

SAÚDE GLOBAL E DOENÇAS EMERGENTES: ESTRATÉGIAS INTERDISCIPLINARES DE VIGILÂNCIA E RESPOSTA EM CENÁRIOS PÓS-PANDÊMICOS

Global Health And Emerging Diseases: Interdisciplinary Surveillance And Response Strategies In Post-Pandemic Settings

Artemis de Araujo Soares

E-mail correspondente: artemissoares@gmail.com

Data de publicação: 11 de Março de 2026

DOI: 10.55703/27644006060103

RESUMO

Objetivo: analisar as evidências científicas recentes sobre estratégias interdisciplinares de vigilância e resposta aplicadas às doenças emergentes em cenários pós-pandêmicos, com foco nas contribuições para o fortalecimento da saúde global. Método: trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e analítico, desenvolvida a partir da seleção de 20 estudos científicos reais publicados entre 2020 e 2025, com ênfase em pesquisas sobre vigilância epidemiológica, vigilância genômica, vigilância ambiental, vigilância digital, inteligência artificial, abordagem One Health e vigilância comunitária. A análise dos estudos foi conduzida por meio de síntese temática e interpretativa, permitindo a organização dos achados em eixos científicos convergentes. Resultados: os estudos evidenciaram que, no período pós-pandêmico, os sistemas de vigilância em saúde vêm sendo progressivamente reconfigurados por modelos mais integrados, híbridos e interdisciplinares. Destacaram-se a expansão da vigilância em águas residuais, o fortalecimento da vigilância genômica, o uso de ferramentas digitais e de inteligência artificial para alerta precoce, bem como a relevância da vigilância comunitária e da abordagem saúde única na ampliação da sensibilidade e da capilaridade dos sistemas de resposta. Observou-se que a efetividade da vigilância não depende apenas de inovação tecnológica, mas também de governança, interoperabilidade, inteligência territorial e cooperação intersetorial. Conclusão: a preparação para futuras emergências sanitárias exige sistemas de vigilância multiescalares, sustentáveis e adaptativos, capazes de integrar diferentes fontes de dados e diferentes níveis de atuação em saúde pública. A literatura analisada reforça que o fortalecimento da saúde global dependerá da articulação entre tecnologia, território, participação social e coordenação institucional.

Palavras-chave: vigilância epidemiológica; doenças transmissíveis emergentes; saúde única; preparação para pandemias.

ABSTRACT

Objective: to analyze recent scientific evidence on interdisciplinary surveillance and response strategies applied to emerging diseases in post-pandemic settings, with emphasis on their contributions to strengthening global health. **Method:** this is an integrative literature review with a descriptive and analytical approach, based on the selection of 20 real scientific studies published between 2020 and 2025, focusing on epidemiological surveillance, genomic surveillance, environmental surveillance, digital surveillance, artificial intelligence, the One Health approach, and community-based surveillance. The studies were analyzed through thematic and interpretive synthesis, allowing the findings to be organized into convergent scientific axes. **Results:** the studies showed that, in the post-pandemic period, health surveillance systems have been progressively restructured through more integrated, hybrid, and interdisciplinary models. Major findings included the expansion of wastewater surveillance, the

strengthening of genomic surveillance, the use of digital tools and artificial intelligence for early warning, as well as the relevance of community-based surveillance and the One Health approach in improving the sensitivity and reach of response systems. The evidence also indicated that surveillance effectiveness depends not only on technological innovation but also on governance, interoperability, territorial intelligence, and intersectoral cooperation. **Conclusion:** preparedness for future health emergencies requires multiscale, sustainable, and adaptive surveillance systems capable of integrating different data sources and multiple levels of public health action. The reviewed literature reinforces that strengthening global health will depend on the articulation of technology, territory, social participation, and institutional coordination.

Keywords: epidemiological surveillance; emerging communicable diseases; one health; pandemic preparedness.

INTRODUÇÃO

A emergência e a reemergência de doenças infecciosas nas últimas décadas consolidaram a saúde global como um campo estratégico para a segurança sanitária internacional, especialmente diante da intensificação da mobilidade humana, das mudanças climáticas, da urbanização acelerada, da pressão sobre ecossistemas e da crescente interface entre humanos, animais e ambiente [1,2]. Nesse contexto, a pandemia de COVID-19 não apenas evidenciou fragilidades

históricas dos sistemas de vigilância e resposta, mas também acelerou transformações estruturais na forma como surtos, epidemias e eventos de relevância em saúde pública são detectados, monitorados e controlados [1,3,4].

O cenário pós-pandêmico impôs uma revisão crítica dos modelos tradicionais de vigilância epidemiológica. Sistemas baseados exclusivamente em notificação clínica e confirmação

laboratorial mostraram-se insuficientes para responder, com velocidade e sensibilidade adequadas, à dinâmica de transmissão de patógenos emergentes em escala global [1,15,17]. Em resposta a essas limitações, a literatura recente passou a destacar a necessidade de abordagens interdisciplinares e integradas, capazes de articular vigilância laboratorial, epidemiológica, genômica, ambiental, digital e comunitária em arquiteturas mais resilientes e responsivas [2,6,10,14].

Entre os avanços mais relevantes, a vigilância ambiental por águas residuais ganhou protagonismo como ferramenta de alerta precoce para circulação viral em comunidades, escolas e territórios urbanos, permitindo monitoramento populacional mesmo quando há subnotificação clínica ou limitação de testagem [5-9]. Paralelamente, a vigilância genômica consolidou-se como componente essencial para identificação de variantes, rastreamento de cadeias de transmissão e compreensão da evolução molecular de patógenos, com relevância particular em cenários de rápida disseminação internacional [10-13]. Esses mecanismos ampliaram a capacidade analítica dos sistemas de saúde pública, sobretudo quando integrados a dados

clínicos, territoriais e hospitalares [4,8,11].

Além disso, a incorporação de inteligência artificial, modelagem preditiva e vigilância sindrômica digital vem redefinindo o conceito de detecção precoce em saúde global. Algoritmos de detecção de anomalias, análise de dados não convencionais e sistemas dinâmicos de monitoramento têm demonstrado potencial para identificar padrões epidemiológicos emergentes antes da consolidação dos indicadores tradicionais, favorecendo respostas mais oportunas [12,15-17]. Essa transição tecnológica, no entanto, não elimina a necessidade de governança, validação metodológica e integração com estruturas institucionais capazes de transformar sinais precoces em ações coordenadas de saúde pública [14-17].

Outro aspecto central do debate contemporâneo é o fortalecimento de estratégias participativas, territoriais e comunitárias. Estudos desenvolvidos no Brasil, Indonésia e Níger mostram que a vigilância baseada na comunidade pode ampliar a capilaridade dos sistemas formais, melhorar a sensibilidade para detecção de eventos locais e fortalecer a inteligência epidemiológica em contextos de desigualdade social, baixa cobertura

assistencial e limitada capacidade laboratorial [18-20]. Essa perspectiva aproxima a vigilância de uma lógica mais democrática e contextualizada, reconhecendo que a resposta a doenças emergentes depende não apenas de tecnologias avançadas, mas também de redes locais de cuidado, comunicação de risco e mobilização intersectorial [3,18-20].

Sob essa ótica, a abordagem One Health tornou-se especialmente relevante no período pós-pandêmico, ao propor a integração entre saúde humana, saúde animal e saúde ambiental como fundamento para prevenção, preparação e resposta frente a ameaças infecciosas complexas [2]. Tal paradigma é particularmente importante em um cenário marcado pela persistência de zoonoses, pelo risco de spillover e pela expansão de eventos sanitários associados

a desequilíbrios ecológicos e vulnerabilidades sociais. Assim, pensar vigilância em saúde global no presente implica superar modelos fragmentados e avançar para sistemas interdisciplinares, adaptativos e cooperativos, com capacidade de operar em múltiplas escalas e contextos [1,2,14].

Diante desse panorama, esta revisão integrativa tem como objetivo analisar as evidências científicas recentes sobre estratégias interdisciplinares de vigilância e resposta aplicadas às doenças emergentes em cenários pós-pandêmicos, com ênfase nos avanços metodológicos, nas interfaces entre diferentes modalidades de vigilância e nas contribuições dessas abordagens para o fortalecimento da preparação e da resposta em saúde global.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e analítico, elaborada com o objetivo de sintetizar evidências científicas sobre estratégias interdisciplinares de vigilância e resposta aplicadas às doenças emergentes em cenários pós-pandêmicos. A revisão integrativa foi escolhida por permitir a reunião, análise e interpretação

de estudos com diferentes delineamentos metodológicos, favorecendo uma compreensão abrangente de fenômenos complexos relacionados à saúde global, à vigilância epidemiológica e às respostas intersectoriais frente a ameaças sanitárias emergentes.

A construção da revisão seguiu etapas estruturadas: definição do tema e da pergunta norteadora, estabelecimento dos critérios de elegibilidade, busca sistematizada nas bases de dados, seleção dos estudos, extração das informações relevantes, categorização analítica e síntese interpretativa dos achados. A pergunta que orientou esta revisão foi: quais estratégias interdisciplinares de vigilância e resposta têm sido descritas na literatura recente como relevantes para o enfrentamento de doenças emergentes em cenários pós-pandêmicos, considerando os contextos da saúde global?

A busca bibliográfica foi direcionada para bases reconhecidas internacionalmente pela relevância e qualidade da indexação em saúde e ciências biomédicas, com ênfase em PubMed/MEDLINE, complementada por literatura científica internacional recente já alinhada ao escopo temático da revisão. Para a localização dos estudos, foram utilizados descritores e termos livres em inglês, combinados por operadores booleanos, contemplando os principais conceitos do tema, tais como: global health, emerging infectious diseases, post-pandemic, surveillance, public health surveillance, genomic surveillance, wastewater surveillance, community-based surveillance, digital surveillance,

One Health, outbreak response e pandemic preparedness. A estratégia foi estruturada de forma a recuperar estudos que abordassem, de maneira direta ou aplicada, os sistemas de vigilância, preparação e resposta frente a doenças infecciosas emergentes após a pandemia de COVID-19.

Foram adotados como critérios de inclusão: artigos originais, estudos observacionais, análises aplicadas, relatos de implementação, estudos metodológicos e investigações com contribuição empírica para vigilância em saúde, publicados preferencialmente entre 2020 e 2025, em inglês, português ou espanhol, disponíveis em texto completo ou com metadados suficientes para avaliação científica, e com aderência ao tema central da revisão. Foram incluídos estudos que abordassem pelo menos um dos seguintes eixos: vigilância genômica, vigilância ambiental, vigilância sindrômica, vigilância digital, vigilância comunitária, inteligência epidemiológica, preparedness, One Health ou estratégias interdisciplinares de resposta. Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, opiniões sem base empírica, documentos exclusivamente normativos, textos duplicados, estudos sem relação direta com doenças emergentes ou sem

contribuição prática para o debate da vigilância e resposta em saúde global.

A seleção dos estudos ocorreu em etapas sucessivas. Inicialmente, foi realizada leitura exploratória dos títulos e resumos para identificação da pertinência temática. Em seguida, os textos potencialmente elegíveis foram analisados quanto à aderência ao objetivo da revisão, ao tipo de contribuição metodológica e à relevância para os cenários pós-pandêmicos. Após a triagem, foi constituída uma amostra final de 20 estudos reais, considerados suficientes para compor uma base analítica robusta e internacional, com diversidade geográfica, metodológica e temática. Essa amostra contemplou investigações desenvolvidas em diferentes contextos, incluindo Europa, América Latina, Caribe, Ásia e África, o que ampliou a capacidade de interpretação da vigilância em saúde sob a perspectiva da saúde global.

Para a organização da síntese, foi elaborada uma matriz de extração contendo os seguintes elementos: autor e ano de publicação, eixo temático principal, tipo de estudo ou abordagem metodológica, contexto de aplicação e principal contribuição para os sistemas de

vigilância e resposta. A partir dessa matriz, os estudos foram agrupados por convergência temática, permitindo a construção de categorias analíticas relacionadas à reconfiguração dos sistemas de vigilância no período pós-pandêmico, ao uso de tecnologias emergentes para detecção precoce, à integração entre vigilância ambiental e genômica, ao papel da inteligência artificial e da vigilância digital, bem como à relevância das estratégias comunitárias e da abordagem One Health.

Por se tratar de revisão integrativa com utilização de dados secundários de domínio científico, sem envolvimento direto de seres humanos, não houve necessidade de submissão a Comitê de Ética em Pesquisa. Ressalta-se, contudo, que foram observados os princípios de integridade acadêmica, rigor metodológico e fidelidade à literatura científica consultada. A análise final dos dados foi conduzida de forma descritivo-interpretativa, buscando não apenas reunir os achados, mas também identificar tendências, lacunas e implicações práticas para o fortalecimento dos sistemas de vigilância e resposta em saúde global diante de futuras emergências sanitárias.

RESULTADOS

A análise dos estudos incluídos evidenciou que, no cenário pós-pandêmico, a vigilância em saúde global vem sendo progressivamente reestruturada a partir de modelos mais integrados, responsivos e interdisciplinares. Em conjunto, os trabalhos selecionados indicam que sistemas centrados exclusivamente em notificação clínica e confirmação laboratorial são insuficientes para responder com rapidez, sensibilidade e capilaridade às doenças emergentes,

especialmente em contextos de alta mobilidade populacional, desigualdade territorial e circulação simultânea de múltiplos agentes infecciosos [1,4,15,17]. A síntese dos achados permitiu organizar os resultados em cinco eixos temáticos científicos: reconfiguração dos sistemas de vigilância em saúde pública; vigilância ambiental e metagenômica; vigilância genômica e inteligência molecular; vigilância digital, sindrômica e inteligência artificial; e vigilância comunitária articulada à abordagem One Health [1,2,6,10,14].

Tabela 1. Síntese dos eixos temáticos identificados na revisão integrativa

Eixo temático	Estudos	Síntese dos principais achados
Reconfiguração dos sistemas de vigilância em saúde pública	1, 3, 4, 17	Evidenciam a necessidade de sistemas adaptativos, multinível e com integração entre dados clínicos, territoriais e operacionais para resposta mais rápida.
Vigilância ambiental e metagenômica	5, 6, 7, 8, 9	Demonstram que águas residuais e abordagens metagenômicas ampliam a detecção precoce e complementam a vigilância epidemiológica tradicional.
Vigilância genômica e inteligência molecular	10, 11, 12, 13, 14	Mostram que sequenciamento, bioinformática e análise molecular são centrais para rastrear variantes, introduções virais e ameaças emergentes.
Vigilância digital, sindrômica e inteligência artificial	12, 15, 16, 17	Indicam que IA, detecção de anomalias e dados não convencionais fortalecem alerta precoce, previsão e monitoramento dinâmico.
Vigilância comunitária e	2, 18, 19,	Reforçam o papel das redes locais, da

Eixo temático	Estudos	Síntese dos principais achados
abordagem One Health	20	participação social e da integração entre saúde humana, animal e ambiental na resposta a emergências.

No eixo referente à reconfiguração dos sistemas de vigilância em saúde pública, os estudos apontaram que a pandemia de COVID-19 funcionou como catalisador para a revisão dos modelos tradicionais de monitoramento sanitário. Stoto et al. demonstraram que, na experiência europeia, a capacidade de articular testagem, rastreamento, análise situacional e coordenação entre níveis institucionais foi determinante para a resposta inicial, evidenciando que a efetividade da vigilância depende da integração funcional entre diferentes componentes do sistema [1]. De modo convergente, De La Cerda et al. mostraram que intervenções territorializadas, orientadas por dados locais e por lógica de precision public health, podem ampliar a efetividade das ações de outreach e focalizar populações mais vulneráveis [3]. Fernandes et al., por sua vez, identificaram que dados do atendimento pré-hospitalar também podem contribuir para preparedness, ao oferecer sinais precoces de pressão epidemiológica e assistencial em territórios de maior fragilidade

operacional [4]. Post et al. acrescentaram que a vigilância dinâmica, baseada em tendências longitudinais, é especialmente útil para orientar decisões responsivas durante eventos de rápida evolução [17].

No eixo da vigilância ambiental e metagenômica, observou-se forte avanço metodológico e operacional. Hassard et al. demonstraram a viabilidade do monitoramento near-source em escolas, indicando que a vigilância em águas residuais pode captar circulação viral mesmo em ambientes específicos e com grande importância epidemiológica [5]. Besijn et al. evidenciaram que a vigilância sob demanda por esgoto foi capaz de apoiar a resposta a surtos locais na Holanda, inclusive com aplicação para SARS-CoV-2 e MPXV, reforçando sua utilidade em contextos populacionais focalizados [6]. Em escala nacional, Radvák et al. mostraram que a vigilância de SARS-CoV-2 em esgoto pode ser operacionalizada de forma ampla e complementar aos sistemas tradicionais, ampliando o monitoramento epidemiológico [7]. Child et al.

acrescentaram que a comparação entre métodos metagenômicos e abordagens direcionadas em amostras ambientais tem implicações relevantes para a escolha de estratégias laboratoriais mais sensíveis à detecção de patógenos humanos emergentes [9]. Embora com menor peso interpretativo por se tratar de preprint, Holm et al. também sugeriram que a integração entre esgoto, soroprevalência e hospitalização pode ampliar a capacidade preditiva de sistemas de vigilância [8].

Quanto ao eixo de vigilância genômica e inteligência molecular, os achados mostraram que o sequenciamento genômico se consolidou como componente central da arquitetura contemporânea da vigilância em saúde global. Sahadeo et al. relataram a implementação da vigilância genômica do SARS-CoV-2 em 17 territórios do Caribe e destacaram que sua sustentabilidade em contextos com limitação de recursos depende de cooperação regional, capacitação técnica e infraestrutura laboratorial contínua [10]. De modo semelhante, Su et al. demonstraram, no Camboja, que a epidemiologia genômica permitiu rastrear múltiplas introduções virais e compreender o comportamento da transmissão durante as primeiras fases pandêmicas [11]. Zhao et al. ampliaram

esse campo ao mostrar que modelos de inteligência artificial baseados em haplótipos podem contribuir para avaliar variantes e mutações emergentes com maior agilidade analítica [12]. Bohl et al. evidenciaram, em cenário de escassez de recursos no Sudeste Asiático, o potencial de uma plataforma metagenômica global para identificação de patógenos causadores de doença [13], enquanto Downie et al. reforçaram que a vigilância agnóstica baseada em metagenômica exige governança institucional e participação estratégica de redes laboratoriais e agências federais para sua consolidação sustentável [14].

No eixo da vigilância digital, síndrômica e inteligência artificial, os estudos mostraram que a incorporação de algoritmos e dados não convencionais tem ampliado a capacidade de detecção precoce de eventos infecciosos. Wen et al. demonstraram que modelos de detecção de anomalias aplicados à vigilância síndrômica podem diferenciar surtos com apresentação clínica semelhante, favorecendo alerta precoce para COVID-19 e outras síndromes gripais emergentes [15]. Movahedi Nia et al. indicaram que estratégias baseadas em deep learning e dados alternativos têm potencial para estruturar sistemas de vigilância em tempo real, previsão e alerta antecipado

para surtos respiratórios [16]. Zhao et al. também contribuíram para esse eixo ao mostrar que ferramentas computacionais avançadas podem fortalecer a avaliação dinâmica de variantes [12]. Em conjunto, esses estudos sugerem que a vigilância digital não substitui a vigilância epidemiológica convencional, mas a complementa de forma estratégica, sobretudo quando associada a estruturas analíticas bem definidas e integração institucional [12,15-17].

No eixo da vigilância comunitária, participativa e abordagem One Health, os resultados evidenciaram que a resposta a doenças emergentes depende também da capilaridade social e territorial dos sistemas de inteligência epidemiológica. Wakimoto et al. mostraram que a experiência brasileira com COVID-19 e zoonoses reforça a centralidade da abordagem One Health para preparedness e resposta, ao integrar saúde humana, animal e ambiental em uma mesma lógica analítica [2]. Wittwer et al. demonstraram, no Brasil, que a vigilância participativa baseada em autorrelato pode acompanhar tendências epidemiológicas e complementar os sistemas formais [18]. Craig et al. evidenciaram, na Indonésia, que a vigilância comunitária fortalece a geração de inteligência para doenças infecciosas emergentes [19]. Na mesma

direção, Maazou et al. mostraram que a vigilância baseada na comunidade contribuiu para a resposta à COVID-19 no Níger, especialmente quando apoiada por treinamento e suporte logístico [20]. Esses estudos convergem ao indicar que tecnologias avançadas, isoladamente, não são suficientes: a efetividade da vigilância pós-pandêmica também depende de redes locais, participação social, comunicação de risco e articulação intersetorial [2,18-20].

De forma transversal, a síntese dos estudos demonstrou três tendências centrais. A primeira foi a expansão de sistemas híbridos de vigilância, nos quais dados clínicos, laboratoriais, ambientais, genômicos, digitais e comunitários passam a operar de forma complementar [1,6,10,17]. A segunda foi a valorização crescente da detecção precoce, com destaque para wastewater surveillance, metagenômica, vigilância sindrômica e inteligência artificial [5-9,12,15,16]. A terceira foi o fortalecimento da integração entre território, governança e interdisciplinaridade, sobretudo em contextos marcados por desigualdade de recursos ou maior vulnerabilidade a zoonoses e surtos emergentes [2,4,10,14,19,20]. Em conjunto, os resultados indicam que a vigilância em cenários pós-pandêmicos tende a ser mais

efetiva quando estruturada como sistema interoperável, multiescalar e sensível às dimensões ecológicas, sociais e

tecnológicas da emergência infecciosa [1,2,14].

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão integrativa indicam que o período pós-pandêmico consolidou uma inflexão importante no campo da vigilância em saúde global. Se, antes da COVID-19, muitos sistemas ainda operavam com forte dependência de notificações clínicas, confirmação laboratorial e fluxos burocráticos relativamente lentos, a literatura recente mostra uma transição para arquiteturas mais híbridas, nas quais diferentes modalidades de vigilância passam a atuar de forma complementar [1,6,10,14]. Esse movimento não representa apenas inovação tecnológica, mas uma reconfiguração conceitual da própria vigilância, agora entendida como processo contínuo de produção de inteligência epidemiológica, articulação intersetorial e resposta adaptativa em múltiplas escalas [1,2].

No primeiro plano analítico, a revisão sugere que a principal lição do cenário pandêmico foi a insuficiência dos modelos isolados. A experiência europeia demonstrou que a efetividade da resposta depende da integração entre testagem,

rastreamento, capacidade laboratorial, coordenação federativa e uso oportuno de dados para decisão [1]. Esse achado dialoga com estudos territoriais e operacionais que evidenciam o valor de dados pré-hospitalares e estratégias focalizadas de precisão em saúde pública para antecipar pressão assistencial e localizar áreas mais vulneráveis [3,4]. Em termos práticos, isso significa que preparedness não deve ser reduzido à disponibilidade de insumos ou leitos, mas precisa incorporar sistemas de vigilância capazes de transformar sinais dispersos em ação coordenada. A discussão internacional, portanto, desloca o foco da vigilância como mero registro de casos para a vigilância como infraestrutura estratégica de governança sanitária [1,4,17].

Outro ponto central refere-se à expansão da vigilância ambiental e metagenômica como instrumentos de alerta precoce. Os estudos incluídos mostram que o monitoramento de águas residuais se tornou uma das mais importantes inovações metodológicas do

período recente, sobretudo por sua capacidade de captar circulação viral em nível populacional, inclusive quando há subdiagnóstico clínico, baixa procura por testagem ou atraso na notificação [5-9]. A experiência de Rotterdam-Rijnmond é particularmente ilustrativa, pois demonstra que a vigilância sob demanda por esgoto pode apoiar a resposta a surtos localizados, detectar padrões de transmissão em populações pequenas e até contribuir para o monitoramento de diferentes vírus, como SARS-CoV-2 e MPXV [6]. Isso reforça que a vigilância ambiental não deve ser vista apenas como ferramenta complementar de pesquisa, mas como componente operacional com potencial de integração aos sistemas oficiais de saúde pública.

Entretanto, a literatura também sugere que a incorporação dessas tecnologias exige cautela interpretativa e padronização metodológica. Embora a sensibilidade da vigilância ambiental seja promissora, sua tradução em decisão sanitária depende de frequência de amostragem, qualidade analítica, contexto populacional e articulação com indicadores epidemiológicos e clínicos [6,8,9]. O mesmo vale para abordagens metagenômicas agnósticas, que ampliam a capacidade de identificar patógenos inesperados, mas demandam

infraestrutura laboratorial, bioinformática qualificada e modelos de governança que sustentem sua adoção contínua [13,14]. Assim, a grande contribuição desse eixo não está apenas no aumento da sensibilidade diagnóstica, mas na abertura de uma nova lógica de vigilância prospectiva, ecossistêmica e menos dependente da confirmação tardia de casos sintomáticos.

No âmbito da vigilância genômica e da inteligência molecular, os estudos reforçam que a pandemia transformou o sequenciamento em instrumento central da saúde pública contemporânea [10-14]. O caso do Caribe é especialmente relevante porque mostra que, mesmo em contextos com limitação de recursos, redes colaborativas e capacitação regional podem viabilizar sistemas de vigilância genômica com impacto real sobre decisões em saúde pública [10]. Esse achado é importante para a saúde global porque desloca a discussão do eixo puramente tecnológico para o eixo da equidade: não basta reconhecer o valor da genômica, é necessário discutir quem tem acesso a ela, com que sustentabilidade e com qual grau de integração aos sistemas de vigilância epidemiológica [10,11]. A partir dessa perspectiva, a genômica passa a ser compreendida não apenas como ferramenta sofisticada de

laboratório, mas como tecnologia estratégica de soberania sanitária e resposta rápida diante da emergência de variantes, reintroduções virais e novos patógenos.

A discussão também evidencia que o uso de inteligência artificial, análise de anomalias e dados não convencionais amplia de forma significativa o horizonte da vigilância pós-pandêmica [12,15,16]. Esses recursos permitem identificar padrões precoces, processar grandes volumes de dados e gerar modelos preditivos com aplicação potencial em cenários de rápida evolução epidemiológica. Contudo, a literatura não autoriza uma leitura tecnodeterminista. Em vez de substituir os sistemas clássicos, IA e vigilância digital parecem produzir melhores resultados quando operam de modo complementar à vigilância epidemiológica estruturada, à capacidade laboratorial e à governança institucional [12,15-17]. Em outras palavras, a inovação digital é mais robusta quando se insere em sistemas interoperáveis e bem coordenados, e não quando atua de forma paralela ou desconectada das rotinas sanitárias. Esse ponto é particularmente importante para evitar a ilusão de que algoritmos, por si sós, resolvem problemas históricos de fragmentação,

desigualdade territorial e baixa capacidade de resposta.

No eixo da vigilância comunitária e da abordagem One Health, a revisão mostra que a sofisticação tecnológica, embora necessária, não é suficiente para sustentar respostas eficazes diante de doenças emergentes [2,18-20]. Os estudos realizados no Brasil, na Indonésia e no Níger demonstram que a community-based surveillance aumenta a capilaridade da detecção, fortalece a sensibilidade para eventos locais e reduz zonas de silêncio epidemiológico, especialmente em territórios com fragilidade de cobertura formal [18-20]. Já o estudo brasileiro sobre COVID-19 e zoonoses acrescenta que preparedness e resposta precisam incorporar de forma mais consistente a interface entre saúde humana, animal e ambiental, dimensão que se tornou incontornável no debate pós-pandêmico [2]. Desse modo, a abordagem One Health emerge não apenas como referencial teórico, mas como fundamento prático para políticas de vigilância mais coerentes com a complexidade ecológica das doenças emergentes.

Essa interpretação tem implicações diretas para países marcados por heterogeneidade regional, desigualdade

de infraestrutura e coexistência de riscos biológicos, sociais e ambientais. Em tais contextos, sistemas de vigilância excessivamente centralizados ou exclusivamente dependentes de laboratórios de alta complexidade tendem a reproduzir assimetrias de detecção e resposta. A literatura revisada sugere que modelos mais resilientes são aqueles capazes de combinar alta tecnologia com inteligência territorial, participação comunitária, cooperação interinstitucional e adaptação às especificidades locais [2,6,10,18-20]. Isso é particularmente relevante para países de média renda, nos quais o desafio não é apenas incorporar inovação, mas fazer com que essa inovação seja operacionalmente sustentável e equitativamente distribuída.

Do ponto de vista crítico, esta revisão também evidencia algumas lacunas. Parte da literatura ainda se concentra fortemente no SARS-CoV-2, o que, embora compreensível, pode limitar a generalização para outros patógenos emergentes com dinâmicas distintas. Além disso, há heterogeneidade entre os desenhos dos estudos, entre os contextos de aplicação e entre os indicadores utilizados para avaliar efetividade da compartilhado.

vigilância, o que dificulta comparações diretas. Também se observa que algumas estratégias aparecem mais consolidadas em termos de prova de conceito do que de institucionalização plena. Assim, embora os avanços identificados sejam relevantes, a transição de experiências exitosas para políticas permanentes ainda constitui um desafio substantivo da saúde global contemporânea.

Em síntese, a discussão dos estudos analisados sustenta que a vigilância em cenários pós-pandêmicos tende a ser mais efetiva quando estruturada como sistema híbrido, interdisciplinar, multiescalar e orientado por integração. A principal contribuição da literatura revisada está em mostrar que respostas futuras a doenças emergentes dependerão menos de soluções únicas e mais da capacidade de combinar vigilância ambiental, genômica, digital, comunitária e territorial em arranjos operacionais coerentes, sustentáveis e equitativos [1,2,6,10,14]. Esse entendimento fortalece a ideia de que a preparação para novas emergências sanitárias exige não apenas inovação tecnológica, mas também reforma organizacional, governança cooperativa e compromisso com a saúde global como bem público

CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa evidenciou que, em cenários pós-pandêmicos, a vigilância e a resposta às doenças emergentes vêm sendo progressivamente reconfiguradas a partir de abordagens mais integradas, interdisciplinares e tecnologicamente ampliadas. Os estudos analisados demonstraram que modelos tradicionais, centrados exclusivamente em notificação clínica e confirmação laboratorial, tendem a apresentar limitações importantes diante da velocidade de disseminação dos agentes infecciosos, da complexidade dos determinantes ecológicos e sociais e da necessidade de respostas oportunas em diferentes escalas territoriais [1,4,15,17].

A síntese da literatura mostrou que o fortalecimento da saúde global depende da articulação entre múltiplas modalidades de vigilância, incluindo vigilância ambiental, genômica, sindrômica, digital e comunitária, operando de forma complementar e não concorrente [5-7,10,14,18-20]. Nesse sentido, a vigilância em águas residuais e as abordagens metagenômicas destacaram-se como ferramentas promissoras para detecção precoce e monitoramento populacional, enquanto a vigilância genômica consolidou-se como

eixo central para rastreamento de variantes, compreensão da dinâmica de transmissão e apoio à tomada de decisão em saúde pública [6,9-14]. Paralelamente, o uso de inteligência artificial e sistemas digitais de monitoramento apontou potencial relevante para ampliação da sensibilidade analítica e do alerta precoce, sobretudo quando associado a estruturas institucionais bem coordenadas [12,15,16].

Os achados também reforçaram que a resposta às doenças emergentes não pode ser sustentada apenas por inovação tecnológica. A efetividade da vigilância pós-pandêmica depende igualmente de governança, interoperabilidade entre sistemas, capacidade laboratorial, cooperação regional, inteligência territorial e participação social [1,10,14,17]. Nesse contexto, a abordagem One Health e as estratégias de vigilância comunitária mostraram-se especialmente relevantes, pois ampliam a compreensão das interações entre saúde humana, animal e ambiental e fortalecem a detecção de eventos em contextos de maior vulnerabilidade social e sanitária [2,18-20].

Dessa forma, conclui-se que a preparação para futuras emergências

sanitárias requer a consolidação de sistemas híbridos, multiescalares e adaptativos, capazes de integrar diferentes fontes de dados e diferentes níveis de atuação em saúde pública. Mais do que incorporar novas tecnologias, os sistemas de vigilância do período pós-pandêmico precisam ser sustentáveis, equitativos e sensíveis às desigualdades territoriais que condicionam a emergência

e a propagação das doenças infecciosas [2,6,10,19,20]. Em perspectiva estratégica, a literatura revisada sustenta que o avanço da saúde global dependerá da capacidade de transformar inovação científica em inteligência epidemiológica aplicável, de modo a fortalecer a prevenção, a preparação e a resposta diante de ameaças infecciosas emergentes e reemergentes.

REFERÊNCIAS

1. Stoto MA, Reno C, Tsoleva S, Fantini MP. The European experience with testing and surveillance during the first phase of the COVID-19 pandemic. *Global Health*. 2023;19(1):51. doi:10.1186/s12992-023-00950-9.
2. Wakimoto MD, et al. COVID-19 and zoonoses in Brazil: Environmental scan of one health preparedness and response. *One Health*. 2022;14:100400. doi:10.1016/j.onehlt.2022.100400.
3. De La Cerda I, Bauer CX, Zhang K, Lee M, Jones M, Rodriguez A, et al. Evaluation of a targeted COVID-19 community outreach intervention: Case report for precision public health. *JMIR Public Health Surveill*. 2023. doi:10.2196/47981.
4. Fernandes E, et al. Exploring prehospital data for pandemic preparedness: A Western Brazilian Amazon case study on COVID-19. *Int J Environ Res Public Health*. 2024;21(9):1229. doi:10.3390/ijerph21091229.
5. Hassard F, et al. Wastewater monitoring for detection of public health markers during the COVID-19 pandemic: Near-source monitoring of schools in England over an academic year. *Sci Total Environ*. 2023.
6. Besijn E, Whelan J, Bijkerk P, Sips GJ, Langeveld J, Izquierdo-Lara RW, et al. Agile, on-demand wastewater surveillance of virus infections to support pandemic and outbreak response in Rotterdam-Rijnmond, the Netherlands, 2020 to 2022. *Euro Surveill*. 2024;29(47):2400055. doi:10.2807/1560-7917.ES.2024.29.47.2400055.
7. Radvák P, et al. Evaluation of wastewater surveillance results for SARS-CoV-2 at the national scale in the Slovak Republic. *Sci Total Environ*. 2024.
8. Holm RH, Rempala GA, Choi B, Brick JM, Amraotkar AR, Keith RJ, et al. SARS-CoV-2 wastewater concentration and linked longitudinal seroprevalence: a spatial analysis of strain mutation, post-COVID-19 vaccination effect, and hospitalization burden forecasting. *medRxiv [Preprint]*. 2023 Jan 7:2023.01.06.23284260. doi:10.1101/2023.01.06.23284260.
9. Child HT, et al. Comparison of metagenomic and targeted methods for sequencing human pathogenic viruses from wastewater. *mBio*. 2023.
10. Sahadeo NSD, Nicholls S, Moreira FRR, O'Toole Á, Ramkissoon V, Whittaker C, et al. Implementation of genomic surveillance of SARS-CoV-2 in the Caribbean: Lessons learned for sustainability in resource-limited settings. *PLOS Glob Public Health*. 2023;3(2):e0001455. doi:10.1371/journal.pgph.0001455.
11. Su YCF, Ma JZJ, Ou TP, Pum L, Krang S, Raftery P, et al. Genomic epidemiology of SARS-CoV-2 in Cambodia, January 2020 to February 2021. *Virus Evol*. 2022;9(1):veac121. doi:10.1093/ve/veac121.
12. Zhao LP, et al. Using haplotype-based artificial intelligence to evaluate SARS-CoV-2 novel variants and mutations. *JAMA Netw Open*. 2023. doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.0191.
13. Bohl JA, Lay S, Chea S, Ah Yong V, Parker DM, Gallagher S, et al. Discovering disease-causing pathogens in resource-scarce Southeast Asia using a global metagenomic pathogen monitoring system. *Proc Natl Acad*

- Sci U S A. 2022;119:e2115285119. doi:10.1073/pnas.2115285119.
14. Downie DL, et al. Surveillance for emerging and reemerging pathogens using pathogen agnostic metagenomic sequencing in the United States: A critical role for federal government agencies. *Health Secur.* 2024.
15. Wen A, et al. An aberration detection-based approach for sentinel syndromic surveillance of COVID-19 and other novel influenza-like illnesses. *J Biomed Inform.* 2021;113:103660. doi:10.1016/j.jbi.2020.103660.
16. Nia ZM, et al. Leveraging deep-learning and unconventional data for real-time surveillance, forecasting, and early warning of respiratory pathogens outbreak. *Artif Intell Med.* 2025;160:103076.
17. Post LA, Issa TZ, Bector MJ, Moss CB, Murphy RL, Ison MG, et al. Dynamic public health surveillance to track and mitigate the US COVID-19 epidemic: Longitudinal trend analysis study. *J Med Internet Res.* 2020;22(12):e24286. doi:10.2196/24286.
18. Wittwer S, Paolotti D, Lichand G, et al. Participatory surveillance for COVID-19 trend detection in Brazil: Cross-sectional study. *JMIR Public Health Surveill.* 2023;9:e44517.
19. Craig AT, et al. Use of community-based surveillance to enhance emerging infectious disease intelligence generation in Indonesia. *West Pac Surveill Response J.* 2025.
20. Maazou AA, Oumarou B, Bienvenu B, Melanga Anya BP, Didier T, Ishagh EK, et al. Community-based surveillance contribution to the response of COVID-19 in Niger. *Pan Afr Med J.* 2021;40:88. doi:10.11604/pamj.2021.40.88.28175.