidade ambiental da região, especialmente nos casos de lançamentos potenciais ainda não integrados ao sistema de coleta, cuja atuação pode comprometer significativamente a qualidade da água superficial.

De acordo com a delimitação realizada, a área total de contribuição dos lançamentos é de 1.155,49 hectares. Desse total, 449,43 hectares (38,90%) correspondem a lançamentos cadastrados já conhecidos e registrados no sistema da Sabesp, enquanto 706,06 hectares (61,10%) referem-se a lançamentos potenciais identificados, ainda carentes de solução definitiva no Sistema de Esgotamento Sanitário (SES). Esses números indicam um volume expressivo de áreas urbanizadas onde o esgoto pode estar sendo lançado sem tratamento, o que evidencia a necessidade urgente de ações corretivas, integração de redes e intervenções estruturais para garantir a universalização do serviço e a proteção dos recursos hídricos da bacia.

A Tabela 1 apresenta os dados operacionais a respeito do total das áreas de contribuição.

Tabela 1 – Dados operacionais das áreas de contribuição dos lançamentos de esgoto.

| Dados | Área de Contribuição do Lançamento | | |
|--------------------------------|------------------------------------|------------|------------|
| | Cadastrado | Potencial | Total |
| Area (he) | 449,43 | 706,06 | 1.155,49 |
| Economia Residencial | 16.309 | 17.149 | 33.458 |
| Economia Comercial | 633 | 604 | 1.237 |
| Economia Industrial | 37 | 52 | 89 |
| Economia Pública | 43 | 23 | 66 |
| Ligação | 13.190 | 13.95 | 27.148 |
| Consumo médio de água (m³/mês) | 182.262,88 | 209.659,76 | 391.922,64 |
| Vazão de esgoto (l/s) | 56,25 | 64,71 | 120,96 |

Fonte: Autoria própria.

Analisando a Tabela 1, verifica-se que a área total das contribuições identificadas para lançamentos de esgoto *in natura* é de 1.155,49 hectares, sendo 706,06 hectares (61,10%) relacionadas a lançamentos potenciais e 449,43 hectares (38,90%) a cadastrados. Essa diferença evidencia a predominância territorial dos lançamentos ainda não formalmente reconhecidos no sistema, o que representa um passivo ambiental relevante. A maior abrangência das áreas potenciais demonstra que o mapeamento e a regularização desses pontos devem ser priorizados, especialmente em regiões de maior densidade urbana.

Ao cruzar os dados de área de contribuição com o número de ligações, observa-se que os lançamentos potenciais, embora em maior área, possuem uma densidade de ligações inferior aos cadastrados. Enquanto os lançamentos cadastrados concentram 13.190 ligações em 449,43 ha (29,35 ligações/ha), os potenciais abrigam 13.958 ligações em 706,06 ha (19,77 ligações/ha). Essa diferença pode indicar áreas urbanas mais adensadas já integradas ao sistema (mesmo que de forma incompleta) e áreas em expansão ou com menor densidade ainda à margem da regularização.

A Tabela 2 ainda apresenta dados sobre as áreas de contribuição para lançamentos de esgoto, que representam locais onde o esgoto é coletado, mas não tratado, sendo situações indesejáveis do ponto de vista ambiental e de saneamento. Em termos de economia, a maior parte dessas áreas está associada a usos residenciais, com 33.458 unidades no total (16.309 cadastradas e 17.149 potenciais), o que evidencia a vulnerabilidade de áreas habitadas ao

impacto ambiental do lançamento inadequado de esgoto. As economias comerciais (1.237 unidades), industrial (89 unidades) e pública (66 unidades) têm uma menor participação, mas ainda contribuem para o problema.

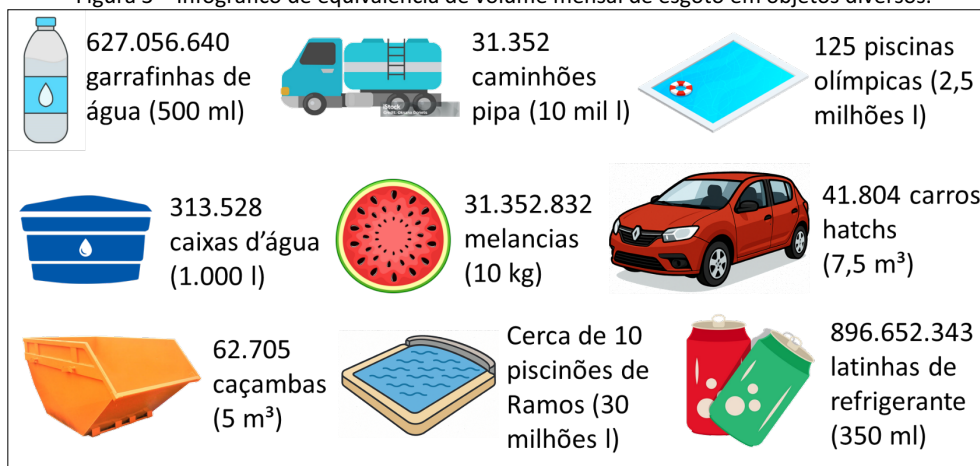
Embora a maior parte das economias seja residencial, o papel das economias comerciais (1.237), industriais (89) e públicas (66) não deve ser subestimado. Essas categorias, apesar de numericamente menores, possuem perfis distintos de consumo de água e carga poluidora, podendo gerar impactos específicos — como lançamento de substâncias químicas ou efluentes com características diferenciadas — que demandam soluções técnicas específicas. Sua inclusão no diagnóstico permite uma abordagem mais abrangente e eficiente das estratégias de controle e tratamento.

Ainda analisando a Tabela 2, verifica-se que todas ligações nessas áreas totalizam 27.148, com 13.190 já cadastradas e 13.958 potenciais, evidenciando que cerca de 51% das ligações ainda podem ser incorporadas a sistemas inadequados de disposição, caso medidas de mitigação não sejam tomadas. O consumo médio de água associado a essas áreas é significativo, alcançando 391.922,64 m³/mês, com uma vazão de esgoto de 120,96 l/s, dos quais 56,25 l/s são cadastrados e 64,71 l/s potenciais.

A relação entre o consumo médio mensal de água (391.922,64 m³/mês) e a vazão de esgoto gerada (120,96 l/s) revela uma carga líquida significativa sendo potencialmente despejada sem tratamento. A parcela maior associada aos lançamentos potenciais (209.659,76 m³/mês e 64,71 l/s) reforça o peso desses pontos no cenário de impacto ambiental. A presença de uma vazão maior nas áreas ainda não integradas ao sistema formal acentua a urgência de intervenções, pois essas regiões não apenas existem em maior número e área, mas também geram maior volume de efluente.

A Figura 3 apresenta um infográfico com comparações lúdicas que auxiliam na compreensão da magnitude da vazão de esgoto in natura identificada na BHRC, estimada em aproximadamente 313,5 milhões de litros por mês.

Figura 3 – Infográfico de equivalência de volume mensal de esgoto em objetos diversos.



Fonte: Autoria própria.

Utilizando objetos do cotidiano como garrafinhas de água, caminhões-pipa, carros, caçambas e piscinas, a Figura 3 permite traduzir o impacto volumétrico desse lançamento em termos visuais e intuitivos, facilitando o entendimento tanto para leitores técnicos quanto para o público geral. Essas equivalências evidenciam, de forma concreta, o quanto o descarte

contínuo de esgoto sem tratamento representa um volume expressivo, comparável a milhares de recipientes e estruturas comuns, reforçando a urgência de ações para contenção e tratamento desse passivo ambiental.

A Figura 4 apresenta fotos das vistorias de campo dos lançamentos potenciais, com aplicação do teste de corante.

Figura 4 – Infográfico de equivalência de volume mensal de esgoto em objetos diversos.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 4 apresenta os registros fotográficos das vistorias realizadas em quatro lançamentos potenciais identificados na base da Sabesp. Os testes foram conduzidos com

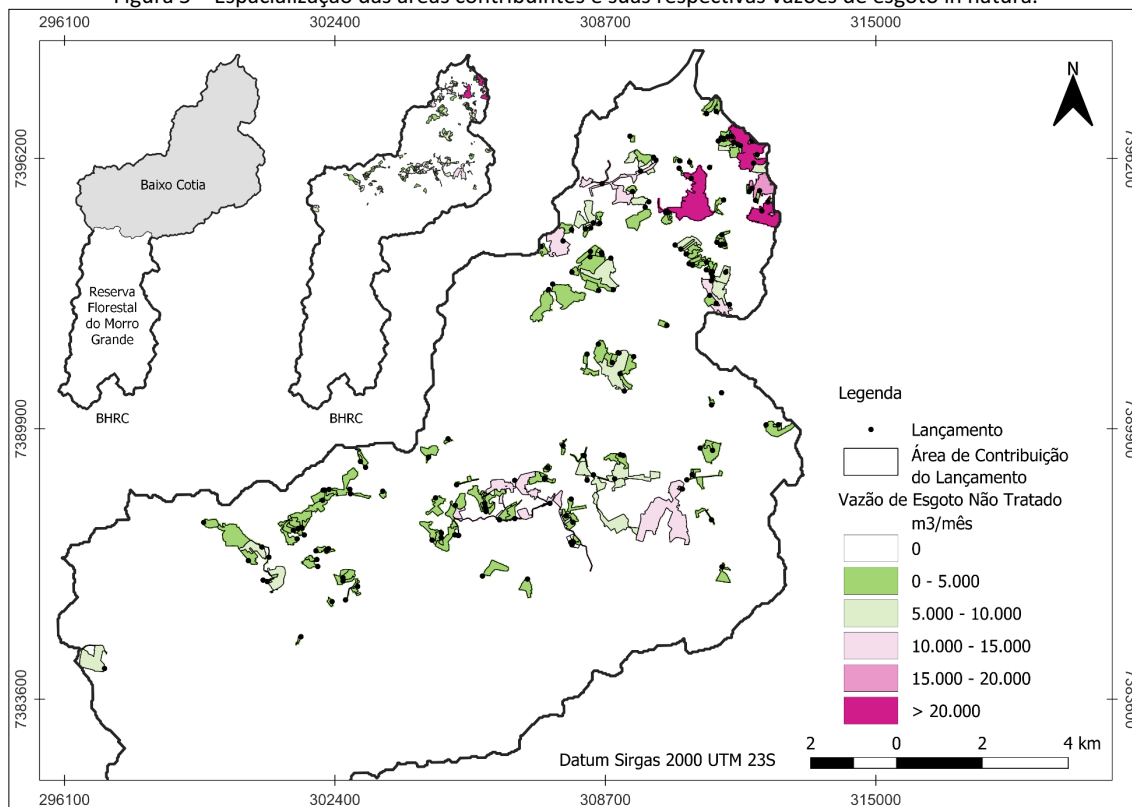
corantes de cores vivas (azul e rosa) aplicados nos poços de visita, com posterior observação do destino do escoamento. Os resultados permitiram confirmar a efetividade de todos os lançamentos.

Analisando a Figura 4, constata-se que o Lançamento 1 despeja esgoto diretamente em um córrego canalizado, evidenciado pela presença visível do corante no fluxo. Já Lançamento 2 contribui com carga poluente em um córrego natural, situado em área vegetada. Por fim, os Lançamentos 3 e 4 lançam o esgoto em galerias de águas pluviais (GAP), o que representa risco elevado de contaminação da drenagem urbana.

Assim a Figura 4 corrobora que a inspeção in loco confirma a existência dos lançamentos e permitiu diferenciá-los de erros cadastrais, reforçando a importância da vistoria técnica como etapa complementar à análise espacial.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial das vazões de esgoto, representadas por meio das respectivas áreas de contribuição de cada lançamento.

Figura 5 – Espacialização das áreas contribuintes e suas respectivas vazões de esgoto in natura.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 5 apresenta a espacialização das áreas de contribuição associadas aos lançamentos in natura na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia (BHRC), categorizadas por faixas de vazão mensal de esgoto não tratado (em m³/mês). As áreas estão classificadas em cinco intervalos de vazão, com gradação de cores do verde claro ao rosa escuro, evidenciando a intensidade da carga poluidora associada a cada polígono.

Observa-se que a maior parte dos lançamentos se concentra na porção nordeste da bacia, com destaque para regiões em magenta (vazões acima de 20.000 m³/mês), representando os pontos mais críticos de contribuição de esgoto bruto. Essas áreas, por sua alta

concentração populacional ou densidade de ligações, são prioritárias para ações corretivas e integração ao sistema de esgotamento sanitário.

Já os polígonos em verde indicam áreas com vazões mais baixas (inferiores a 10.000 m³/mês), mas ainda assim relevantes do ponto de vista ambiental por sua quantidade agregada. O padrão de dispersão demonstra que os lançamentos estão distribuídos ao longo de quase toda a bacia, reforçando a capilaridade do problema e a necessidade de soluções descentralizadas e específicas por subárea.

Esses dados reforçam a urgência de ações para eliminar essas áreas de contribuição, seja ampliando a rede de coleta e tratamento ou implementando tecnologias locais para tratar o esgoto antes do lançamento. A predominância de economias residenciais torna ainda mais crítico o impacto ambiental e social desse problema.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos revelaram um cenário preocupante BHRC, no qual lançamentos de esgoto in natura permanecem como elementos estruturais não integrados ao sistema formal de esgotamento sanitário. A identificação de 180 lançamentos, sendo 89 classificados como potenciais, expõe uma lacuna significativa entre a infraestrutura disponível e sua efetiva operação. Essa desconexão está relacionada, em parte, à defasagem cadastral e à complexidade topológica do sistema, como apontado por Olds et al. (2018), que faz o mapeamento de infiltrações e vazamentos urbanos de diversos SES.

A análise espacial das áreas de contribuição mostrou que os lançamentos incidem majoritariamente sobre zonas urbanizadas com forte presença residencial, reforçando os resultados de Li et al. (2016), que avaliou a espacialização de esgotamento e correlação com a urbanização de Beijing na China, entre 2004 e 2014. A predominância de economias residenciais – mais de 33 mil unidades na BHRC – em áreas não integradas ao sistema coletor evidencia a pressão antrópica sobre os recursos hídricos e os riscos sanitários associados à exposição contínua a cargas orgânicas sem tratamento.

A distribuição espacial das vazões e sua proximidade com corpos d'água, incluindo córregos naturais, canalizados e sistemas de drenagem pluvial, constitui um agravante. Tais configurações promovem a transferência direta de poluentes aos ecossistemas aquáticos, comprometendo a qualidade da água e a capacidade de autodepuração dos corpos receptores, conforme observado por Saita et al. (2017) que focou nos impactos biológicos de esgoto não tratado nos cursos d'água do Lago Luruaco, na China. A diferenciação entre os tipos de destino dos lançamentos — incluindo córregos naturais, canais e galerias — agrega valor analítico ao estudo e permite inferir riscos distintos de contaminação.

Por fim, a integração de ferramentas geotecnológicas com vistorias em campo e análise de dados operacionais demonstrou-se eficaz para caracterizar com precisão os lançamentos in natura e suas respectivas áreas de influência. Essa abordagem metodológica corrobora a importância do geoprocessamento na gestão do saneamento básico, conforme discutido por Marçal et al. (2024), que a mapeia a vulnerabilidade hídrica do município de Campinas (SP). A espacialização das vazões, aliada à representação gráfica dos volumes, também contribui para a democratização da informação e para a sensibilização de gestores e da sociedade civil sobre os impactos ambientais e sociais do saneamento incompleto.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou a relevância dos lançamentos de esgoto in natura como componentes críticos e ainda pouco integrados ao Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da Bacia Hidrográfica do Rio Cotia (BHRC). A caracterização espacial e funcional de 180 lançamentos — sendo 89 potenciais — permitiu não apenas mapear a extensão das áreas de contribuição, como também quantificar a carga líquida despejada no ambiente, estimada em cerca de 313,5 milhões de litros por mês.

A análise demonstrou que a maior parte dos lançamentos potenciais não está cadastrada no sistema corporativo, mas representa áreas extensas e com vazões elevadas, indicando um passivo ambiental substancial e urgente. A integração de dados geográficos, vistoria de campo com teste de corante e estimativas de vazão proporcionou um diagnóstico robusto, capaz de subsidiar decisões técnicas e operacionais.

As equivalências volumétricas apresentadas de forma lúdica e ilustrada reforçaram a magnitude do impacto ambiental causado por esses lançamentos, tornando os resultados acessíveis também a públicos não técnicos e ampliando o alcance da comunicação científica.

Portanto, os resultados deste estudo oferecem uma base técnica para o planejamento da universalização do SES na região, priorizando áreas críticas, corrigindo erros cadastrais e promovendo ações eficazes de coleta e tratamento. Além disso, a abordagem utilizada pode ser replicada em outras bacias urbanas com características semelhantes, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental e da saúde pública.

REFERÊNCIAS

- AL-KHUZAIE, M. M.; ABDUL MAULUD, K. N.; WAN MOHTAR, W. H. M.; MUNDHER YASEEN, Z. Assessment of untreated wastewater pollution and heavy metal contamination in the Euphrates river. **Environmental Pollutants and Bioavailability**, vol. 36, n.), p. 2292110, 2024.
- AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Editora Blucher, 2018.
- BHAT, S. U.; UMARA, Q. Implications of sewage discharge on freshwater ecosystems. **Advances, New Perspectives and Applications**, p. 1-18. IntechOpen, 2021.
- BOTTURI, A.; OZBAYRAM, E. G.; TONDERA, K.; GILBERT, N. I.; ROUAULT, P.; CARADOT, N.; GUTIERREZ, O.; DANESHGAR, S.; FRISON, N.; AKYOL, Ç. Combined sewer overflows: A critical review on best practice and innovative solutions to mitigate impacts on environment and human health. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, vol. M51(15), p. 1585-1618, 2024. Disponível em <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784486184.066>. Acesso em 15. abr. 2025.
- GOOGLE. **Ajuda do Google Earth Como Podemos Ajudar?** 2025. Disponível em <https://support.google.com/earth?sjid=9719112578178248784-SA#topic=7364880>. Acesso em 25. jun. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Agregados por Setores Censitários preliminares: População e domicílios**. Rio de Janeiro, 33 p., 2024. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102071.pdf>. Acesso em 20. mai. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo Demográfico 2022: características gerais dos domicílios e saneamento básico**. Rio de Janeiro, 2025.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2025 (SNIS/SNISA 2023)**. São Paulo, 2025. Disponível em https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/07/Versao-Final-de-Estudo-da-GO-Associados-Ranking-do-Saneamento-de-2025_Rio-Corrigido-V4.pdf. Acesso em 24. jun. 2025.
- MARÇAL, J.; SHEN, J.; LADISLAO-ANTIZAR, B.; BUTLER, D.; HOFMAN, J. Assessing inequalities in urban water security through geospatial analysis. **PLOS Water**, v. 3, n. 2, e000213, 2024. Disponível em https://journals.plos.org/water/article?id=10.1371%2Fjournal.pwat.0000213&utm_source=chatgpt.com#abstract0. Acesso em 15. abr. 2025.
- LI, H.; WANG, C.; JIANG, Y.; HUG, A.; LI, Y. Spatial assessment of sewage discharge with urbanization in 2004–2014, Beijing, China. **AIMS Environmental Science**, vol. 3, n. 4, p. 842-857, 2016.
- OBRADOVIĆ, D.; ŠPERAC, M.; MARENJAK, S. CHALLENGES IN SEWER SYSTEM MAINTENANCE. **Encyclopedia**, vol. 3, p. 122-142, 2023. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010010>. Disponível em <https://www.mdpi.com/2673-8392/3/1/10>. Acesso em 27. jun. 2025.
- OLDS H. T.; CORSI, S. R.; DILA, D. K.; HALMO, K. M.; BOOTSMA, M. J.; MCLELLAN, S. L. High levels of sewage contamination released from urban areas after storm events: A quantitative survey with sewage specific bacterial indicators. **PLoS Med**, vol. 15, n. 7, p. 1002614, 2018. Disponível em https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6057621/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 28. jul. 2025.
- SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Servidor do Planejamento de Expansão. **Relatórios gerenciais e camadas vetoriais de informações empresariais – memorando da Superintendência de Oeste – OO**. São Paulo, 2024, 2.500 p.
- SAITA, T.M.; NATTI, P. L.; CIRILO, E. R.; ROMEIRO, N. M. L.; CANDEZANO, M. A. C.; ACUÑA, R. B.; MORENO, L. C. G. Numerical Simulation of Fecal Coliform Dynamics in Luruaco Lake, Colombia. **TEMA**, v. 18, n. 3, p. 435-447, 2017.
- TONIOLO, B. P. **Metodologia de avaliação de degradação ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto na Bacia Hidrográfica do Rio Cotia – SP**. Dissertação de Mestrado, 123 f. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Sorocaba, SP, 2020.
- TONIOLO, B. P.; BOCATO, B. H.; SIMAS, I. T. H.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Análise e Automatização em SIG como Opção para o Mapeamento de Lançamentos Potenciais de Sistema de Esgotamento – Etapa 1. *In: Sustentare e Wipis 2023 – Workshop Internacional, 2023 (online)*. **Anais [...]**. 2023. Disponível em

https://www.researchgate.net/publication/375925977_Analise_e_Automatizacao_em_SIG_como_Opcao_para_o_Mapeamento_de_Lancamentos_Potenciais_de_Sistema_de_Esgotamento_-_Etapa_2. Acesso em 7 jun. 2025.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2008.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Informe quem teve a ideia central do estudo e ajudou a definir os objetivos e a metodologia. **Bruno Pereira Toniolo.**
- **Curadoria de Dados:** Especifique quem organizou e verificou os dados para garantir sua qualidade. **Bruno Pereira Toniolo.**
- **Análise Formal:** Indique quem realizou as análises dos dados, aplicando métodos específicos. **Bruno Pereira Toniolo e Darllan Collins da Silva.**
- **Aquisição de Financiamento:** Identifique quem conseguiu os recursos financeiros necessários para o estudo. **Não se aplica.**
- **Investigação:** Mencione quem conduziu a coleta de dados ou experimentos práticos. **Bruno Pereira Toniolo.**
- **Metodologia:** Aponte quem desenvolveu e ajustou as metodologias aplicadas no estudo. **Bruno Pereira Toniolo.**
- **Redação - Rascunho Inicial:** Indique quem escreveu a primeira versão do manuscrito. **Bruno Pereira Toniolo.**
- **Redação - Revisão Crítica:** Informe quem revisou o texto, melhorando a clareza e a coerência. **Darllan Collins da Cunha e Silva.**
- **Revisão e Edição Final:** Especifique quem revisou e ajustou o manuscrito para garantir que atende às normas da revista. **Bruno Pereira Toniolo e Darllan Collins da Silva.**
- **Supervisão:** Indique quem coordenou o trabalho e garantiu a qualidade geral do estudo. **Roberto Wagner Lourenço.**

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Bruno Pereira Toniolo, Darllan Collins da Cunha e Silva e Roberto Wagner Lourenço**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Caracterização de Lançamentos In Natura como Parte Integrante do Sistema de Esgotamento Sanitário da Bacia do Rio Cotia (SP)**":

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