

Estado da publicação: O preprint foi publicado em outro meio.

DOI do preprint publicado: <https://doi.org/10.1590/1413-81232026317.09062024>

O uso de fontes não-tradicionais para a vigilância em saúde: atendimentos de urgência para detecção precoce de eventos

João Henrique Araujo Moraes, Débora Medeiros de Oliveira e Cruz, Valeria Saraceni, Caroline Dias Ferreira, Gislani Mateus Oliveira Aguiar, Oswaldo Gonçalves Cruz

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.8996>

Submetido em: 2024-05-27

Postado em: 2024-05-29 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

O uso de fontes não-tradicionais para a vigilância em saúde: atendimentos de urgência para detecção precoce de eventos

João Henrique de Araujo Moraes^{1,2}, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3258-1498>

Débora Medeiros de Oliveira e Cruz^{2,3}, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8325-6866>

Valeria Saraceni², ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7360-6490>

Caroline Dias Ferreira^{2,4}, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9631-8571>

Gislani Mateus Oliveira Aguiar², ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9103-9864>

Oswaldo Gonçalves Cruz^{2,5}, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3289-3195>

¹ Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Secretaria Municipal de Saúde do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³ Universidade Estácio de Sá, Instituto de Educação Médica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁵ Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Programa de Computação Científica, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

A preparação e resposta às emergências em Saúde Pública envolve o investimento em sistemas de detecção precoce, alerta e resposta. Modelos de correção de atraso de notificação e a diversificação de fontes de dados utilizadas são algumas abordagens comumente utilizadas para geração de informação e ação mais oportunos. Neste artigo é apresentada a estratégia implementada no município do Rio de Janeiro de utilização de dados de atendimentos de urgência e emergência unida à aplicação de modelos de detecção de tendências para geração automatizada de alertas. A partir de CIDs marcados nos prontuários eletrônicos de atendimentos, monitoram-se séries temporais de eventos de interesse no município. Um modelo GAM é ajustado às séries para suavização, determinação da inclinação e geração dos alertas. Os resultados são exibidos em painel e monitorados diariamente. Desde 2023, múltiplos eventos de interesse foram identificados através do painel e resultaram em comunicação coordenada e ações no território. Os resultados exaltam a potencialidade no uso desses dados na identificação de eventos de interesse em tempo oportuno, alinhando-se a conceitos de uma vigilância moderna.

Palavras-chave:

vigilância em saúde pública, vigilância sindrômica, dados de saúde coletados rotineiramente, sistemas de painéis, registros eletrônicos de saúde

Non-traditional sources for health surveillance: using emergency data for early-detection

ABSTRACT

Preparation and response to Public Health emergencies involve efforts in developing systems for early detection, alert and response. Models for dealing with notification delay and diversification of data sources are some of the commonly used strategies for faster information and action. In this paper, we present the strategy implemented in Rio de Janeiro municipality, where data from urgency and emergency visits were acquired and modeled, in order to detect trend shifts and generate alerts. From the ICD-10 field in electronic records, time series representing events of interest were created. A GAM model was fitted for smoothing, slope determination in each point, and alert generation. The results obtained are displayed in a dashboard, monitored daily. From 2023, multiple events of interest were identified through the dashboard, some of which lead to coordinated communication and actions in the territory. We draw attention to the potentials in the use of these type of data on identifying events of interest in a timely manner, approaching the concepts of a modern surveillance.

Keywords:

public health surveillance, syndromic surveillance, routinely collected health data, dashboard systems, electronic health records

Introdução

A rotina do trabalho da vigilância epidemiológica envolve o atendimento, notificação e a digitação de eventos suspeitos nas bases de dados dos sistemas de informações em saúde (SIS), etapas que frequentemente implicam em atraso para a prevenção de casos secundários de doenças transmissíveis ¹. Algumas metodologias voltadas para a correção de atrasos de digitação e/ou antecipação da identificação de surtos têm sido desenvolvidas e aplicadas na Vigilância em Saúde (VS), tais como técnicas de *nowcasting*, por meio de modelagem *bayesiana* ^{2,3} e modelos de *machine learning* ⁴, respectivamente.

Enquanto o desenvolvimento e apropriação de métodos quantitativos para a elaboração de análises em saúde é fundamental para aprimorar a atuação da VS, a diversificação das fontes de dados utilizadas - especialmente com foco na identificação oportuna de surtos e possíveis Emergências em Saúde Pública (ESP) - é também uma abordagem recomendada ^{5,6}. Registros de óbitos, dados laboratoriais, informações sobre vendas de fármacos, rumores em mídias sociais são exemplos de fontes não tradicionais que têm sido exploradas para compor as informações em saúde ⁷. No contexto nacional, recentemente, o uso de registros eletrônicos de consultas em unidades de atenção primária foi avaliado quanto a possíveis ganhos na detecção precoce de aglomerados de doenças respiratórias ⁸.

No município do Rio de Janeiro (MRJ), a estrutura de trabalho organizada para o enfrentamento à pandemia de Covid-19 inovou ao utilizar registros não usuais para a VS, como solicitação de vagas zero ao sistema de regulação de leitos e dados das Unidades de Pronto Atendimento, para a antecipação de cenários epidemiológicos ⁹. A inclusão de atendimentos da Rede de Urgência e Emergência (RUE) no monitoramento indicou uma oportunidade para elaboração de um sistema de detecção, alerta e resposta precoce na cidade, uma das funções essenciais à Saúde Pública ¹⁰.

A estruturação de mecanismos para a geração de alertas no âmbito da VS pressupõe a perspectiva de uma resposta mais oportuna, com garantia de uma investigação imediata do sinal/tendência identificada e comunicação coordenada do evento, alinhando-se ao conceito de inteligência epidêmica^{10,11}. Um EWARS - *Early Warning, Alert and Response System* - tem como característica alta sensibilidade e rápida atuação, tanto na detecção de sinais, quanto na deflagração de respostas (verificação do alerta e implantação de medidas de controle)¹¹. O presente artigo visa apresentar um painel de alertas voltado ao monitoramento de possíveis emergências em Saúde Pública, elaborado com dados de atendimentos da rede de urgência e emergência do MRJ.

Metodologia

Um painel interativo foi desenvolvido para o monitoramento das tendências dos atendimentos realizados na rede de urgência e emergência do MRJ. Situações relacionadas à utilização desse painel foram apresentadas com foco: (1) na comparação do cenário epidemiológico da Covid-19 frente aos dados de atendimentos da RUE versus notificações do SIVEP- Gripe e E-SUS; e (2) para detecção precoce na ocorrência de casos de doença diarreica aguda (DDA).

Fonte de dados

Registros eletrônicos de atendimentos realizados em 15 unidades de pronto atendimento (UPA) e 4 Coordenações de Emergência Regional (CER) que integram o sistema municipal de saúde foram utilizados nas análises. Esses registros contêm variáveis sociodemográficas do paciente, identificação do atendimento segundo categorias da décima revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) e informações da unidade de saúde. As séries de atendimentos na RUE (Síndrome Gripal e Covid-19) foram comparadas à série construída com as notificações de casos graves e leves, obtidas respectivamente do SIVEP-Gripe e sistema e-SUS.

Etapas de processamento

A captura dos registros de atendimentos da RUE foi realizada diariamente, de forma automatizada, a partir de conexões via interface de programação de aplicações (*Application Programming Interface* - API) e carregadas para uma base local de dados no Centro de Inteligência Epidemiológica, implementada em *PostgreSQL*.

Os registros foram agrupados de acordo com o código identificador do paciente, unidade de atendimento e data de entrada na unidade de saúde - processo que permitiu eliminar registros duplicados. A variável campo de atendimento (contendo a categoria da CID-10) foi utilizada para reclassificação segundo as séries de interesse para a VS e, a partir dessa classificação, foram geradas as séries temporais com a contagem total, diária ou semanal dos atendimentos no município.

As séries do e-SUS e SIVEP-Gripe foram agregadas na unidade temporal semanal, utilizando como referência a data dos primeiros sintomas. O quadro 1 contém as categorias da CID 10 reclassificadas segundo as séries de interesse.

Séries de interesse	Categoria da CID 10
Síndrome Gripal	J00-J11
Arboviroses	A90-A94, A98, A99
Covid-19	B34.2, U07
Virose, não especificada	B34.9
Febre	A68.9, R50
Tosse	R05
Diarreia	A09, K52, K59
Náusea	R11
Cefaleia	R51
Mialgia	M79.1
Artralgia	M25.5
Bronquiolite	J21.0, J21.8

Quadro 1. Categorias da CID 10 e reclassificação segundo série de interesse.

Modelos estatísticos para monitoramento de tendências

Para a identificação precoce de alterações nas séries temporais foram calculadas e acompanhadas métricas para indicar: (i) a tendência de crescimento ou queda e (ii) o patamar de casos em relação ao valor de controle esperado. Para obter ganhos na oportunidade de resposta para a VS optou-se pela unidade de agregação diária. Modelos Aditivos Generalizados (GAM) foram utilizados para remoção do ruído presente nas séries, resultantes da carga diferencial de atendimentos em função do dia da semana e feriados e a extração de uma tendência geral.

Assumiu-se que a contagem diária de atendimentos para uma determinada série segue uma distribuição binomial negativa. Incluiu-se no modelo um termo suave temporal para representar a tendência e outro para o dia da semana, resultando em uma suavização da série, conforme a representação:

$$\eta_t = \beta_0 + f_1(t) + f_2(\text{dia da semana}) + \varepsilon,$$

onde η_t é o preditor linear exponenciado para o dia t , β_0 o intercepto do modelo, $f()$ as funções suaves e ε o erro aleatório. A partir da série suavizada obtida, calcula-se a inclinação no último ponto observado, utilizada para classificação da série em crescimento, estabilidade ou queda. Os quantis históricos 0,2 e 0,8 do número de atendimentos são utilizados para definição de limites de controle para cada série (abaixo, dentro do esperado ou acima do patamar).

Além do monitoramento das séries de interesse, acompanha-se também os atendimentos individualizados que referem categorias da CID 10 com potencial para tornarem-se uma possível emergência de saúde pública. Esses códigos de atenção referem-se aos eventos de notificação imediata que compõem a Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública¹². Dessa forma, a verificação do caso pelas equipes da vigilância pode ser iniciada sempre que um atendimento refere-se a alguma dessas categorias.

No momento de atualização diária da base de atendimentos, caso seja identificada entre os novos registros a marcação de uma categoria de interesse, uma notificação automática é enviada à equipe do CIE via *e-mail*. Sinalizam-se também, as categorias “*novas e reemergentes*” - representadas por um novo atendimento sem observação histórica ou que estavam sem observação após um período de tempo superior a 180 dias.

Visualização das séries de interesse

As séries de interesse construídas (com e sem suavização) são monitoradas visualmente na forma de gráficos de séries temporais. Os quantis de controle, junto às sinalizações de variações geradas pelos modelos estatísticos, também foram inseridos na visualização. Os resultados foram reunidos em um painel interativo de acesso interno no CIE.

Para as análises foi utilizada a linguagem estatística R¹³ (versão 4.3.2) e os pacotes “*tidyverse*”¹⁴, “*mgcv*”¹⁵, “*shiny*”¹⁶, “*sendmailR*”¹⁷, e “*duckdb*”¹⁸.

Aspectos éticos

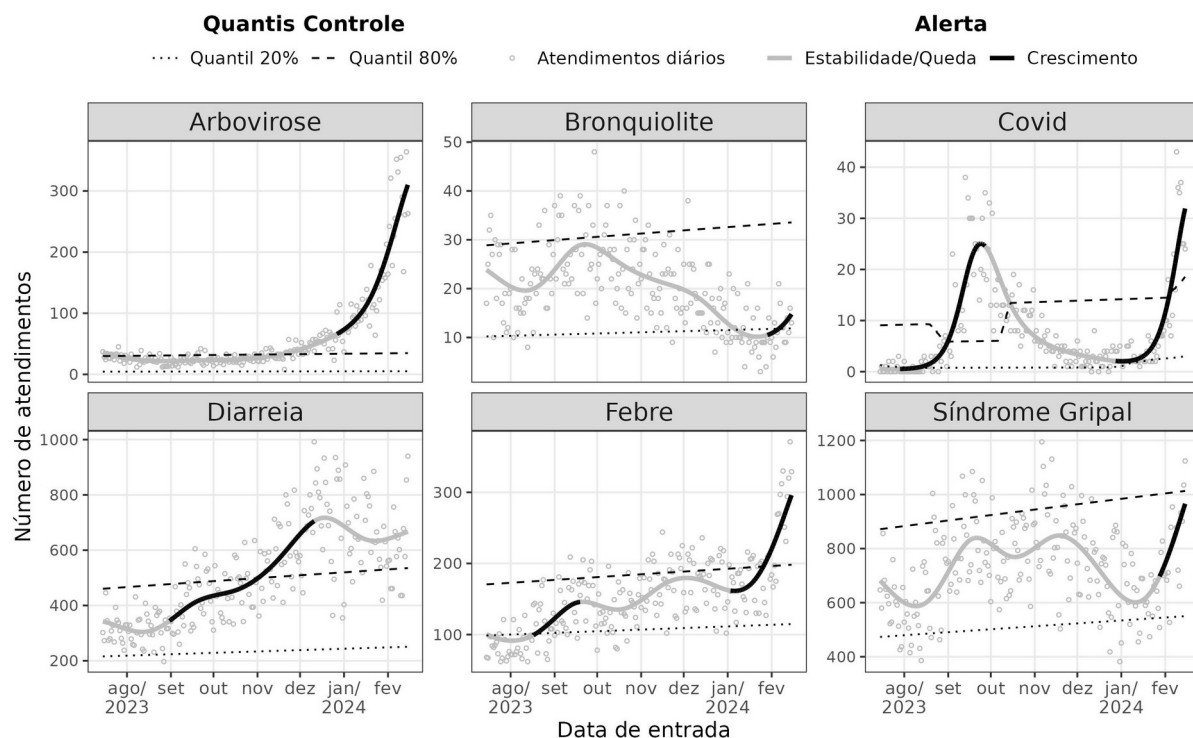
A utilização dos dados e desenvolvimento desse painel interativo foram contemplados em projeto aprovado sob o parecer nº 6.572.784 do Comitê de Ética em Pesquisa da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

Resultados

O monitoramento das séries de sintomas e síndromes de interesse à VS por meio do **Painel de Alertas** iniciou-se no Centro de Inteligência Epidemiológica em maio/2023. Na figura 1 encontra-se replicada a tela principal dessa ferramenta, onde visualizam-se seis séries temporais, que consolidam os atendimentos para arboviroses, bronquiolite, covid-19, diarreia e síndrome gripal realizados no período de julho a fevereiro/2024, nas unidades da RUE.

Os períodos com tendência de crescimento nas séries temporais foram destacados pela linha contínua na cor preta, enquanto as linhas tracejadas representam os quantis superior e inferior com base na série histórica. Em fevereiro/2024, apenas a série para diarreia apresentava estabilidade, mas com frequência de casos diários acima do esperado. Para as outras cinco séries apresentadas observam-se tendências de crescimento. O painel implantado no CIE permite acompanhar a contagem diária de atendimentos, as tendências obtidas através da suavização, os alertas de crescimento e os quantis de controle para um conjunto de 12 séries.

Figura 1. Atendimentos diários (círculos) e tendência suavizada (linha contínua) de seis séries monitoradas na Rede de Urgência e Emergência, MRJ. Período de 15/07/2023 à 15/02/2024.



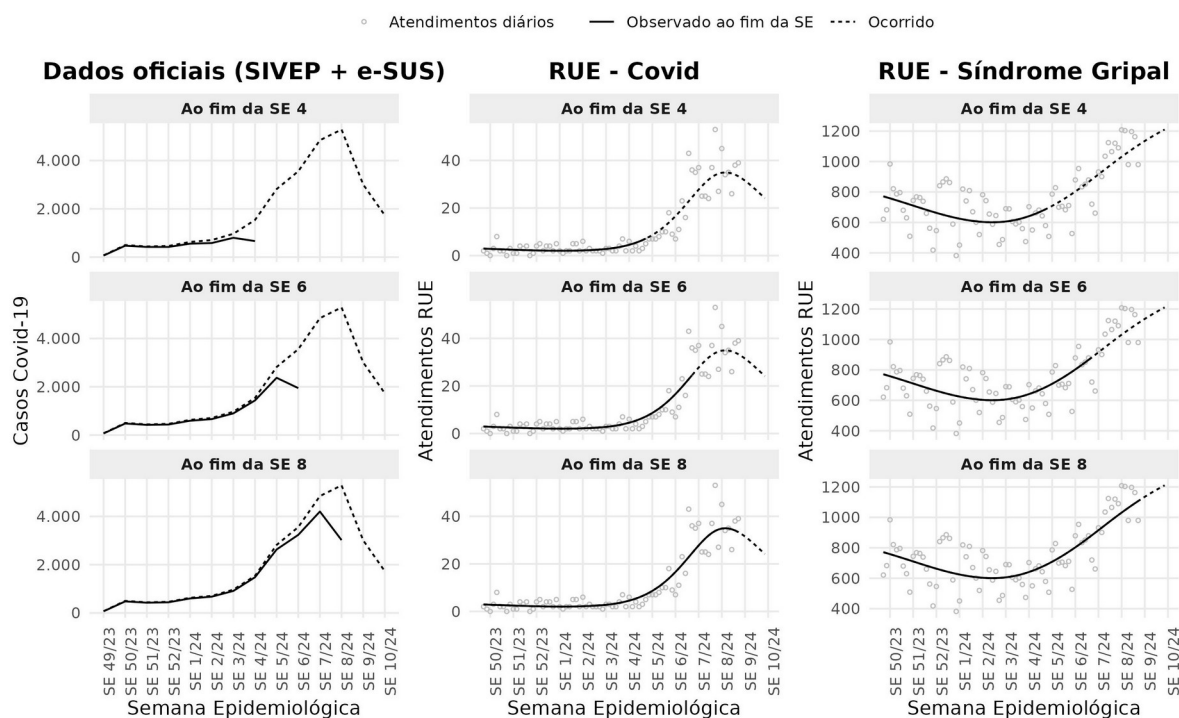
Fonte: Centro de Inteligência Epidemiológica; Elaborado em 16/02/2023.

Dados RUE frente ao SIVEP e E-SUS na antecipação do cenário epidemiológico

As tendências observadas por meio dos registros da RUE foram comparadas com os dados dos sistemas SIVEP-Gripe e e-SUS. Na figura 2 apresentam-se as séries semanais de Covid-19 obtidas pelo monitoramento das notificações de casos graves e leves e, ao lado, os atendimentos marcados com as categorias correspondentes à Covid-19 e Síndrome Gripal.

As observações foram divididas em três recortes distintos no tempo: o que era observado até a semana epidemiológica (SE) 4/2024, até a SE 6/2024 e até a SE 8/2024. Este período foi notoriamente marcado por um aumento nos casos de Covid-19 no município¹⁹. Observa-se que, ao final da SE 4/2024, um aumento nas tendências de atendimentos de Covid-19 e Síndrome Gripal pode ser verificado. Nas semanas seguintes, o padrão assemelha-se ao que seria observado posteriormente nos dados oficiais.

Figura 2. Tendências das séries dos dados oficiais de Covid-19 (SIVEP e e-SUS) e dos atendimentos diários da RUE (atendimentos por Síndrome gripal e Covid-19), no município do Rio de Janeiro, SEs 49/2023-10/2024.



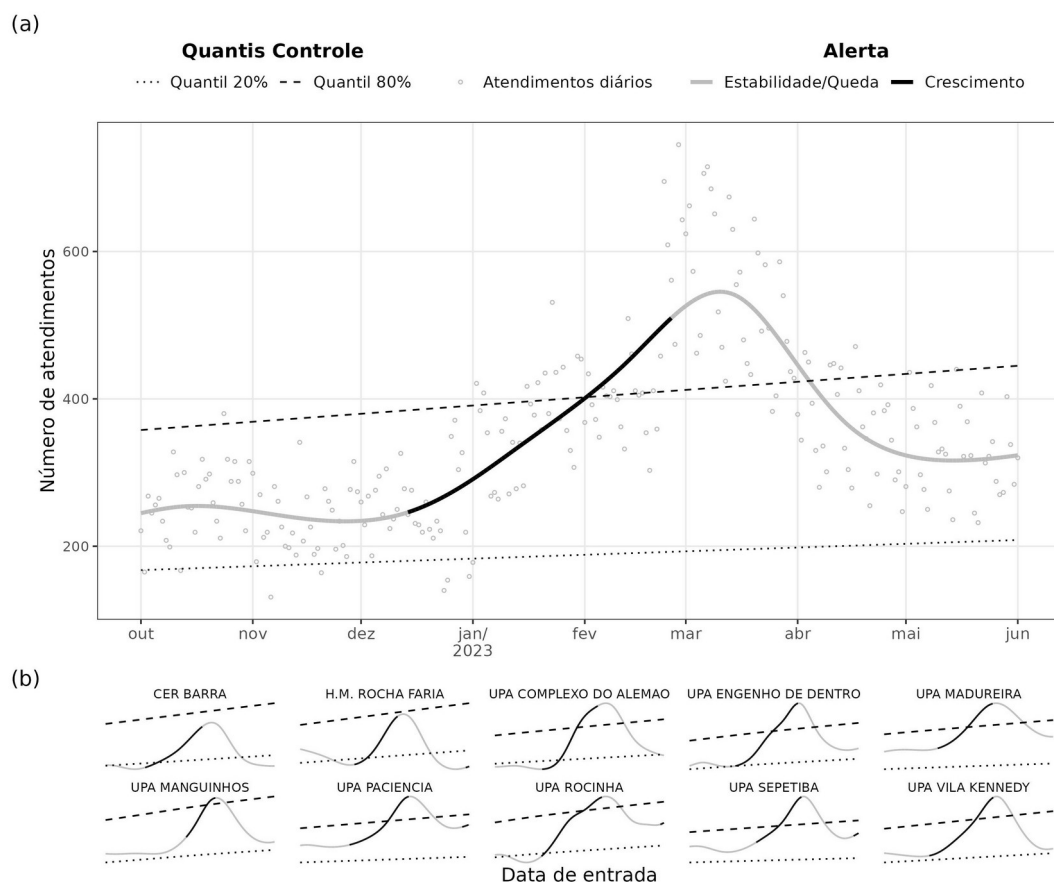
Fonte: Centro de Inteligência Epidemiológica; Elaborado em 16/02/2023.

Detecção precoce na ocorrência de casos de doença diarreica aguda (DDA)

O processo de detecção precoce foi descrito para o sinal observado em relação ao aumento de atendimentos por diarreia no MRJ em 2023. No processo tradicional da vigilância epidemiológica, um surto de diarreia só seria notificado ao Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) se configurado como tal, não havendo notificação de casos individuais. Na figura 3, exibe-se a série de atendimentos por diarreia na RUE e a tendência, entre os meses de outubro de 2022 a junho de 2023. Observa-se que a tendência gerou alerta de crescimento a partir de janeiro de 2023, ultrapassando o quantil histórico de 80% em fevereiro do mesmo ano. Observa-se também que o aumento se deu de forma semelhante entre as unidades de atendimento dos casos.

A detecção de crescimento dos casos gerou a verificação do sinal e deflagrou a ampliação das estratégias de vigilância relacionadas ao evento. No período de 16/02 a 20/03, foi estabelecida uma parceria com o laboratório Central de Saúde Pública e iniciou-se a coleta de amostras biológicas em diversas unidades. Essa ação visou detectar e identificar bactérias, vírus e parasitas relacionados à diarreia infecciosa, em circulação naquele momento. As coletas nas unidades sentinelas (rotina da vigilância) foram mantidas para fins de comparação dos patógenos identificados.

Figura 3. Número de atendimentos diários por Diarreia (pontos) e tendência suavizada (linha sólida) no município do Rio de Janeiro (a) e nas unidades (b). Outubro de 2022 a maio de 2023.

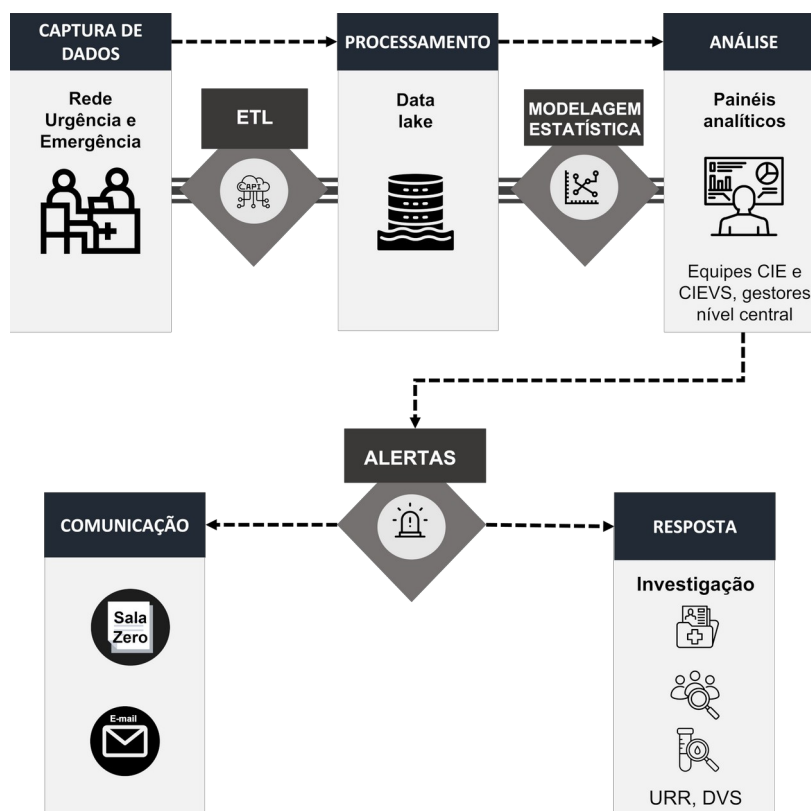


Fonte: Centro de Inteligência Epidemiológica; Elaborado em 16/02/2023.

Estratégia de resposta implantada pela Vigilância em Saúde

Os sinais das séries monitoradas na RUE, junto aos alertas de crescimento e patamares de tendência compõem uma estratégia da VS orientada para a detecção precoce e resposta a eventos de importância à Saúde Pública. No delineamento desse processo considerou-se a capacidade instalada da rede de VS para a verificação dos sinais identificados. Esse fluxo deflagrado frente a identificação de um sinal foi ilustrado na Figura 3. Na etapa de verificação do sinal, tanto as áreas técnicas da VS, quanto unidades de resposta rápida das 10 áreas de planejamento da cidade têm sido ativadas.

Figura 4. Detecção e resposta às possíveis ESP no MRJ



Fonte: Centro de Inteligência Epidemiológica; Elaboração própria.

Discussão

A utilização, o processamento e a modelagem de registros da RUE, assim como a estruturação de um painel de alertas, têm permitido o monitoramento rotineiro de eventos de interesse para a VS e favoreceu a identificação precoce e atuação oportuna em potenciais ESP. Essa estratégia está alinhada a uma abordagem moderna para a VS ao buscar diversificar as fontes de dados, as formas de consumo, tratamento e visualização das informações ^{5,6} e em conjunto com outros dados, aproxima-se da ideia de vigilância em mosaico ²⁰.

O Painel de Alertas foi elaborado com a exploração de um dado classificado na literatura como estruturado ⁶ e ao considerar perspectivas para uma abordagem mais avançada para a VS, trouxe avanços por incorporar métodos analíticos e possibilidade de visualização mais sofisticada para a área. Observou-se que as tendências temporais de atendimentos corresponderam aos padrões observados nos sistemas oficiais, como SIVEP-Gripe, e-SUS e SINAN. Contudo, tem-se considerável vantagem temporal ao utilizar os dados de atendimentos, visto que não houve atrasos envolvidos no processo de notificação, digitação e obtenção desses dados.

Na comparação entre casos de Covid-19 notificados (e-SUS e SIVEP) e atendimentos da RUE por Covid-19 e síndrome gripal, um aumento na tendência temporal da RUE foi perceptível ao final da SE 4/2024. O aumento também seria visualizado posteriormente nos dados oficiais, porém somente após a entrada das notificações ou com a aplicação de algum algoritmo de *nowcasting* ². Além da rápida identificação de sinais de crescimento, os dados de atendimentos indicaram

também mudanças de patamar, no geral. Na mesma situação, para a SE 8/24 foi possível identificar queda na curva de atendimentos de Covid-19, padrão que ainda não era nítido por meio dos dados oficiais, visto que quedas observadas nas semanas mais recentes podem ser resultantes de atraso de notificação. No caso específico da diarreia, o monitoramento da tendência de casos, seguido da identificação oportuna de patógenos causadores passou a ser possível, não dependendo da notificação de surtos para a ação de saúde pública.

O processo de obtenção, tratamento e modelagem dos dados permitiu que os alertas fossem sensíveis a variações diárias. Dessa forma, não depende-se da consolidação de dados semanais para identificação de mudanças no padrão e geração de alertas. A recuperação dos registros via API, além de trazer maior segurança para a transferência de dados, também contribui para a extração contínua e automatizada. No modelo implementado, a inclusão de um termo que captura o efeito do dia da semana permitiu o ajuste pelas diferenças nos atendimentos esperados em dias com mais e menos atendimentos. Contudo, o aumento da sensibilidade às mudanças nas curvas pode levar a geração de alertas que futuramente não se concretizam, caracterizando um efeito de borda. Em busca de evitar tal efeito, utilizam-se *splines* de complexidade penalizada ²¹. Uma alternativa para a quantificação da incerteza dos alertas seria a estimação de intervalos de credibilidade para as inclinações através de amostragem das tendências obtidas, permitindo a interpretação em termos de probabilidade de crescimento ou queda ²².

Embora os dados da RUE indiquem potencialidades na detecção precoce de possíveis emergências, tal estratégia pode ser fortalecida ao incluir também dados de atendimentos na Atenção Primária à Saúde (APS). Em outras iniciativas de implantação de sistemas de rápida resposta no Brasil, observou-se considerável correlação e antecipação dos sinais observados de doenças respiratórias na APS em relação aos dados oficiais ^{8,23}.

A dependência do uso do campo CID para construção das séries foi considerada um fator limitador, visto que designa-se apenas uma categoria para sumarizar o atendimento. Em determinadas situações investigadas, verificou-se também equívocos no momento da digitação do atendimento. Outras potencialidades mostram-se possíveis com a utilização de campos para além dos códigos da CID-10, como o campo aberto das queixas relatadas pelos pacientes. Em iniciativa de modelagem de atendimentos de emergência em Nova York, pôde-se identificar clusters sindrômicos de potencial emergência utilizando modelos de linguagem natural e técnica de *scan-clustering* ²⁴. Dessa forma, identifica-se o uso desse campo como promissor em passos futuros, podendo colaborar para a captura de sinais e síndromes sem depender da indicação da categoria da CID-10 pelo profissional de saúde.

Outro fator limitante é a disponibilidade de dados de apenas uma parcela das unidades de urgência e emergência no município, não incluindo unidades estaduais ou aquelas sem conexão com a interface de aplicação utilizada. Embora a representatividade dos dados para o município seja afetada, argumenta-se que o monitoramento cumpre seu papel quanto ao quesito de sensibilidade à mudança de tendências.

O desenvolvimento de um painel de alertas, a partir de dados assistenciais do SUS configura-se como uma ferramenta de grande utilidade para a gestão, a assistência e a vigilância em saúde. O painel promove uma cultura de monitoramento e permite a antecipação de ações estratégicas de respostas territoriais mais rápidas, por meio de um processo totalmente executado pela esfera municipal. Os achados apresentam nível de incerteza tolerável, pois estão acoplados a mecanismos de checagem desenvolvidos pela vigilância epidemiológica.

A possibilidade de expansão da ferramenta para outros locais dependerá do nível de informatização do município, assim como da capacidade técnica dos quadros municipais. Urge a mudança da característica passiva da vigilância em saúde, ao receber notificações e depois sair em campo. É possível detectar casos suspeitos por meio de buscas em tempo real em prontuários eletrônicos e utilizar mão-de-obra qualificada em respostas mais rápidas e mais coerentes com as ferramentas tecnológicas disponíveis atualmente.

Considerações finais

O processo de aquisição, tratamento e modelagem sobre os dados de urgência e emergência de forma sistematizada representou relevante avanço na detecção e ação rápida em possíveis emergências em saúde pública no MRJ. Desde 2023, múltiplos eventos de interesse resultaram em comunicação coordenada dentro da secretaria, algumas das quais levaram a investigação de campo, a partir de alertas observados no painel. A estratégia representa, portanto, um enorme ganho na identificação precoce de situações que não seriam identificadas rotineiramente ou seriam observadas após considerável intervalo de tempo, tornando-as inoportunas. A implementação do processo totalmente em software livre e de código aberto em todas as suas etapas é um aspecto que facilitou seu desenvolvimento e ampliação dentro da vigilância. Há diversas oportunidades de avanço na estratégia, que incluem ampliação da cobertura territorial dos dados, inclusão de dados de atenção primária e utilização de métodos de linguagem natural sobre campos abertos dos prontuários.

O monitoramento dos atendimentos da RUE por meio do painel de alertas trouxe ganhos à VS ao incorporar dados de fontes não tradicionais e também ao modificar substancialmente a forma de detectar eventos de importância em Saúde Pública.

Agradecimentos

Agradecemos ao Secretário de Saúde do Município do Rio de Janeiro Daniel Soranz, pelo apoio, incentivo e confiança no projeto durante toda sua execução e compromisso com a geração de informação oportuna para ação em saúde.

Referências

1. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica. 7º ed. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica; 2009.
2. Bastos LS, Economou T, Gomes MFC, Villela DAM, Coelho FC, Cruz OG,

- Stoner O, Bailey T, Codeço CT. A modelling approach for correcting reporting delays in disease surveillance data. *Stat Med*. 2019;38(22):4363–4377.
3. Stoner O, Economou T, Drummond Marques da Silva G. A Hierarchical Framework for Correcting Under-Reporting in Count Data. *J Am Stat Assoc*. Taylor & Francis; 2019 out 2;114(528):1481–1492.
4. Silva AD da, Gomes MF da C, Gregianini TS, Martins LG, Veiga ABG da. Machine learning in predicting severe acute respiratory infection outbreaks. *Cad Saúde Pública*. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2024 jan 8;40:e00122823.
5. Seeskin ZH, LeClere F, Ahn J, Williams JA. Uses of Alternative Data Sources for Public Health Statistics and Policymaking: Challenges and Opportunities. 2018;
6. Sahu KS, Majowicz SE, Dubin JA, Morita PP. NextGen Public Health Surveillance and the Internet of Things (IoT). *Front Public Health*. 2021 dez 3;9:756675.
7. Xu L, Zhou C, Luo S, Chan DK, McLaws ML, Liang W. Modernising infectious disease surveillance and an early-warning system: The need for China's action. *Lancet Reg Health - West Pac*. 2022 jun;23:100485.
8. Cerqueira-Silva T, Marcilio I, de Araújo Oliveira V, Tavares Veras Florentino P, Penna GO, Pereira Ramos PI, Boaventura VS, Barral-Netto M. Early detection of respiratory disease outbreaks through primary healthcare data. *J Glob Health*. 2023 nov 1;13:04124. PMID: PMC10623377
9. Cruz DMDO e, Carvalho LFD, Costa CMD, Aguilar GMO, Saraceni V, Cruz OG, Durovni B, Soranz DR, Oliveira Garcia MHD. Centro de operações de emergência na COVID-19: a experiência do município do Rio de Janeiro. *Rev Panam Salud Pública*. 2022 jan 27;46:1.
10. OPAS. As funções essenciais de saúde pública nas Américas - uma renovação para o século 21. Marco conceitual e descrição [Internet]. Washington (DC): Pan American Health Organization; 2022 [citado 2024 maio 7]. Recuperado de: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55678>
11. OMS. Early Warning Alert and Response in Emergencies: an operational guide [Internet]. Geneva; 2022 [citado 2024 maio 7]. Recuperado de: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/365730/9789240063587-eng.pdf?sequence=1>
12. Brasil. Ministério da Saúde [Internet]. Diário Oficial da União. Seç. 1, Portaria GM/MS Nº 3.148, de 6 de fevereiro de 2024 fev 6, 2024 p. 87. Recuperado de: <https://www.in.gov.br/web/dou>
13. R Development Core Team. a language and environment for statistical computing: reference index [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2010 [citado 2020 jun 17]. Recuperado de: <http://www.polsci.wvu.edu/duval/PS603/Notes/R/fullrefman.pdf>
14. Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, McGowan LD, François R, Golemund G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Pedersen TL, Miller E, Bache SM, Müller K, Ooms J, Robinson D, Seidel DP, Spinu V, Takahashi K, Vaughan D, Wilke C, Woo K, Yutani H. Welcome to the Tidyverse. *J Open Source Softw*. 2019 nov 21;4(43):1686.
15. Wood SN. Fast Stable Restricted Maximum Likelihood and Marginal Likelihood Estimation of Semiparametric Generalized Linear Models. *J R Stat Soc Ser B Stat Methodol*. 2011 jan 1;73(1):3–36.
16. Chang W, Cheng J, Allaire J, Sievert C, Schloerke B, Xie Y, Allen J, McPherson J, Dipert A, Borges B. shiny: Web Application Framework for R [Internet]. shiny:

- Web Application Framework for R. 2023. Recuperado de: <https://shiny.rstudio.com/>
17. Mersmann O, Weber Q, Barth M, Edvardsen A, Bartel A. sendmailR: Send Email Using R [Internet]. 2023 [citado 2024 maio 23]. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/sendmailR/index.html>
 18. Mühleisen H, Raasveldt. duckdb: DBI Package for the DuckDB Database Management System. 2024.
 19. INFOGRIPE. Boletim InfoGripe - semana 07/2024 [Internet]. Rio de Janeiro; 2024 fev. Recuperado de: <https://portal.fiocruz.br/documento/2024/02/boletim-infogripe-semana-07/2024>
 20. OMS. “Compor o mosaico”: um quadro para a robustez da vigilância dos vírus respiratórios com potencial epidêmico e pandêmico [“Crafting the mosaic”: a framework for resilient surveillance for respiratory viruses of epidemic and pandemic potential]. [Internet]. Genebra: OMS; 2023 [citado 2024 maio 7]. Recuperado de: <https://iris.who.int/handle/10665/373243>
 21. Durban M. Generalized Additive Models with P-splines [Internet]. Generalized Additive Models with P-splines. 2018 [citado 2024 fev 10]. Recuperado de: <https://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/durban/esp/web/cursos/Maringa/gam-markdown/Gams.html>
 22. Marra G, Wood SN. Coverage Properties of Confidence Intervals for Generalized Additive Model Components. *Scand J Stat*. 2012;39(1):53–74.
 23. de Araújo Oliveira V, Sironi A, Florentino PTV, Marcilio I, Cerqueira-Silva T, Flores-Ortiz R, Machado TM, Penna GO, Barreto M, Barral-Netto M. Syndromic Detection of Upper Respiratory Infections in Primary Healthcare as a Candidate for COVID-19 Early Warning in Brazil: A Retrospective Ecological Study [Internet]. Rochester, NY; 2023 [citado 2024 maio 10]. Recuperado de: <https://papers.ssrn.com/abstract=4364869>
 24. Nobles M, Lall R, Mathes RW, Neill DB. Presyndromic surveillance for improved detection of emerging public health threats. *Sci Adv. American Association for the Advancement of Science*; 2022 nov 4;8(44):eabm4920.

Contribuição dos autores

Conceituação: JHA Morais, DMO Cruz, V Saraceni, CD Ferreira, GMO Aguilar, OG Cruz

Curadoria de Dados: JHA Morais, OG Cruz

Análise Formal: JHA Morais, OG Cruz

Investigações: JHA Morais, DMO Cruz, V Saraceni, CD Ferreira, OG Cruz

Metodologia: JHA Morais, DMO Cruz, V Saraceni, CD Ferreira, OG Cruz

Administração do Projeto: V Saraceni, CD Ferreira, GMO Aguilar, OG Cruz

Recursos: CD Ferreira, GMO Aguilar

Software: JHA Morais, OG Cruz

Supervisão: V Saraceni, CD Ferreira, GMO Aguilar, OG Cruz

Validação: V Saraceni, CD Ferreira, OG Cruz

Visualização: JHA Morais

Redação - Rascunho Original: JHA Morais, DMO Cruz, V Saraceni, CD Ferreira, OG Cruz

Redação - Revisão e Edição: JHA Morais, DMO Cruz, V Saraceni, CD Ferreira, OG Cruz

Conflitos de interesse

Os autores declaram que não há conflitos de interesse envolvidos no trabalho realizado.

Disponibilidade de dados

Os dados que geraram os resultados deste estudo não podem ser disponibilizados publicamente por incluírem dados sensíveis e restritos à Secretaria de Saúde do município do Rio de Janeiro.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.