

MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO E DOS TIPOS DE CRIADOUROS DE AEDES AEGYPTI NA ÁREA URBANA DE SANTA MARIA - RS

MAPPING THE DISTRIBUTION AND TYPES OF BREEDING SITES OF AEDES AEGYPTI IN THE URBAN AREA OF SANTA MARIA - RS

Julia Finkler¹
Romário Trentin²

RESUMO: Este estudo analisa a distribuição dos tipos de depósitos de água onde foram encontrados mosquitos *Aedes aegypti* na área urbana de Santa Maria (RS) entre 2018 e 2023. Utilizando ferramentas de análise espacial, foram criados gráficos, tabelas e mapas temáticos a partir de dados dos Registros Diários do Serviço Antivetorial, disponibilizados pela Vigilância Ambiental do município. As análises revelaram grande variabilidade dos tipos de depósitos ao longo dos anos e da distribuição dos potenciais criadouros de *Aedes aegypti*. Os criadouros mais comuns são recipientes artificiais, especialmente dos tipos B e D2, enquanto os do tipo A1 são raros. As áreas com maior densidade de criadouros foram identificadas nos bairros Juscelino Kubitschek, Nova Santa Marta, Pinheiro Machado e Camobi, todos com alta densidade populacional conforme dados do IBGE (2022). A diversidade de recipientes onde o mosquito pode se reproduzir evidencia que certas categorias de criadouros oferecem maior risco do que outras, conforme a classificação adotada. No entanto, essa análise deve ser associada a outros fatores de forma integrada e multiescalar para um controle mais eficaz do vetor.

Palavras-chave: Urbanização; Depósitos artificiais; Saúde; Geoprocessamento.

Abstract: This study analyzes the distribution of types of water containers where *Aedes aegypti* mosquitoes were found in the urban area of Santa Maria (RS) between 2018 and 2023. Using spatial analysis tools, thematic maps were created from data provided by the Daily Records of the Antivector Service, made available by the Environmental Surveillance of the municipality. The analyses revealed significant variability in the types of containers over the years and in the distribution of potential *Aedes aegypti* breeding sites. The most common breeding sites are artificial containers, particularly types B and D2, while type A1 is rare. Areas with the highest density of breeding sites were identified in the neighborhoods of Juscelino Kubitschek, Nova Santa Marta, Pinheiro Machado, and Camobi, all of which have high population densities. The diversity of containers where the mosquito can reproduce highlights that certain categories of breeding sites pose a higher risk than others, according to the classification used. However, this analysis should be integrated with other factors in a multiscale approach for more effective vector control.

Keywords: Urbanization; Artificial Containers; Health; Geoprocessing.

¹ Mestranda pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria. Email : finkler.julia@acad.ufsm.br

²Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Paraná,. Pós-Doutorado em Geografia pela Le Mans Université, França . Docente titular do Departamento de Geociências, do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria. Email : romario.trentin@gmail.com



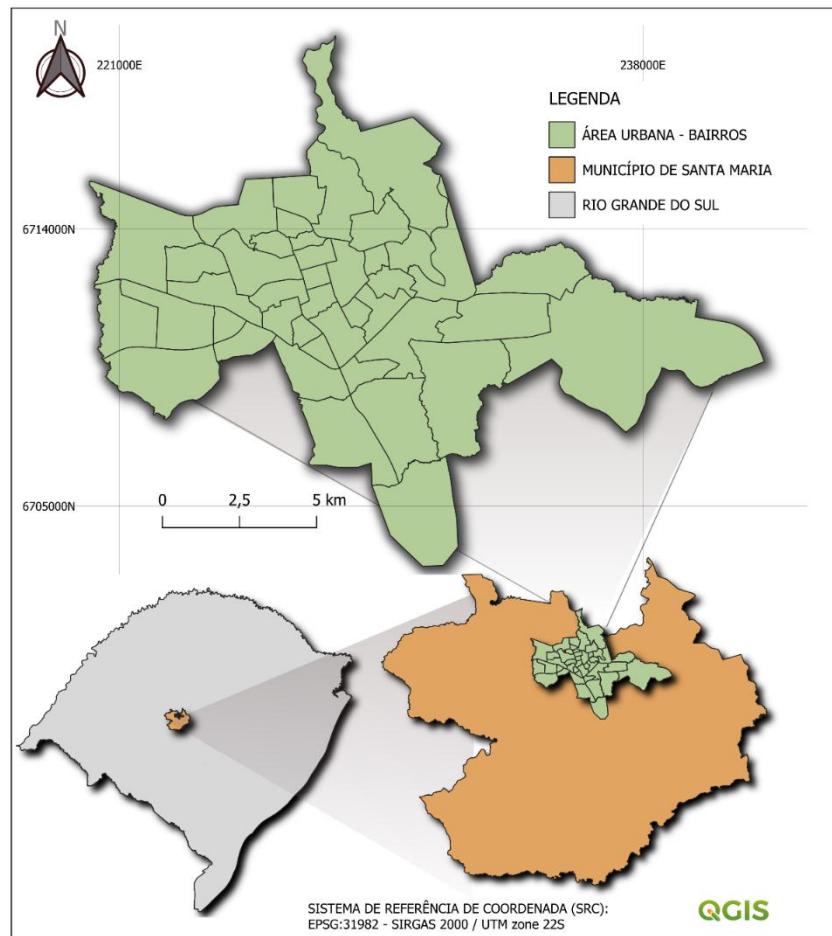
INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti* vêm se tornando um vetor de doenças de importância mundial, é conhecido por transmitir diversas doenças, entre elas o vírus da Dengue. Esse aumento da transmissão e dispersão está associado a diversos fatores, sobretudo climáticos, ecológicos e socioeconômicos, em diversas escalas geográficas. O risco de transmissão embora esteja relacionado a padrões que vêm se estabelecendo globalmente, como a intensa urbanização, modificações no uso e ocupação do solo, mudanças climáticas, ele varia dentro e entre cidades (Kache *et al.*, 2022). Adaptado ao meio urbano o *Aedes aegypti* encontra, na estrutura e função da cidade urbanizada, as condições ideais para reprodução em diferentes recipientes capazes de armazenar água.

Filho *et al.* (2021), afirmam que o Brasil possui características naturais que o tornam vulnerável às arboviroses, sendo a Dengue, o Zica e o Chikungunya, os principais vírus que poderão se tornar graves problemas para a saúde pública. O estado do Rio Grande do Sul, por apresentar um clima subtropical e se localizar no extremo sul do país, comparando com outros estados, teve uma inserção do mosquito *Aedes aegypti* contaminado com o vírus, mais tardia, apresentando recentemente, aumentos significativos do vetor, em diversos municípios.

No caso do município de Santa Maria (RS), cidade de grande influência da região central do Rio Grande do Sul (Figura 1), desde 2018 têm apresentado um aumento no número de casos notificados e positivados de dengue, colocando gestores públicos e a sociedade em constante estado de alerta. O município apresenta uma população residente de 271.735 pessoas e uma densidade demográfica de 152,64 habitantes/km², de acordo com o último censo do IBGE (2022). Também se configura como um polo educacional que acolhe milhares de estudantes, oferece serviços de saúde e abriga um dos maiores contingentes militares do país. Uma configuração que se traduz em uma área geograficamente relevante e de elevado risco epidemiológico.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Santa Maria (RS), 2024.



Fonte(malha digital): IBGE, 2022. Elaboração: Os autores, 2024.

Segundo a Vigilância ambiental do município, já estão sendo realizadas pesquisas que possam colaborar no entendimento e controle da dengue no município. Porém, apesar dos diversos estudos sobre o tema, pouco se investiga sobre os tipos e a distribuição dos criadouros do mosquito em área urbana e periurbana. A identificação dos recipientes e a análise de sua distribuição em um local podem nos fornecer uma base sólida para o planejamento de estratégias de controle mais eficazes. Ademais, essa análise pode orientar a população a prestar mais atenção aos criadouros específicos e a adotar práticas corretas de limpeza e descarte de materiais não orgânicos que possam servir como potenciais focos de proliferação de mosquitos.

Reconhecendo a relevância de uma análise multiescalar, mas trabalhando em escala de abrangência local, esta pesquisa tem o objetivo de identificar os principais tipos de criadouros de *Aedes aegypti* e sua distribuição na área urbana do município de Santa Maria (RS). Para isso, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento juntamente com a cartografia de síntese. Essas abordagens não apenas geram e utilizam mapas, mas também oferecem uma



TÍTULO DO ARTIGO

análise fundamentada em conhecimentos científicos, aumentando e facilitando a compreensão do tema. Além disso, o estudo visa fornecer subsídios para análises mais abrangentes que incorporem esses resultados em estudos multifatoriais sobre a dengue, assim como complementar o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficazes.

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DENGUE

O mosquito *Aedes aegypti*, encontrou na cidade sem planejamento, sem infraestrutura lugar ideal para sua reprodução. A ausência de saneamento básico e a gestão ineficiente de resíduos sólidos são fatores apontados como relevantes e correlacionados a ocorrência e proliferação do vetor e de doenças associadas, sobretudo em áreas urbanas de alta densidade populacional.

Estudos recentes reforçam essa associação. Uma investigação conduzida em 853 municípios de Minas Gerais evidenciou que níveis mais elevados de coleta seletiva e de qualidade na destinação final dos resíduos sólidos apresentaram relação inversa com a incidência de dengue, indicando que a gestão eficiente de resíduos configura-se como um fator de proteção contra o vetor-doença. Por outro lado, a precariedade desses serviços favorece a formação de criadouros urbanos e a expansão do vetor (Mol *et al.*, 2020).

Essa dinâmica também foi observada em Recife, a partir dos estudos de Sobral e Sobral (2019), onde o aumento da coleta de lixo domiciliar esteve associado à redução dos casos de dengue. Além disso resíduos específicos, como pneus e entulhos, apresentaram papel fundamental na manutenção de focos do mosquito, sobretudo quando não recolhidos de maneira adequada (Sobral; Sobral, 2019).

Corroborando esses achados, outro estudo conduzido em municípios do Paraná identificou uma relação direta entre o aumento da produção de resíduos sólidos urbanos e a elevação da incidência de dengue. Além da necessidade de políticas públicas voltadas à melhoria da coleta e do manejo de resíduos como medidas fundamentais para o enfrentamento da doença no contexto urbano (Cibotto, 2018).

Além destes e outros estudos, a literatura aponta que a eliminação de criadouros artificiais, em especial aqueles formados por resíduos descartados irregularmente, é uma estratégia essencial no controle do *Aedes aegypti*. Nesse sentido, a gestão ambiental eficaz é destacada como elemento central nas ações de saúde pública, enfatizando a inter-relação entre condições ambientais e epidemiologia das arboviroses (Zara *et al.*, 2016). Dessa forma, é



possível afirmar que a gestão adequada dos resíduos sólidos não apenas reduz os potenciais criadouros urbanos, mas também atua como componente estrutural na contenção da dengue. A coleta regular, a ampliação da coleta seletiva e a correta destinação dos resíduos emergem como práticas indispensáveis para mitigar a formação de focos vetoriais e para promover a saúde pública nas cidades.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa possui caráter quali-quantitativo, combinando abordagens qualitativas e quantitativas para a análise da relação entre a gestão de resíduos sólidos e a proliferação do *Aedes aegypti*. A dimensão qualitativa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica, que fundamentou teoricamente a investigação. Já a abordagem quantitativa concentrou-se na análise espacial dos dados, com base na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o monitoramento ambiental.

Para esta pesquisa utilizou-se alguns dos métodos característicos da análise espacial de eventos, como a visualização dos dados espaciais e a análise exploratória. A visualização de dados espaciais a partir dos mapas gerados em plataforma SIG, permite avaliar alguns padrões de distribuição. Já a aplicação dos métodos exploratórios de dados espaciais implicou na busca de explicação baseada em evidências científicas que norteava os eventos apresentados nos mapas a partir de uma interpretação intuitiva, as quais também levantaram hipóteses a serem investigadas.

Nos municípios brasileiros, para a identificação de áreas críticas de focos da dengue existem várias metodologias, no geral, elas se combinam entre si, como a vigilância epidemiológica, o monitoramento entomológico e a análise de dados geoespaciais. No caso de Santa Maria, as metodologias aplicadas são o Levantamento de Índice Rápido de *Aedes aegypti* (LIRAA), de responsabilidade e aplicação da Vigilância Ambiental, a Vigilância Epidemiológica, o monitoramento entomológico, a participação comunitária e denúncias.

Os dados utilizados são referentes aos depósitos onde foram encontrados mosquitos *Aedes aegypti* (em diferentes fases) no município de Santa Maria (RS), extraídos do registro diário do serviço antivetorial da Vigilância Ambiental (Boletim de campo), material preenchido pelos agentes de saúde da vigilância ambiental, e disponibilizados pela Vigilância ambiental do município, de forma digitalizada. Esses dados são apenas para controle interno, ou seja, gerenciais, não é criado para subsidiar estatística, embora sejam encaminhados para a Secretaria Estadual de Saúde. Este registro é uma ficha padrão do Programa Nacional de controle da

TÍTULO DO ARTIGO

dengue (PNCD), preenchida a mão, disponibilizada em papel aos agentes que fazem as vistorias e depois digitalizam e lançam no sistema. Essa ficha possui 15 campos de preenchimento, entre eles: data de coleta, rua, bairro, número do quarteirão, tipo de imóvel, tipo de depósito, responsável pela coleta e dados de laboratório entre outros. Para este trabalho foram utilizados as informações do endereço e do tipo de depósito.

Embora ocorra inspeções não rotineiras em áreas peridomiciliares e fora do perímetro urbano de Santa Maria (RS), ou seja, nos distritos, estes não foram considerados, pois o número de focos é muito pequeno para esta análise. Alguns dos focos são do mosquito *Aedes aegypti* infectado com o vírus dengue (DENV), outros não. Nesta análise não foi feita esta distinção, apenas a espacialização dos locais (focos) onde foram coletadas e identificados morfológicamente a existência do mosquito *Aedes aegypti*. Também não é levado em consideração nessa análise, a dispersão do mosquito transmissor ou dos recipientes devido ao transporte humano, esta dispersão pode ocorrer a longas distâncias, inclusive para áreas fora da faixa estabelecida como foco-origem.

Os dados pontuais dos registros diários com a descrição tabulada da localização e outros atributos referentes aos focos do mosquito *Aedes Aegypti*, foram organizados em planilhas eletrônicas no *Microsoft Office Excel Online* (gratuito), e posteriormente, passaram pelo processo de geolocalização no *software ArcGIS PRO*. Esse processo no ArcGis consiste em converter descrições de locais como endereços e nomes de lugares, ou seja, dados textuais ou tabulares, em coordenadas geográficas x, y (latitude e longitude), materializado no espaço uma representação pontual de um determinado ponto no espaço geográfico e em um sistema de referência (ESRI, 2024). O *software* faz todo o processo de correspondência de padrões (aplicação de algoritmos), cálculo de coordenadas, visualização e análise, de forma automatizada e rápida. Destes endereços, 16 foram descartados devido à falta de completude ou de inconsistências nos dados de endereços. Já para as representações cartográficas foi utilizado o *software* livre QGIS (*Quantum Geographic Information System*) 3.16. O QGIS é um *software* que opera como um Sistema de Informação Geográfica (SIG), permitindo aplicar técnicas de geoprocessamento para analisar, visualizar e interpretar dados espaciais. Tabelas e gráficos também foram geradas a partir de planilhas importadas do QGIS para o *Microsoft Office Excel Online*.

Com a informação sobre os tipos de depósitos que apresentam capacidade de serem potenciais criadouros do mosquito *Aedes aegypti*, também do Boletim de campo, foi possível especializa-los e identificar a predominância de determinado tipo de depósito em cada ano. Utilizou-se símbolos categorizados para distingui-los. Como a dengue apresenta uma



variabilidade anual impulsionada por diversos fatores, sobretudo climáticos, optou-se compreender essa distribuição e concentração, separados por ano. Considerando que em um mesmo local podem existir mais de um foco, porém são diferentes tipos de depósitos larvais e fases do mosquito, esses também são contabilizados.

Os tipos de depósito onde foram encontrados mosquitos *Aedes aegypti*, são apenas um dos campos da ficha no que condiz a caracterização dos focos. Estes dados são o somatório dos trabalhos de: a) do Levantamento Índices Rápidos para o *Aedes aegypti* (LIRA), realizado trimestralmente, normalmente nos meses de janeiro, abril, julho e outubro, e norteia o Levantamento Tradicional; b) do Levantamento Tradicional (LI), realizado bimestralmente (exceto quando se está fazendo o LIRA, para não alterar o resultado). Não se aplica aos pontos estratégicos; c) de notificações da residência das pessoas positivadas ou suspeitas de dengue, emitidos pela Vigilância Epidemiológica (Pesquisa Vetorial Especial - PVE); d) de Pontos Estratégicos (PE), são feitas varreduras em locais onde se mantém as condições para foco de mosquito (cemitérios, borracharias, floriculturas, etc.), realizados a cada 15 dias, e de denúncias.

São entendidos como depósitos os recipientes ou locais considerados potenciais criadouros para *Aedes aegypti*, ou seja, locais onde o mosquito encontrou um habitat ideal para reprodução. Estes recipientes foram classificados no Manual técnico LIRA (Ministério da Saúde, 2017) desenvolvido a partir do PNCD em 2002, em uma categorização dos depósitos em cinco grupos. Essa classificação é essencial aos órgãos epidemiológicos pois facilita o direcionamento das ações de controle vetorial. Cada tipo de depósito apresentada a codificação única. Em linha com manual LIRA, os grupos de depósitos artificiais e naturais são divididos em cinco grupos gerais. O Grupo A abrange os depósitos de armazenamento de água, que são frequentemente grandes e destinados ao uso populacional. Esse grupo é dividido em dois subgrupos: A1, que inclui depósitos elevados conectados à rede pública ou sistemas de captação mecânica, como caixas d'água e tambores, e A2, que se refere a depósitos ao nível do solo usados para armazenamento doméstico, como tonéis, barris, cisternas e potes de barro. O Grupo B inclui depósitos móveis, como vasos e frascos com água, pratos, garrafas retornáveis, e outros recipientes que podem acumular água, além de objetos religiosos e materiais de construção, como canos e ferramentas armazenadas. O Grupo C compreende depósitos fixos, como tanques encontrados em obras de construção civil, calhas, lajes inclinadas, ralos, sanitários desativados, piscinas não tratadas e fontes ornamentais. Também estão incluídos cacos de vidro em muros e outros adornos arquitetônicos. O Grupo D é dedicado aos depósitos passíveis de remoção e é subdividido em dois subgrupos: D1, que abrange pneus e outros materiais rodantes, como

TÍTULO DO ARTIGO

câmaras de ar, e D2, que inclui resíduos sólidos como plásticos, garrafas PET, latas, sucatas e entulhos de construção. Por fim, o Grupo E engloba depósitos naturais, como axilas de folhas em bromélias, buracos em árvores e rochas, e restos de animais, como cascas e carapaças. Essa metodologia de categorização dos depósitos é unicamente brasileira, em outras nações, existem sistemas próprios para a classificação e manejo dos criadouros de mosquitos *Aedes aegypti*.

A partir da geocodificação, os focos com seu respectivos atributos (tipo de depósito), foram separado (agrupados) por ano, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023, com uso do filtro por expressão. Para contabilização do número de focos do mosquito *Aedes aegypti* por bairro, e os tipos de depósitos, foi utilizado a ferramenta do QGIS “Contagem de pontos por polígono”, e a aplicação de diferentes simbologias para melhor compreensão da dinâmica espacial do vetor e dos depósitos ao longo dos anos.

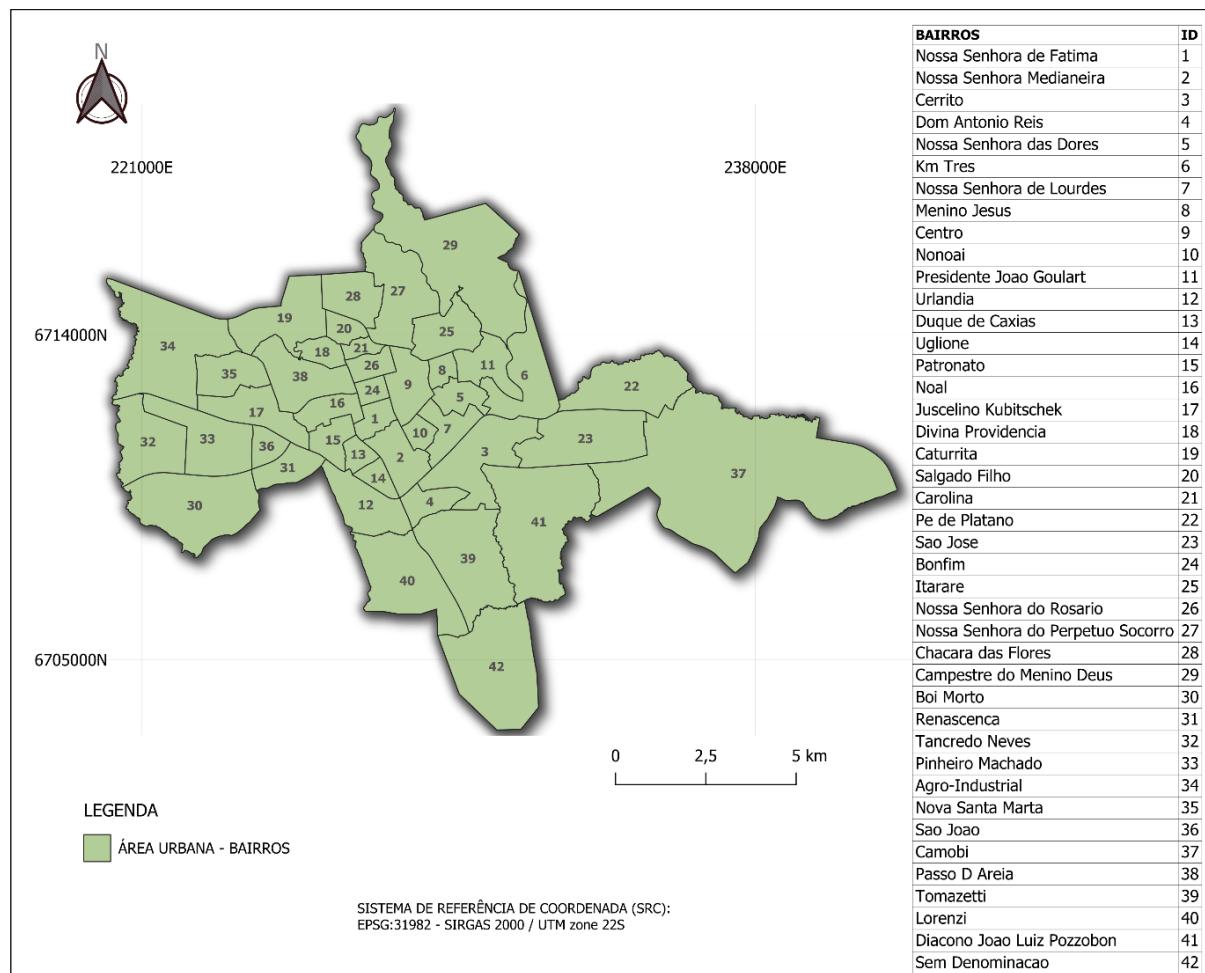
O Uso destes dados para o estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da UFSM, pelo Núcleo de Educação Permanente em Saúde (NEPeS) e pelos responsáveis da Vigilância Ambiental de Santa Maria. Todo o tratamento dos dados nos Sistemas de Informação Geográfica seguiu rigorosamente os termos estabelecidos, garantindo sempre a preservação da identidade dos indivíduos envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área de estudo compreende a área urbana de Santa Maria, correspondendo a grande parte do distrito sede de Santa Maria, que incorpora extensões urbanizadas, bem como algumas zonas de expansão urbana (Figura 2). Apresenta uma área urbana de aproximadamente 13.523,6 hectares, com uma população majoritariamente urbana.

O município está sobre planejamento e gestão da 4^a Coordenadoria Regional de Saúde (4^a CRS). Em termos de organização de ações no enfrentamento da dengue, o município trabalha de acordo com as diretrizes do Plano Nacional de Combate à Dengue (PNCD), que fornece amparo às ações e serviços da Vigilância em Saúde. Das principais ações estão o acompanhamento dos casos, atenção básica, análises laboratoriais pelo Laboratório Central de Saúde Pública do Rio Grande do Sul (LACEN), notificação e comunicação com a 4^a CRS e Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), além de atendimento a denúncias e de casos suspeitos, entre outros.

Figura 2 – Mapa de localização da área urbana (bairros) do município de Santa Maria (RS), 2024.



Fontes (malha digital): IBGE, 2022. Elaboração: Os autores, 2024.

Existem muitas variáveis que podem determinar a presença dos diferentes tipos de depósitos em um lugar. Algo que é inegável é o papel das mudanças nos padrões de chuva e temperatura sobre a elevação ou diminuição do número de focos de mosquitos *Aedes aegypti*. Porém, em nível de residência, o aumento ou diminuição do uso de recipientes de armazenamento de água, chamados de depósitos, são uma resposta principalmente, da gestão de resíduos sólidos gerados pelo ser humano (materiais artificiais), que não são absorvidos pelo ambiente natural, e que acabam se intensificando com as mudanças no padrão de chuva.

Quanto a gestão dos resíduos sólidos urbanos em Santa Maria (RS), o programa de coleta seletiva, embora implantado oficialmente, ainda é insuficiente em cobertura e efetividade. Almeida Jr. *et al.* (2015) apontaram que a separação dos resíduos pelos municípios é inadequada, prejudicando a sustentabilidade de associações de catadores, como a Associação

TÍTULO DO ARTIGO

dos Selecionadores de Materiais Recicláveis de Santa Maria. Monteiro, Silva e Difante (2012) reforçam que, apesar da criação do programa "Recicla Santa Maria", há carência de apoio financeiro, logístico e educativo.

De acordo com os dados sobre saneamento e resíduos sólidos em Santa Maria, da Série Histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referente ao município de Santa Maria (RS), de 2018 a 2021 houve alguns avanços significativos na cobertura dos serviços básicos. De acordo com os registros disponíveis, a população atendida com abastecimento de água chegou a 271.303 pessoas, enquanto o esgotamento sanitário alcançou 179.376 habitantes dos 298.081, segundo IBGE. A coleta domiciliar direta (porta-a-porta) atingiu 100% de cobertura, superando os 81,98% observados em 2018, e a coleta regular de resíduos sólidos, tanto em relação à população total quanto à população urbana, também registrou cobertura total no último ano analisado. Toda a coleta de resíduos (domiciliares e públicos) tem sido realizada por serviços terceirizados desde 2018. No entanto, a massa de resíduos coletada por habitante ainda é expressiva: em 2021, foram registrados 0,71 kg por pessoa/dia, valor que, embora menor que os 0,83 kg registrados em 2019, permanece elevado.

Essa realidade, ao mesmo tempo que revela a eficiência dos serviços de coleta e cobertura, levanta preocupações sobre o aumento da geração de resíduos e os limites da atual gestão pública. A terceirização integral dos serviços, embora operacionalmente vantajosa, exige forte fiscalização para garantir que as práticas não se limitem à coleta, mas avancem para o tratamento e a destinação adequada dos resíduos. A cobertura universal não garante, por si só, uma gestão ambientalmente sustentável, embora reconheçamos o papel fundamental das diversas Associações de recicladores que cumprem um papel importantíssimo. Assim a gestão dos resíduos sólidos apesar de apresentar uma excelente cobertura, ou seja, avanços pontuais, revela importantes fragilidades, especialmente no tocante à coleta seletiva, e à gestão em áreas periféricas e ao impacto ambiental gerado pelos resíduos descartados inadequadamente.

A concentração de depósitos nos bairros aponta para possíveis lacunas nesta execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Portanto, conforme os dados analisados, embora o município esteja bem estruturado em termos de atendimento, torna-se cada vez mais urgente ampliar o foco da gestão para estratégias de redução, reaproveitamento e educação ambiental, de modo a conter o crescimento da geração de resíduos e seus impactos urbanos e ambientais.

Como podemos visualizar nos mapas, grande parte dos depósitos se encontram distribuídos de forma concentrada nas extensões do perímetro urbano mais urbanizadas (regiões centro e cento-oeste), confirmado a forte preferência do mosquito fêmea em ovipositar em depósitos próximos às habitações humanas, onde existe maior probabilidade do mosquito fêmea

encontrar sangue humano para se alimentar, e onde as condições para a reprodução são favoráveis.

O gráfico (Figura 3) mostra que da classificação dos depósitos artificiais, tipos A1, A2, B, C, D1 e D2, durante todos os anos, alguns predominaram sobre os demais, são os tipos B, D1 e D2. Estes são os de preferência do mosquito fêmea por apresentar grande disponibilidade de água por um período de tempo mais longo, por serem mais acessíveis e numerosos, aumentando a probabilidade de serem escolhidos para a oviposição, e por apresentarem menos predadores naturais, aumentando assim, as chances de sobrevivência das larvas. Fazendo uma classificação por quantidade, entre os mais predominantes.

O aumento no número dos principais tipos de depósitos está correlacionado com a quantidade de focos, uma vez que o tipo de depósito é um atributo diretamente associado a essa variável. Em 2019, observou-se uma leve redução, possivelmente influenciada por diversos fatores, como o início da pandemia, que levou as pessoas a permanecerem mais tempo em casa e, consequentemente, a dedicarem maior atenção à eliminação de criadouros; condições climáticas menos favoráveis ao vetor; e/ou à adoção de medidas de controle mais eficazes.

Os diversos tipos tiveram um aumento crescente ao longo dos anos, no entanto, aqueles do tipo B tiveram uma predominância maior entre os demais. Esse tipo é o mais comum, são mais acessíveis e numerosos, advindos principalmente de resíduos sólidos descartados incorretamente ou pequenos recipientes, muito comuns em pátios de residências, ruas, praças, locais públicos, mas principalmente, em locais onde a coleta seletiva de resíduos sólidos não é realizada frequentemente ou não é efetiva.

Os tipos A1 e E foram consistentemente menos frequentes ou ausentes em comparação com os demais ao longo de todos os anos analisados. Os depósitos do tipo A1, caracterizados por depósitos de água em locais mais elevados em relação ao solo, são encontrados em menor quantidade devido à restrição de altitude para o voo, que conforme Moore e Brown (2022), é considerada baixa. Além disso, muitas vezes esses locais apresentam menor riscos pois estão conectados à rede pública e/ou sistemas de captação mecânica, como poços, cisternas ou minas d'água, o que requer tratamento da água e limpeza do local de forma mais frequente. Muitas vezes nestes locais requerem a aplicação de certas quantidades de produtos químicos, como água sanitária (hipoclorito de sódio a 5,25% - NaOCl), a fim de garantir sua potabilidade e segurança para o consumo humano. A água sanitária em concentrações específicas pode matar mosquitos imaturos (larvas) e imaturos mais velhos quando existe, na água, alimento larval, recomendada aplicação principalmente em depósitos de pneus de automóveis (Barreira *et al.*, 2004).

TÍTULO DO ARTIGO

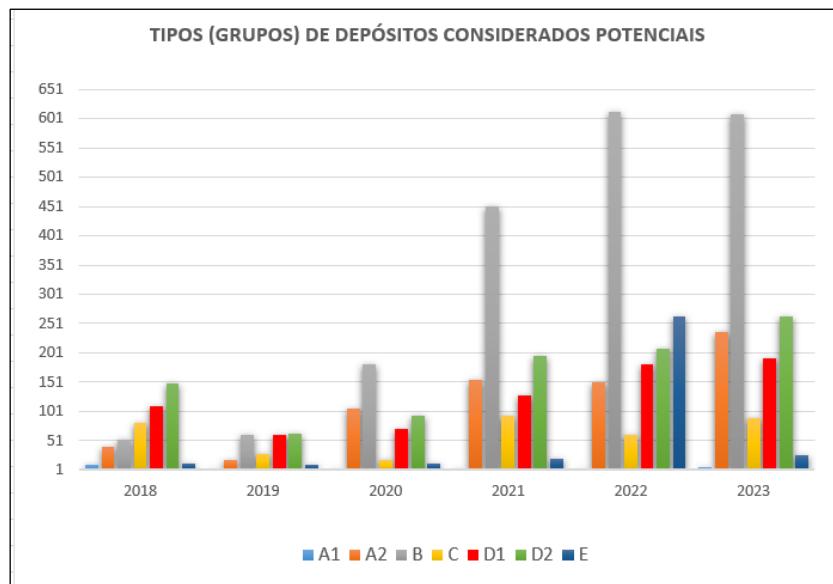
A baixa predominância de depósitos naturais do tipo E, exceto no ano de 2022, confirma, em parte, a clara preferência do mosquito *Aedes aegypti* por locais de reprodução considerados recipientes artificiais, assim como comprovados nos estudos de Getachew *et al.* (2015). Os depósitos artificiais como os dos tipos A1, A2, B, C, D1 e D2, são os de preferência da fêmea por apresentarem grande disponibilidade de água por um período de tempo mais longo, por ser mais acessíveis e numerosos, aumentando a probabilidade de serem escolhidos para a oviposição e por apresentarem menos predadores naturais, aumentando assim as chances de sobrevivência das larvas.

Além disso, conforme o estudo de Metz *et al.* (2023), a água encontrada nos recipientes artificiais característicos de aglomerados humanos é comparativamente rica em oxigênio, ou seja, mais limpa do que outras águas estagnadas, com menos bactérias aeróbicas que esgotam o oxigênio e, portanto, mais oxigênio dissolvido, levando à aceitação da hipótese de que a água com alto teor de oxigênio lhes dá uma vantagem seletiva em seu nicho humano. Além do mais, atualmente existe uma predominância na produção do lixo não-orgânicos, o que cria condições e ambientes ainda mais favoráveis à proliferação do mosquito (Ujvari, 2003).

A elevação no número de depósitos do tipo E no ano de 2022 é preocupante, pois geralmente esses depósitos são encontrados onde o ambiente é mais natural, local em que o mosquito encontra condições menos favoráveis para a sua proliferação além de predadores naturais. Uma das hipóteses, é, que esses depósitos estejam em ambientes naturais que foram modificados pelo homem, como praças, mas que apresentam pouca ou nenhuma diversidade de vegetação ou de pequenos animais. Nesses locais, a reduzida quantidade de espécies (biodiversidade) pode favorecer a proliferação do mosquito, uma vez que há menos competição por recursos e uma menor presença de predadores naturais que poderiam regular a população de mosquitos, mesmo sendo classificado como naturais (Medeiros-Sousa *et al.*, 2017).

O tipo A1 que corresponde a depósitos em local de armazenamento de água elevado, apresentou-se muito escasso, não sendo identificado no gráfico (cor azul claro) pois o número máximo encontrado foi 09, no ano de 2018.

Figura 3 - Gráfico mostrando a relação entre os diferentes tipos de depósitos ao longo dos anos, juntamente com as quantidades correspondentes (valores no eixo vertical à esquerda), de 2018 a 2024.



Elaboração: Os autores, 2024.

Conforme podemos aferir nas figuras a seguir, onde usualmente concentra-se (em maior número) um determinado tipo de depósito em um determinado bairro que apresentou um grande número de focos de mosquito, ou seja, em uma determinada área (ou bairro) onde se concentra um grande número de focos, esses focos de *Aedes aegypti* apresentam uma aglomeração (homogeneidade) quanto ao tipo de depósito predominante (Figura 4). No entanto, há necessidade de empregar técnicas de análise estatística para melhor demonstrar e testar esses padrões.

Os bairros com maior número de casos durante esse período (2018-2023) são: Pinheiro Machado, Juscelino Kubitschek e Nova Santa Marta. Se localizam na porção oeste, centro-oeste e norte (próximos à ferrovias) do município, próximos ao Arroio Cancela, fazendo parte de uma das regiões mais populosas e carenciadas do município. Exceto os bairros Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora do Rosário e Camobi, o restante se encontra, segundo estudo de pobreza e privação na cidade de Santa Maria, dos autores Spode, Vargas e Farias (2020), em áreas de alta privação social. À leste da cidade, no bairro Camobi, apesar de ser um dos bairros de alta renda da cidade, concentrando a Universidade Federal de Santa Maria, o Hospital Universitário, a base aérea e um contingente de fluxos de estudantes, mercadoreias e militares, muito grande, também é um dos bairros com uma diferenciação sociespacial gritante, com fragmentos espaciais bem desenvolvidos, também identificado como um dos bairros com grande número de focos em 2019 e 2023.

TÍTULO DO ARTIGO

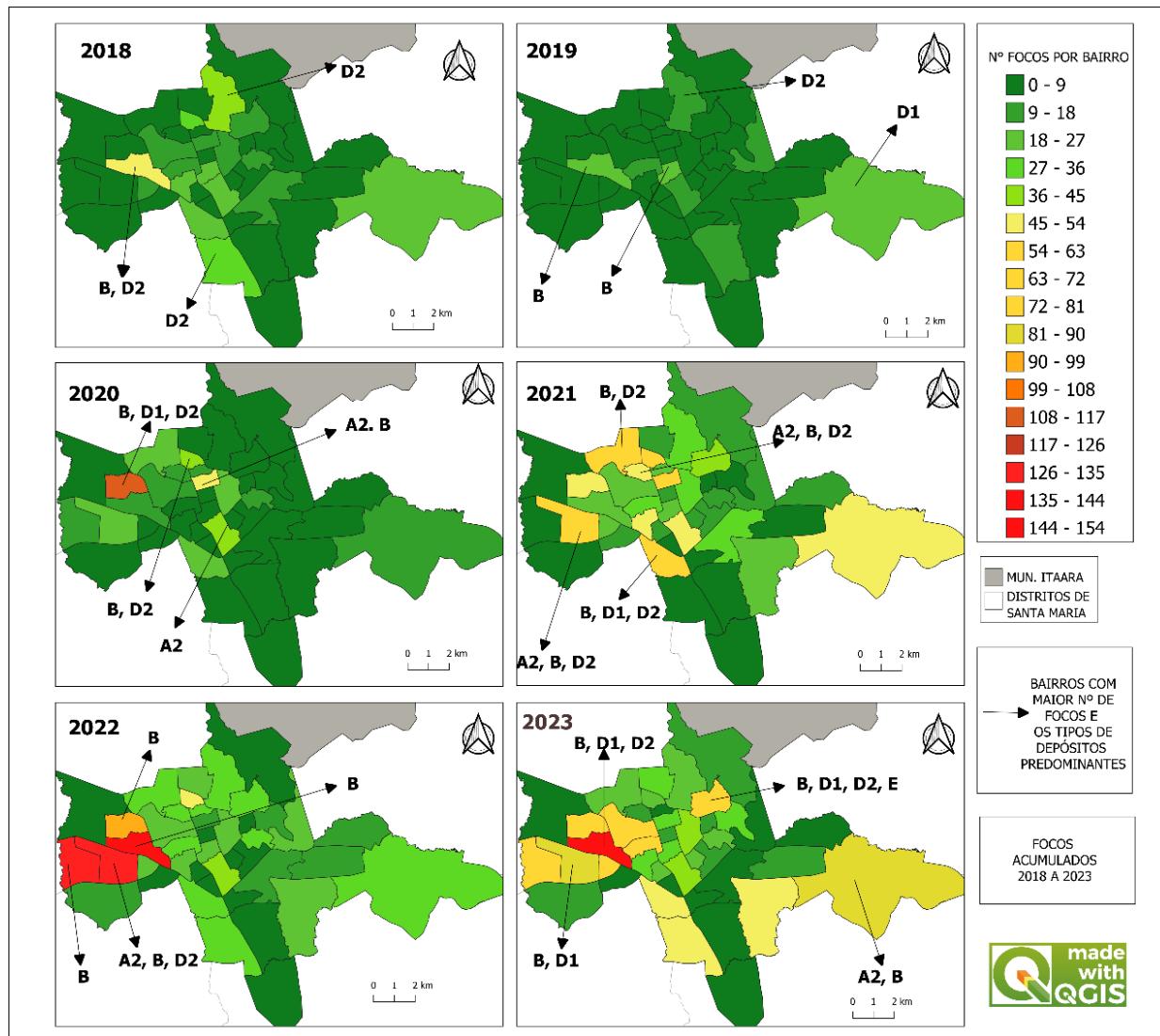
Em relação aos resídos sólidos inorgânicos, em situação de descarte ou acumulação em terrenos baldios ou ocupados, estes também tornam-se recipientes para o *Aedes aegypti*. Assim não podemos desconsiderar a ligação entre gestão inadequada de resíduos sólidos e a ocorrência de focos do mosquito. Segundo Wolff *et al* (2016), em 2016, a gestão dos resíduos sólidos nos cursos d' água já era motivo de alerta para a gestão pública, sobretudo na bacia hidrográfica do arroio Cancela, de grande importância para a cidade, pois possui sub-bacias de contribuição ao arroio Cadena, que é o maior arroio do município, o qual drena grande parte da área urbana da cidade. A contaminação destes arroios por resíduos sólidos não trata-se apenas de um problema estritamente ecológico ambiental, mas de saúde pública.

Em 2022, no arroio Cancela, Somavilla e Soares (2022) detectaram que durante o escoamento superficial provocado pelas chuvas, cerca de 7,92% dos resíduos carregados eram plásticos, além de madeira processada e vidro. Wolff *et al.* (2016) quantificaram no arroio Cancela-Tamandaí o acúmulo de mais de 1.100 kg de resíduos sólidos em apenas três meses de monitoramento, 93,9% deles matéria orgânica, mas com presença constante de materiais recicláveis de descarte irregular.

Além disso, Kneipp *et al.* (2012) indicaram que, embora exista aterro sanitário regulamentado no município, a gestão dos resíduos da construção civil e dos resíduos de saúde ainda é deficiente. A coleta de resíduos de serviços de saúde carece de veículos especializados e de tratamento adequado.

Como podemos visualizar na distribuição dos grupos de depósitos ao longo dos anos, existe uma dinâmica diferente de concentração de um certo tipo de depósitos em alguns bairros em relação a outros. A Figura 4 apresenta a distribuição dos focos do mosquito *Aedes aegypti* por bairro no município de Santa Maria (RS), no período de 2018 a 2023. A graduação de cores representa o número de focos acumulados anualmente por bairro, variando de verde (baixa ocorrência) a vermelho (alta ocorrência), permitindo identificar áreas com maior vulnerabilidade à infestação vetorial ao longo do tempo. Sendo estas áreas, aquelas também identificadas como regiões periféricas da cidade. Moraes, Spode e Vargas (2016) relataram que comunidades vulneráveis, como a Vila Lídia no bairro Noal, conviviam com acúmulo de resíduos a céu aberto, sem coleta regular. Rocha (2011) já havia diagnosticado a segregação socioespacial do município, onde bairros como Centro, Nossa Senhora das Dores e Camobi possuem melhor infraestrutura, enquanto regiões como Divina Providência, Urlândia e Tancredo Neves enfrentam precariedade.

Figura 4 - Distribuição dos focos do mosquito *Aedes aegypti* por bairro e os tipos de depósitos predominantes por ano, no município de Santa Maria (RS), no período de 2018 a 2023.



Elaboração: Os autores, 2024.

O panorama geral da administração pública, descrito por Moretto, Silva e Pinheiro (2010), evidenciava ainda a prática de mistura entre resíduos orgânicos e recicláveis já no transporte, enfraquecendo a eficácia da separação na origem.

Entre 2018 e 2023, observou-se uma evolução significativa na infestação por *Aedes aegypti* em Santa Maria (RS). Em 2018 e 2019, predominou um padrão de baixa infestação, com até 27 focos na maioria dos bairros, embora já houvesse aumentos pontuais nos setores leste e norte. A partir de 2020, houve uma intensificação dos focos, especialmente na porção noroeste, com registros entre 108 e 117 focos, ampliando-se em 2021 para diversas áreas da cidade. O ano de 2022 foi o mais crítico, com bairros da região oeste ultrapassando 135 focos, tendência que se manteve em 2023, embora com leve redução em áreas anteriormente críticas.

TÍTULO DO ARTIGO

Quanto aos tipos de depósitos, os mais recorrentes foram B, D1 e D2. Em 2018, destacaram-se os depósitos D1, seguidos de D2, com distribuição concentrada em bairros como Lorenzi, Salgado Filho e Nossa Senhora do Perpétuo Socorro. Em 2022, o tipo B predominou, com 613 registros, principalmente em bairros da zona oeste e norte, como Tancredo Neves, Pinheiro Machado, Nova Santa Marta e Divina Providência. Esse padrão persistiu em 2023, com os depósitos B amplamente dispersos, seguidos dos tipos D2 (concentrado em São João e Juscelino Kubitschek) e A2. A recorrência dos tipos B, D1 e D2 aponta para uma relação com fatores socioambientais urbanos, evidenciando a necessidade de intervenções direcionadas nessas áreas.

Os resultados indicam uma variação muito grande referente aos tipos de depósitos ao longo dos anos e uma distribuição heterogênea na área urbana de Santa Maria. Sabendo que *Aedes aegypti* se reproduz em uma ampla variedade de recipientes artificiais, o que dificulta ainda mais o seu controle, é necessária uma integração de diferentes métodos de controle e pesquisas que avaliam os atributos dos criadouros larvais correlacionando com a produtividade das pupas, para assim, aumentar a eficiência do controle.

Os criadouros mais comuns e mais frequentemente encontrados incluem os grupos que incluem os tipos de recipientes artificiais, como do tipo B e D2. Os do tipo A1 foram considerados escassos ou muito pouco comuns ao longo dos anos.

A predominância de focos e tipos de depósitos por bairro não apresentou um padrão regular, o que dificulta a previsão de quais bairros podem concentrar determinados tipos de criadouros do vetor. No entanto, a variação na quantidade de focos por ano revelou um padrão mais consistente. Com base nessa tendência anual, é possível desenvolver, em conjunto com a comunidade, estratégias para expor menos esses recipientes, promover o descarte adequado e implementar métodos alternativos de coleta. Cabe ressaltar que um período de cinco anos ainda é limitado para definir com precisão um padrão espaço-temporal quanto à predominância de tipos de depósitos.

Dessa maneira, os resultados apontam que a concentração dos focos de *Aedes aegypti* na área urbana do município de Santa Maria (RS) apresenta forte relação com a presença e a tipologia dos depósitos predominantes, sobretudo em bairros com maior densidade populacional, presença de vulnerabilidades socioespaciais e gestão inadequada de resíduos.

A predominância dos depósitos do tipo B, D1 e D2 em áreas específicas evidencia a influência do ambiente construído e das condições de infraestrutura urbana na proliferação do vetor. Essa realidade reforça a compreensão de que o território não pode ser analisado apenas sob uma perspectiva física, mas como espaço socialmente produzido e dinâmico, conforme

destacado por Pickenhayn (2009), o qual ressalta que os processos de saúde e doença são mediados pelas relações espaciais. Além disso, conforme argumenta Mendonça *et al.* (2009), a urbanização acelerada, combinada à ausência de planejamento e políticas públicas eficazes, contribui para a exposição das populações a riscos ambientais e sanitários, como é o caso da dengue.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo alcançou seu objetivo de identificar os principais tipos de criadouros de *Aedes aegypti* e sua distribuição na área urbana do município de Santa Maria (RS) ao longo dos anos. O trabalho realizado ressalta a importância das inspeções domiciliares conduzidas pelos agentes de saúde, essenciais para a identificação e categorização dos criadouros e do uso de ferramentas avançadas de geoprocessamento.

O descarte inadequado de resíduos sólidos, especialmente do tipo tipo B, D1 e D2, contribuem diretamente na proliferação e permanecia do *Aedes aegypti*. A concentração desses resíduos em áreas com alta densidade populacional e de baixa infraestrutura, como observado nos bairros Nova Santa Marta, Divina Providência, Tancredo Neves e Urlândia, favorece a proliferação do mosquito e amplia os focos de infestação.

Assim, o aumento dos casos de dengue em Santa Maria nos últimos anos pode ser associado parcialmente, a uma combinação de três fatores interligados: (I) o acúmulo de resíduos em áreas impermeabilizadas e próximas a corpos hídricos; (II) a ineficiência na coleta seletiva e na destinação adequada dos resíduos; e (III) a desigualdade socioespacial.

Dessa forma, a gestão dos resíduos sólidos em Santa Maria impacta não apenas o meio ambiente, mas configura-se também como um grave problema de saúde pública. Essa realidade exige ações integradas de urbanização, acesso a serviços públicos, fortalecimento da educação ambiental, geração de emprego local e participação comunitária para promover a inclusão e reduzir desigualdades.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, G. A. *et al.* Processo de coleta seletiva de resíduos sólidos: um estudo de caso de sustentabilidade na cidade de Santa Maria/RS. *Revista Gestão e Conhecimento Interdisciplinar*, v. 3, n. 5, p. 126-142, 2015.

BARREIRA, R.; AMADOR, M.; CLARK, G. G. The use of household bleach to control *Aedes aegypti*. American Mosquito Control Association: Home. Dengue Branch, Centers for Disease Control and Prevention, Puerto Rico: 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15669389/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

TÍTULO DO ARTIGO

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Série histórica – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do município de Santa Maria (RS). Brasília, DF: MCIDADES, 2022. Acesso em: 13 fev. 2025. (Banco de dados não mais disponível online).

CIBOTTO, B. M. L. A relação entre o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e a prevalência da dengue. 2018.

ESRI. ArcGIS Pro. Redlands: Environmental Systems Research Institute. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/install-and-sign-in-to-arcgis-pro.htm>. Acesso em: 23 jul. 2024.

ESRI. Geocoding in ArcGIS: Understanding the Basics. ArcGis Interprise. Guia prático para a geocodificação utilizando o software ArcGIS. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/geocoding>. Acesso em: 14 jun. 2024.

FARIA, R. M. A territorialização da Atenção Primária à Saúde no Sistema Único de Saúde e a construção de uma perspectiva de adequação dos serviços aos perfis do território. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/Hygeia919501>.

FILHO, A. S. N. *et al.* A spatio-temporal analysis of dengue spread in a Brazilian dry climate region. *Scientific Reports*, n. 11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91306-z>.

GETACHEW, D. *et al.* Breeding Sites of *Aedes aegypti*: Potential Dengue Vectors in Dire Dawa, East Ethiopia. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2015; 2015:706276. <https://doi.org/10.1155/2015/706276>.

IBGE. Cidades. Santa Maria: panorama. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/panorama>. Acesso em: 10 jun. 2024.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos do risco à busca de sustentabilidade. p. 169-184. In: MENDONÇA, F. de A. (org.). *Impactos Socioambientais Urbanos*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

KACHE, P. A. *et al.* Bridging landscape ecology and urban science to respond to the rising threat of mosquito-borne diseases. *Nature Ecology & Evolution*, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01876-y>.

KNEIPP, J. M. *et al.* Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: um estudo em municípios do Estado do Rio Grande do Sul. *Redes*, v. 17, n. 2, p. 78-101, 2012.

KOLIMENAKIS, A. The role of urbanisation in the spread of *Aedes* mosquitoes and the diseases they transmit: A systematic review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 15, n. 9, e0009631, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009631>.

LONGLEY, P. A. *et al.* *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management*. 2. ed. John Wiley & Sons, 1999.

MEDEIROS-SOUZA, A. R. *et al.* Mosquitoes in urban green spaces: using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition. *Scientific*



Reports, v. 7, n. 1, art. 17826, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-18208-x>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MENDONÇA, F. de A.; VEIGA E SOUZA, A.; DUTRA, D. de A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 257–269, dez. 2009.

METZ, H. C. *et al.* Evolution of a mosquito's hatching behavior to match its human-provided habitat. The American Naturalist, v. 201, p. 200-214, 2023. <https://doi.org/10.1086/722481>.

MICROSOFT. Microsoft 365 – Excel online. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/free-office-online-for-the-web>. Acesso em: 08 mar. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. 84 p.

MOL, M. P. G. *et al.* Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. Revista Panamericana de Saúde Pública, v. 44, 2020. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.22>.

MONTEIRO, T. C.; SILVA, M. B. O.; DIFANTE, J. A lei da nova política nacional dos resíduos sólidos face ao sistema de coleta seletiva do município de Santa Maria. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 7, n. 1, p. 171-186, 2012.

MOORE, T. C.; BROWN, H. E. Estimating *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Flight Distance: Meta-Data Analysis. Journal of Medical Entomology, Oxford Academic, 2022. <https://doi.org/10.1093/jme/tjac070>.

MORAES, M. A. A.; SPODE, D. L.; VARGAS, J. D. Impactos socioespaciais dos resíduos sólidos na população da Vila Lídia, bairro Noal, Santa Maria – RS. Revista Monografias Ambientais, v. 12, n. 2, p. 1-18, 2016.

MORETTO, E. M.; SILVA, A. M.; PINHEIRO, S. P. Administração pública municipal de resíduos sólidos em Santa Maria – RS: uma reflexão ambiental. Revista Monografias Ambientais, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2010.

PERETTI, H. de S. Sustentabilidade para cidades de pequeno e médio porte: codisposição de resíduos sólidos domiciliares e resíduos de serviços de atenção à saúde. 2003. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

PICKENHAYN, Jorge. A Geografia da Saúde na sua maior encruzilhada. In: MONKEN, M.; BARRETO, F. R.; PEITER, P. C. (org.). Território, Ambiente e Saúde. Rio de Janeiro: EPSJV/FIOCRUZ, 2009. p. 23–42.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS (Quantum Geographic Information System) 3.16. Disponível em: <https://qgis.org/download/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

ROCHA, Lilian. Padrão socioespacial de Santa Maria: diferenciação e segregação residencial. 2011. 269 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.



TÍTULO DO ARTIGO

SANTA MARIA. Boletim Epidemiológico COVID-19. Prefeitura Municipal de Santa Maria, RS. 2020. Disponível em: <http://www.santamaria.rs.gov.br/coronavirus/?secao=boletim>. Acesso em: 19 jan. 2021.

SANTA MARIA. Vigilância Epidemiológica de Santa Maria. Prefeitura Municipal de Santa Maria, RS, 2020.

SANTOS, S. M.; BARCELLOS, C. (org.). Abordagens espaciais na saúde pública. Brasília: Ministério da Saúde; Fundação Oswaldo Cruz, 2006. 136 p.

SANTOS, S. M.; SOUZA, W. V. (org.). Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública. Brasília: Ministério da Saúde; Fundação Oswaldo Cruz, 2007. 120 p.

SANTOS, S. M.; SOUZA-SANTOS, R. (org.). Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública. Brasília: Ministério da Saúde; Fundação Oswaldo Cruz, 2007. 148 p.

SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na cidade do Recife, Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, n. 3, p. 1075-1082, 2019.
<https://doi.org/10.1590/1413-81232018243.10702017>.

SOMAVILLA, J. P.; SOARES, J. F. Caracterização de resíduos sólidos no Arroio Cancela em Santa Maria/RS. In: XIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Teresina, 2022. Anais [...]. Teresina: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS, 2022.
<https://doi.org/10.55449/congea.13.22.IX-010>.

UJVARI, S. C. A história e suas epidemias: a convivência do homem com os microorganismos. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Senac São Paulo, 2003. 328 p. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652003000400017>.

WOLFF, D. B. *et al.* Resíduos sólidos em um sistema de drenagem urbana no município de Santa Maria (RS). Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 1, p. 151-158, 2016.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522016100132089>.

ZARA, A. L. S. A. *et al.* Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>.

Submetido em: 02 de outubro de 2024

Aprovado em: 30 de outubro de 2025

Publicado em: 30 dezembro de 2025