

O QUE O ESGOTO REVELA ANTES DO HOSPITAL? A EFICÁCIA DA VIGILÂNCIA WBE NA ANTECIPAÇÃO DE CRISES SANITÁRIAS PELA EQUIPE DE ENFERMAGEM

WHAT DOES WASTEWATER REVEAL BEFORE THE HOSPITAL? THE EFFECTIVENESS OF WASTEWATER-BASED EPIDEMIOLOGY (WBE) IN ANTICIPATING HEALTH CRISES BY THE NURSING TEAM

Ciências da Saúde • 02/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/782752009](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/782752009)

Daiana Silva Reis Santos¹

Amanda Cristian Oliveira Rezende²

Érica Adriane Ferreira³

Vaneska Lorrayne de Almeida⁴

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques⁵

RESUMO

A Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) tem se destacado como estratégia inovadora para o monitoramento populacional e a detecção precoce de agravos em saúde pública. Essa abordagem possibilita a identificação de biomarcadores, fragmentos virais, bactérias resistentes e resíduos farmacológicos presentes em águas residuárias, muitas vezes antes da manifestação clínica dos sintomas ou do aumento das internações hospitalares. Este estudo teve como objetivo analisar a efetividade da WBE como ferramenta de alerta precoce na prevenção de crises sanitárias, bem como discutir suas implicações éticas e tecnológicas e suas contribuições para o planejamento das ações de enfermagem em saúde pública. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter exploratório, realizada por meio de buscas nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS e Google Acadêmico. Foram incluídos estudos publicados nos últimos cinco anos, nos idiomas português, inglês e espanhol, relacionados à vigilância baseada em esgoto, saúde pública, saneamento e enfermagem. Os resultados evidenciaram que a WBE apresenta elevado potencial para antecipação de surtos infecciosos, fortalecimento da vigilância epidemiológica e ampliação de estratégias preventivas em saúde coletiva. Também foram identificados avanços tecnológicos relacionados ao uso de sensores inteligentes, biossensores de grafeno e ferramentas de geoprocessamento aplicadas ao monitoramento ambiental. Além disso, destacaram-se desafios éticos envolvendo privacidade coletiva, proteção de dados e risco de estigmatização territorial. Conclui-se que a integração da WBE com a saúde pública e a enfermagem fortalece modelos preventivos, contribuindo para ações sustentáveis, equitativas e territorialmente orientadas, ampliando a capacidade de resposta em emergências

sanitárias.

Palavras-chave: Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto; Saúde Pública; Saneamento Básico; Saúde Única.

ABSTRACT

Wastewater-Based Epidemiology (WBE) has emerged as an innovative strategy for population monitoring and early detection of public health threats. This approach enables the identification of biomarkers, viral fragments, antimicrobial-resistant bacteria, and pharmaceutical residues in wastewater, often before the onset of clinical symptoms or increases in hospital admissions. This study aimed to analyze the effectiveness of WBE as an early warning tool for preventing health crises, as well as to discuss its ethical and technological implications and its contributions to nursing planning in public health. This is an integrative literature review with a qualitative and exploratory approach, conducted through searches in PubMed, SciELO, LILACS, and Google Scholar databases. Studies published in the last five years in Portuguese, English, and Spanish were included. The findings indicate that WBE has strong potential for early outbreak detection, strengthening epidemiological surveillance, and enhancing preventive public health strategies. Technological advances were also identified, including smart sensors, graphene-based biosensors, and geoprocessing tools applied to environmental monitoring. Ethical challenges related to collective privacy, data protection, and the risk of territorial stigmatization were also highlighted. It is concluded that the integration of WBE with public health and nursing strengthens preventive models and contributes to sustainable, equitable, and territorially oriented actions, improving health system responsiveness to public health emergencies.

Keywords: Wastewater-Based Epidemiology; Public Health; Basic Sanitation; One Health.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o saneamento corresponde ao controle dos fatores do meio físico capazes de exercer impactos sobre o bem-estar físico, mental e social da população. Já a saúde pública é definida pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) como um esforço coletivo organizado, desenvolvido principalmente por instituições públicas, com a finalidade de promover, proteger e restaurar a saúde da população por meio de ações sociais integradas. Dessa forma, saneamento e saúde pública estabelecem uma relação indissociável, uma vez que ambos atuam diretamente na prevenção de doenças e na promoção da qualidade de vida.

No cenário contemporâneo, marcado por crises sanitárias locais e globais, além do surgimento recorrente de novos agentes infecciosos, os modelos convencionais de vigilância epidemiológica vêm enfrentando importantes limitações. Os sistemas baseados exclusivamente em notificações clínicas e hospitalares frequentemente sofrem impactos decorrentes da subnotificação de casos, demora diagnóstica e sobrecarga dos serviços de saúde, dificultando respostas rápidas e efetivas no controle de agravos epidemiológicos (TEIXEIRA et al., 2025)

Nesse contexto, a Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) emerge como uma estratégia inovadora de monitoramento populacional, capaz de detectar biomarcadores, fragmentos virais e agentes infecciosos

presentes nos efluentes urbanos antes mesmo da manifestação clínica dos sintomas ou do aumento das internações hospitalares. Estudos recentes demonstram que essa metodologia pode atuar como importante sistema de alerta precoce, contribuindo para o reconhecimento antecipado de surtos e para o fortalecimento das ações de saúde pública (HART; HALDEN, 2020; MEDINA et al., 2022).

No âmbito da saúde coletiva, a enfermagem desempenha papel estratégico na vigilância em saúde, na educação sanitária e no planejamento de intervenções preventivas. A incorporação de evidências produzidas pela WBE pode ampliar a capacidade de análise situacional dos territórios, qualificar o planejamento das ações assistenciais e fortalecer a tomada de decisão pelos profissionais de saúde, especialmente em contextos de maior vulnerabilidade epidemiológica (MEDINA et al., 2022).

Além disso, o esgoto constitui importante reservatório ecológico capaz de refletir o perfil sanitário das comunidades, fornecendo indicadores relevantes sobre a circulação de patógenos, resíduos farmacológicos e outros biomarcadores populacionais. A subutilização dessas informações no planejamento estratégico da saúde pública compromete a antecipação de crises sanitárias e limita a implementação de medidas preventivas voltadas à redução dos impactos socioambientais e hospitalares.

Diante desse cenário, o presente estudo parte do seguinte problema de pesquisa: de que maneira a vigilância epidemiológica baseada em esgoto pode contribuir como ferramenta de alerta precoce na prevenção de crises sanitárias e quais impactos essa estratégia pode trazer para a prática da enfermagem em saúde pública?

Embora a literatura internacional tenha avançado significativamente na validação técnica da WBE, especialmente após a pandemia de COVID-19, ainda se observa uma lacuna quanto à articulação entre essa estratégia de vigilância epidemiológica e a atuação da enfermagem. Tal lacuna torna-se ainda mais evidente no que se refere à aplicação prática dessa tecnologia nos serviços de saúde, bem como aos seus desdobramentos éticos, operacionais e territoriais. Nesse sentido, torna-se necessário discutir de que maneira os dados produzidos por biossensores, análises laboratoriais e ferramentas de geoprocessamento podem ser incorporados às ações de cuidado, educação em saúde e gestão de riscos em territórios vulneráveis, em consonância com os princípios bioéticos e com o novo marco legal do saneamento. Neste contexto, objetivou-se verificar a efetividade da WBE como ferramenta de alerta precoce na prevenção de crises sanitárias, além de analisar suas implicações éticas, tecnológicas e suas contribuições para o planejamento das ações da equipe de enfermagem na saúde pública.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida com o objetivo de analisar a efetividade da Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) como ferramenta de alerta precoce na prevenção de crises sanitárias, bem como discutir suas implicações para o planejamento das ações da equipe de enfermagem em saúde pública.

A revisão integrativa permite reunir, sintetizar e interpretar resultados de pesquisas sobre determinada temática, favorecendo a compreensão ampliada do fenômeno investigado e contribuindo

para a construção do conhecimento científico (GIL, 2019; POLIT; BECK, 2021). Além disso, esse método possibilita integrar evidências teóricas e empíricas, permitindo análise crítica dos estudos disponíveis na literatura.

A revisão foi conduzida a partir da seguinte questão norteadora: "De que maneira a Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto pode contribuir como ferramenta de alerta precoce na prevenção de crises sanitárias e quais são suas implicações para o planejamento das ações da enfermagem em saúde pública?"

A coleta de dados foi realizada entre janeiro e março de 2026, por meio de busca sistematizada nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS e Google Acadêmico. Para a estratégia de busca foram utilizados descritores em português e inglês combinados por operadores booleanos (AND e OR), incluindo os termos: "vigilância em saúde pública", "epidemiologia baseada em esgoto", "Wastewater-Based Epidemiology", "WBE", "alerta precoce", "enfermagem", "saneamento básico" e "vigilância sanitária".

Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos, dissertações, teses e documentos institucionais publicados nos últimos cinco anos, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem a utilização da WBE no monitoramento epidemiológico, sua relação com a saúde pública e possíveis implicações para a enfermagem. Foram excluídos estudos duplicados, publicações sem revisão por pares, trabalhos incompletos e materiais que não apresentavam relação direta com os objetivos propostos.

Inicialmente, foram identificados 78 estudos, seguida da leitura na íntegra dos estudos potencialmente elegíveis, 31 publicações compuseram o corpus analítico final da revisão. O processo de seleção considerou a relevância temática, atualidade científica e adequação metodológica dos estudos.

Para organização e interpretação dos dados, utilizou-se a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), permitindo categorização sistemática das evidências encontradas. A análise foi estruturada em quatro categorias temáticas: Vigilância Baseada em Esgoto como sistema de alerta precoce; inovações tecnológicas aplicadas à WBE; implicações bioéticas e legais; e contribuições da WBE para o planejamento das ações da enfermagem em saúde coletiva.

Entre as limitações do estudo, destacam-se a escassez de pesquisas nacionais relacionando diretamente a WBE à prática da enfermagem, bem como a predominância de estudos internacionais voltados aos aspectos laboratoriais e ambientais da vigilância epidemiológica baseada em esgoto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, procedeu-se à leitura exploratória dos materiais selecionados, seguida da leitura analítica e da identificação dos núcleos temáticos relacionados aos objetivos do estudo. Posteriormente, os dados foram organizados em categorias temáticas, possibilitando a síntese das principais evidências acerca da utilização da Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) como ferramenta de alerta precoce em saúde pública.

A análise concentrou-se na identificação de aspectos relacionados ao potencial epidemiológico da WBE, às inovações tecnológicas aplicadas ao monitoramento ambiental, às implicações bioéticas e legais envolvidas na utilização dos dados epidemiológicos e às contribuições dessa estratégia para o planejamento das ações da equipe de enfermagem na prevenção e controle de crises sanitárias.

A partir dessa abordagem, foi possível interpretar criticamente os estudos incluídos na revisão, estabelecendo relações entre vigilância epidemiológica, saúde coletiva, sustentabilidade ambiental e atuação da enfermagem no contexto das emergências sanitárias contemporâneas.

3.1. Aspectos Legais, Bioéticos e Aplicações da Vigilância Baseada em Esgoto

A Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) vem se consolidando como importante ferramenta de monitoramento populacional e detecção precoce de agravos em saúde pública. A metodologia permite identificar a circulação de agentes infecciosos, resíduos farmacológicos e biomarcadores presentes em efluentes urbanos, contribuindo para ações preventivas antes mesmo do aumento das internações hospitalares (HART; HALDEN, 2020).

No Brasil, a aplicação da WBE relaciona-se diretamente às políticas públicas de saneamento básico. A Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, estabelece as diretrizes nacionais para os serviços de saneamento, reconhecendo a relação entre saneamento, proteção ambiental e saúde pública (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020). O Novo Marco Legal do Saneamento reforça a necessidade de

ampliação da cobertura de esgotamento sanitário como estratégia para redução de vulnerabilidades epidemiológicas e melhoria dos indicadores de saúde coletiva.

Os estudos analisados demonstram que a WBE possibilita o rastreamento de vírus, bactérias, genes de resistência antimicrobiana e metabólitos farmacológicos presentes nos sistemas de esgoto. Durante a pandemia de COVID-19, diferentes pesquisas identificaram a presença do *SARS-CoV-2* em águas residuárias antes do aumento expressivo das hospitalizações, evidenciando o potencial da metodologia como sistema de alerta precoce para autoridades sanitárias (MEDINA et al., 2022).

Entre os recursos tecnológicos mais utilizados na vigilância baseada em esgoto destacam-se sensores inteligentes baseados em Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), biossensores de grafeno e softwares de geoprocessamento epidemiológico. Os sensores IoT permitem monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos dos efluentes, incluindo temperatura, pH, vazão e presença de contaminantes biológicos, favorecendo respostas rápidas diante de alterações epidemiológicas relevantes (LI et al., 2021).

Os biossensores desenvolvidos a partir do grafeno também vêm apresentando resultados promissores devido à elevada sensibilidade molecular e capacidade de detecção rápida de biomarcadores em concentrações reduzidas. Estudos recentes demonstraram a aplicabilidade desses dispositivos na identificação do *SARS-CoV-2* e de outros agentes infecciosos em águas residuárias, ampliando a eficiência diagnóstica da vigilância epidemiológica ambiental (JUSTINO et al., 2021).

Além disso, ferramentas de geoprocessamento, como QGIS e ArcGIS, vêm sendo incorporadas à WBE para análise espacial dos dados epidemiológicos. Esses softwares permitem identificar áreas prioritárias para intervenção sanitária, distribuição geográfica de contaminantes e regiões com maior circulação viral, contribuindo para o planejamento estratégico em saúde coletiva e a tomada de decisão rapidamente (ESRI, 2023).

No cenário internacional, diversos países passaram a utilizar a WBE como estratégia complementar de vigilância epidemiológica após a pandemia de COVID-19. Na Holanda, estudos identificaram a presença do *SARS-CoV-2* em águas residuárias antes do crescimento significativo das hospitalizações (MEDINA et al., 2022). No Brasil, destaca-se o projeto Monitora Esgoto, desenvolvido em Curitiba/PR, responsável pelo monitoramento sistemático do material genético viral presente no esgoto urbano e pelo apoio às autoridades sanitárias no acompanhamento epidemiológico da COVID-19.

Os estudos também evidenciaram importantes discussões bioéticas relacionadas à utilização da WBE, especialmente quanto à privacidade coletiva, segurança das informações epidemiológicas e risco de estigmatização territorial. Embora os dados obtidos sejam agregados e não individualizados, a divulgação inadequada dessas informações pode favorecer processos discriminatórios envolvendo comunidades socialmente vulneráveis.

Nesse contexto, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), Lei nº 13.709/2018, estabelece princípios relacionados à finalidade, necessidade, transparência e segurança na utilização de informações em saúde (BRASIL, 2018). Os estudos analisados destacam que a aplicação ética da vigilância baseada em esgoto

deve considerar princípios bioéticos fundamentais, incluindo beneficência, não maleficência e justiça, garantindo que os benefícios da vigilância epidemiológica sejam distribuídos de forma equitativa entre diferentes populações.

3.2. Epidemiologia

A Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) consolidou-se, nos últimos anos, como importante estratégia complementar de monitoramento populacional e detecção precoce de agravos em saúde pública. Os estudos analisados demonstram que a capacidade de identificar biomarcadores, fragmentos virais e genes de resistência antimicrobiana em águas residuárias permite reconhecer alterações epidemiológicas antes mesmo do aumento da demanda pelos serviços de saúde, fortalecendo ações preventivas e reduzindo impactos sanitários e hospitalares (LI et al., 2024; ZHU et al., 2025).

A efetividade da WBE está diretamente relacionada à estabilidade biológica dos biomarcadores presentes nos sistemas de esgotamento sanitário. Fragmentos de RNA viral, metabólitos farmacológicos e bactérias resistentes podem permanecer detectáveis por períodos significativos devido à proteção conferida pela matéria orgânica e pelos biofilmes presentes nas tubulações. Entretanto, fatores ambientais como temperatura, pH, vazão, presença de sólidos suspensos e atividade microbológica influenciam diretamente a estabilidade desses componentes e, conseqüentemente, a sensibilidade analítica da vigilância epidemiológica (SILVA et al., 2024; LI et al., 2024).

Os achados também evidenciam que os sistemas de esgoto urbanos e hospitalares funcionam como importantes reservatórios ecológicos de agentes infecciosos e resíduos químicos. Estudos recentes identificaram a presença simultânea de vírus respiratórios, bactérias *Gram-negativas* e genes de resistência antimicrobiana em efluentes urbanos, especialmente em ambientes hospitalares, onde há maior concentração de antimicrobianos e elevada pressão seletiva para desenvolvimento de microrganismos multirresistentes (ZAGUI et al., 2024; HOUNMANOU et al., 2025).

Sob a perspectiva da Saúde Única (*One Health*), a WBE fortalece a integração entre saúde humana, saúde ambiental e sustentabilidade urbana. O monitoramento contínuo das águas residuárias amplia a capacidade de compreensão da dinâmica epidemiológica das comunidades, favorecendo intervenções precoces e estratégias preventivas voltadas à redução de riscos coletivos. Essa abordagem relaciona-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, especialmente ao ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e ao ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), que defendem o fortalecimento das políticas de saneamento e vigilância em saúde como mecanismos de redução das desigualdades sociais e ambientais (ONU, 2024).

Além dos impactos epidemiológicos, os estudos sugerem que a utilização da WBE pode contribuir indiretamente para a redução da pegada de carbono hospitalar. A identificação precoce de surtos infecciosos permite respostas sanitárias mais rápidas e direcionadas, reduzindo internações, procedimentos invasivos, consumo excessivo de insumos e sobrecarga estrutural das unidades hospitalares. Consequentemente, ocorre diminuição do consumo energético e da

produção de resíduos associados ao funcionamento intensivo dos serviços de saúde (BOUTROS et al., 2025).

Apesar das potencialidades observadas, a implementação da WBE em larga escala ainda enfrenta desafios importantes. Entre eles destacam-se os elevados custos laboratoriais, a necessidade de infraestrutura tecnológica especializada, a baixa cobertura de saneamento básico em regiões vulneráveis e a escassez de profissionais capacitados para interpretação dos dados epidemiológicos gerados. Em países de baixa e média renda, essas limitações tornam-se ainda mais evidentes devido às desigualdades estruturais e à precariedade dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto (AMIN et al., 2024; CHUKWU et al., 2024).

Outro aspecto relevante refere-se às implicações bioéticas envolvidas na utilização da vigilância baseada em esgoto. Embora os dados obtidos sejam coletivos e não individualizados, existe risco potencial de estigmatização territorial e exposição indireta de comunidades vulneráveis. A divulgação inadequada de indicadores epidemiológicos pode favorecer processos discriminatórios, especialmente em territórios socialmente marginalizados. Dessa forma, torna-se fundamental que a utilização dessas informações ocorra em consonância com princípios bioéticos como beneficência, não maleficência e justiça, além do respeito às diretrizes estabelecidas pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

3.3. Experiências da Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto em Minas Gerais

A aplicabilidade da Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto no contexto brasileiro pode ser observada a partir das experiências

desenvolvidas em Minas Gerais durante a pandemia de COVID-19. O Projeto Monitoramento COVID Esgotos, coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em parceria com instituições públicas de saneamento e saúde, realizou análises sistemáticas de amostras coletadas em Belo Horizonte e Contagem, possibilitando o acompanhamento da circulação do SARS-CoV-2 nas comunidades monitoradas. Os resultados demonstraram que a detecção do material genético viral no esgoto antecedia o aumento dos casos clínicos notificados e das internações hospitalares, evidenciando o potencial da WBE como ferramenta de alerta precoce para a gestão em saúde pública. Além disso, estudos realizados em municípios do Sul de Minas identificaram correlação entre a concentração de RNA viral presente no esgoto e os indicadores epidemiológicos da COVID-19, reforçando a aplicabilidade da WBE no contexto brasileiro. Essas experiências demonstram que Minas Gerais constitui uma referência nacional na utilização da vigilância baseada em esgoto para subsidiar decisões em saúde pública e fortalecer estratégias preventivas de enfrentamento a emergências sanitárias.

A relevância desses achados torna-se ainda mais evidente quando se considera a capacidade da metodologia de identificar tendências epidemiológicas mesmo em cenários de subnotificação. Em determinados períodos da pandemia, as estimativas derivadas das análises do esgoto indicaram uma circulação viral significativamente superior aos casos oficialmente registrados pelos sistemas de vigilância tradicionais. Tal resultado reforça a importância da WBE como estratégia complementar aos métodos convencionais de monitoramento epidemiológico, permitindo maior sensibilidade na identificação de surtos e na avaliação da magnitude da transmissão comunitária.

Além disso, a experiência mineira demonstra que a integração entre universidades, companhias de saneamento e órgãos de vigilância em saúde pode fortalecer a capacidade de resposta frente a emergências sanitárias. Os dados gerados permitiram subsidiar decisões relacionadas à alocação de recursos, planejamento de ações preventivas e monitoramento da evolução epidemiológica em diferentes territórios. Dessa forma, Minas Gerais consolidou-se como uma das principais referências nacionais na aplicação da WBE, evidenciando o potencial dessa tecnologia para ampliar a efetividade das políticas públicas de saúde e saneamento.

3.4. Enfermagem e Vigilância Sanitária

A enfermagem assume papel estratégico na interpretação crítica dos indicadores epidemiológicos, no planejamento de ações preventivas e na comunicação ética das informações em saúde. A incorporação de dados provenientes da WBE pode fortalecer o planejamento territorial, subsidiar campanhas educativas, ampliar ações de vigilância em saúde e contribuir para o gerenciamento de riscos coletivos, especialmente em populações socialmente vulneráveis. Assim, a integração entre WBE e enfermagem amplia a capacidade de resposta dos serviços de saúde diante de crises sanitárias emergentes e fortalece práticas sustentáveis de cuidado coletivo.

Os estudos analisados evidenciam que ainda existem importantes lacunas científicas relacionadas à aplicação prática da WBE pela equipe de enfermagem, sobretudo no contexto brasileiro. Grande parte das pesquisas concentra-se nos aspectos laboratoriais e ambientais da técnica, havendo menor aprofundamento sobre sua incorporação no planejamento assistencial e na organização das

ações de saúde coletiva. Tal cenário reforça a necessidade de novos estudos voltados à aplicabilidade operacional da WBE no cotidiano dos serviços públicos de saúde e à sua contribuição para o fortalecimento das práticas de enfermagem em diferentes territórios sociais.

A incorporação dos dados provenientes da Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (WBE) pode representar um importante avanço para a atuação da enfermagem na Atenção Primária à Saúde (APS). Ao identificar precocemente alterações no perfil epidemiológico de uma comunidade, os enfermeiros podem planejar intervenções direcionadas às necessidades específicas do território, fortalecendo ações de educação em saúde, busca ativa de casos suspeitos, campanhas de imunização e monitoramento de grupos vulneráveis. Dessa forma, a utilização dessas informações contribui para uma assistência mais proativa e baseada em evidências, favorecendo a prevenção de agravos e a redução da demanda por atendimentos de maior complexidade (MEDINA et al., 2022; POLIT; BECK, 2021).

Além disso, a WBE pode ampliar a capacidade gerencial dos enfermeiros que atuam em funções de coordenação e vigilância em saúde. A análise integrada dos indicadores ambientais e epidemiológicos permite subsidiar o planejamento estratégico dos serviços, a alocação mais eficiente de recursos e a implementação de medidas preventivas em situações de risco sanitário. Sob a perspectiva da Saúde Única (One Health), essa abordagem fortalece a articulação entre saúde humana, meio ambiente e saneamento, ampliando o papel da enfermagem na construção de políticas públicas voltadas à promoção da saúde coletiva, à sustentabilidade e

ao enfrentamento de emergências epidemiológicas (HART; HALDEN, 2020; ONU, 2024).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo evidencia que a Vigilância Epidemiológica Baseada em Esgoto (Wastewater-Based Epidemiology – WBE) representa uma estratégia inovadora e promissora para o fortalecimento das ações de saúde pública. Sua principal contribuição reside na capacidade de fornecer sinais precoces sobre a circulação de agentes infecciosos em uma população, permitindo que gestores e profissionais de saúde atuem de forma antecipada, antes mesmo da consolidação de quadros epidemiológicos mais críticos. Trata-se, portanto, de uma mudança significativa na lógica tradicional da vigilância em saúde, historicamente mais orientada pela resposta a eventos já instalados do que pela antecipação de riscos.

Nesse contexto, observa-se que os avanços tecnológicos desempenham papel decisivo na consolidação dessa abordagem. A incorporação de sensores inteligentes, biossensores e sistemas de georreferenciamento amplia a capacidade de monitoramento, interpretação e aplicação prática dos dados obtidos, tornando a vigilância ambiental mais dinâmica, precisa e integrada aos processos de tomada de decisão. Além disso, a utilização dessa metodologia dialoga com discussões contemporâneas sobre sustentabilidade, eficiência na gestão de recursos públicos e fortalecimento de sistemas de saúde mais resilientes.

Entretanto, a adoção da WBE também impõe reflexões importantes no campo ético e jurídico. Ainda que o monitoramento se baseie em

dados coletivos e não individualizados, o uso inadequado dessas informações pode favorecer interpretações reducionistas ou contribuir para processos de estigmatização social de determinados territórios. Assim, sua implementação exige compromisso com princípios éticos fundamentais, como justiça, responsabilidade e transparência, bem como observância rigorosa às normativas legais relacionadas à proteção de dados e ao uso responsável da informação em saúde.

No âmbito da enfermagem e da saúde coletiva, os achados reforçam o potencial da WBE como ferramenta de apoio ao planejamento de ações preventivas, educativas e assistenciais mais direcionadas às necessidades reais dos territórios. Ao possibilitar uma leitura ampliada da dinâmica epidemiológica, essa abordagem fortalece a atuação estratégica do enfermeiro na vigilância em saúde, especialmente no contexto da atenção primária e das práticas comunitárias. Sob essa perspectiva, a integração entre saúde humana, ambiente e prevenção coletiva reafirma os princípios da Saúde Única (*One Health*) e aponta para a necessidade de incorporar, de forma progressiva, novos indicadores ambientais às práticas de monitoramento em saúde pública.

Por fim, compreende-se que a consolidação dessa ferramenta dependerá não apenas do avanço tecnológico, mas também da construção de políticas públicas, protocolos operacionais e investimentos que viabilizem sua aplicação em diferentes contextos. Mais do que uma inovação metodológica, a WBE se apresenta como uma possibilidade concreta de transformação das práticas de vigilância em saúde, contribuindo para modelos de cuidado mais preventivos, integrados e socialmente comprometidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA).

Monitoramento COVID Esgotos. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/acontece-na-ana/monitoramento-covid-esgotos>. Acesso em: 21 jun. 2026.

AMIN, N. et al. Hospital wastewater treatment in low- and middle-income countries: a systematic review of microbial treatment efficacy. *Science of the Total Environment*, v. 921, p. 170994, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170994>. Acesso em: 10 maio 2026.

BARDIN, Laurence. ***Análise de conteúdo***. Lisboa: Edições 70, 2016.

BOUTROS, M. et al. Sustainability assessment of hospital wastewater treatment techniques: a comprehensive review. *Sustainability*, v. 17, n. 11, p. 4930, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17114930>. Acesso em: 10 maio 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 6 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 9 maio 2026.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 15 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 9 maio 2026.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 9 maio 2026.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos et al. Monitoramento do esgoto como ferramenta de vigilância epidemiológica para controle da COVID-19: estudo de caso na cidade de Belo Horizonte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 691-699, 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220200243. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/H5KpCwQXn9M9tVq7H6m8YHp/>. Acesso em: 21 jun. 2026.

CHUKWU, E. E. et al. Surveillance of public health pathogens in Lagos wastewater canals: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, v. 24, p. 3590, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21157-6>. Acesso em: 10 maio 2026.

ESRI. What is GIS?. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>. Acesso em: 10 maio 2026.

GIL, Antonio Carlos. ***Métodos e técnicas de pesquisa social***. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HART, Oliver E.; HALDEN, Rolf U. ***Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: feasibility, economy, opportunities and challenges***. *Science of the Total Environment*, Amsterdã, v. 730, p. 138875, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00489697203236>

03. Acesso em: 9 maio 2026.

HOUNMANOU, Y. M. G. et al. Mitigating antimicrobial resistance through effective hospital wastewater management in low- and middle-income countries. *Frontiers in Public Health*, v. 12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1525873>. Acesso em: 10 maio 2026.

JUSTINO, Celine I. L. et al. Recent developments in recognition elements for chemical sensors and biosensors. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Amsterdã, v. 141, p. 116307, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116307>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993621001608>. Acesso em: 10 maio 2026.

LI, J. et al. In-sewer stability of 31 human health biomarkers and suitability for wastewater-based epidemiology. *Water Research*, v. 249, p. 120978, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120978>. Acesso em: 10 maio 2026.

LI, Xiao et al. Smart sensing technologies for wastewater monitoring and epidemiological surveillance: a review. *Environmental Chemistry Letters*, Cham, v. 19, n. 6, p. 4565-4580, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01269-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-021-01269-1>. Acesso em: 10 maio 2026.

MEDINA, Rafael M. et al. ***Wastewater-based epidemiology for SARS-CoV-2 monitoring and early warning systems: a systematic review***. *Environmental Research*, Nova York, v. 214, p. 113960, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113960>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122007429>

. Acesso em: 9 maio 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). The Sustainable Development Goals Report 2024: Goal 6 – Clean Water and Sanitation. New York: United Nations, 2024. Disponível em: https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/extended-report/Extended-Report_Goal-6.pdf. Acesso em: 10 maio 2026.

POLIT, Denise F.; BECK, Cheryl Tatano. ***Fundamentos de pesquisa em enfermagem: avaliação de evidências para a prática da enfermagem***. 9. ed. Porto Alegre: Artmed/Wolters Kluwer, 2019.

POLIT, Denise F.; BECK, Cheryl Tatano. ***Nursing research: generating and assessing evidence for nursing practice***. 11. ed. Filadélfia: Wolters Kluwer, 2021.

SANTOS, Thales Felício de Oliveira. Determinação do padrão espaço-temporal de propagação da COVID-19 com base no monitoramento do SARS-CoV-2 no esgoto de Belo Horizonte. 2022. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/50890>. Acesso em: 21 jun. 2026.

SILVA, R. F. et al. Transformations of biomarkers relevant to wastewater-based epidemiology mediated by laboratory-produced sewage biofilms. In: XV LASEAC – X ENQAmb 2024. Ouro Preto: Even3, 2024. Acesso em: 10 maio 2026.

TEIXEIRA, Hêmilly Priscila Faria et al. *Subnotificação e vigilância epidemiológica: estratégia para qualificação da informação em*

saúde. Revista Amazônica de Ciências Médicas e Saúde, 2025. Disponível em: https://jiparana.emnuvens.com.br/racms/article/view/1923?utm_source. acesso em: 15 de maio 2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Monitoramento COVID Esgotos se destaca como importante ferramenta de vigilância epidemiológica. Belo Horizonte: UFMG, 2021. Disponível em: <https://www.ufmg.br/sustentabilidade/noticia/projeto-piloto-monitoramento-covid-esgotos-se-destaca-como-importante-ferramenta-de-vigilancia-epidemiologica/>. Acesso em: 21 jun. 2026.

ZAGUI, G. S. et al. Hospital wastewater as source of human pathogenic bacteria: a phenotypic and genomic analysis of international high-risk clone VIM-2-producing *Pseudomonas aeruginosa* ST235/O11. *Environmental Research*, v. 255, p. 119166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119166>. Acesso em: 10 maio 2026.

ZHU, W. et al. Advances in wastewater-based epidemiology for pandemic surveillance: methodological frameworks and future perspectives. *Microorganisms*, v. 13, n. 5, p. 1169, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms13051169>. Acesso em: 10 maio 2026.

¹ Mestranda; Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional Saúde e Meio Ambiente; Centro Universitário UninCor; Três Corações, MG, Brasil; Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8180-4572>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestranda; Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional Saúde e Meio Ambiente; Centro Universitário UninCor; Três Corações, MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-5823-4814>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Mestranda; Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional Saúde e Meio Ambiente; Centro Universitário UninCor; Três Corações, MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5918-7197>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Mestranda; Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional Saúde e Meio Ambiente; Centro Universitário UninCor; Três Corações, MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-4176-0706>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Doutora em Recursos Hídricos. Docente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional Saúde e Meio Ambiente; Centro Universitário UninCor; Três Corações, MG, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6646-0809>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)