









Artigo Técnico

Estudo do esgoto de um município do sul de Minas Gerais: correlação de variáveis físicas e químicas, casos de COVID-19 e concentração do RNA de SARS-CoV-2

Study of the sewage from a municipality in southern Minas Gerais, Brazil: correlation of physical and chemical variables, COVID-19 cases, and SARS-CoV-2 RNA concentration

Mariana Aparecida de Freitas Abreu¹ , Juliano Curi de Siqueira¹ , Aline dos Reis Souza¹ ,
Marina Santos Ázara¹ , Bruna Coelho Lopes² , César Rossas Mota Filho² ,
Ana Maria Moreira Batista² , Paula Peixoto Assemany¹ , Camila Silva Franco¹ ,
Mateus Pimentel de Matos¹ , Marcelo Vieira da Silva Filho¹ , Luciene Alves Batista Siniscalchi^{1*} 

RESUMO

A epidemiologia baseada em esgotos é uma importante ferramenta de saúde pública com grande aplicabilidade no enfrentamento à pandemia de COVID-19, visto que indivíduos infectados são capazes de excretar partículas de SARS-CoV-2. Diante desse contexto, este estudo objetivou correlacionar o número de casos de COVID-19 com variáveis físicas e químicas e presença do vírus em amostras de esgoto bruto provenientes de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Lavras (MG) coletadas entre as 19^a e 25^a semanas epidemiológicas. As amostras foram concentradas pelo método de adsorção em membrana eletronegativa, e o RNA de SARS-CoV-2 foi extraído, detectado e quantificado por reação da transcriptase reversa seguida pela reação em cadeia da polimerase (RT-qPCR) utilizando-se oligonucleotídeos e sondas para o gene N. Ademais, as variáveis pH, sólidos suspensos totais e demanda química de oxigênio foram avaliadas. Os casos de COVID-19 foram obtidos de boletins epidemiológicos disponibilizados pela prefeitura. Na 24^a semana epidemiológica, observou-se redução na concentração viral (cópias L⁻¹) concomitantemente às medidas de enfrentamento à pandemia iniciadas pelo município. Correlação positiva forte e significativa ($p < 0,05$) entre carga viral e número de casos confirmados foi obtida por meio do teste de Spearman, entretanto não houve correlação entre a presença do vírus e as características físicas e químicas do esgoto. Sugere-se, portanto, que novas pesquisas sejam realizadas com a finalidade de rastrear a concentração de SARS-CoV-2 em águas residuárias, corroborando, desse modo, com o enfrentamento à pandemia e a obtenção de sistemas de vigilância epidemiológica por meio do monitoramento de esgotos.

Palavras-chave: SARS-CoV-2; efluente sanitário; epidemiologia baseada em esgotos; pandemia.

ABSTRACT

Wastewater-based epidemiology is an important public health tool with great applicability when facing the COVID-19 pandemic, since infected individuals are able to excrete SARS-CoV-2 particles. In this context, this study aimed to correlate the number of cases of COVID-19 with physical and chemical variables and the presence of the virus in raw sewage samples from a sewage treatment plant (STP) in the municipality of Lavras, Minas Gerais, Brazil, collected between the 19th and 25th epidemiological weeks. The samples were concentrated by electronegative membrane adsorption method and SARS-CoV-2 RNA was extracted, detected, and quantified by RT-qPCR using oligonucleotides and probes for the N gene. Moreover, the variables pH, total suspended solids, and chemical oxygen demand were evaluated. COVID-19 cases were obtained from epidemiological bulletins made available by the municipal government. From the 24th epidemiological week on, a reduction in viral concentration (copies L⁻¹) was observed concomitantly with the pandemic response countermeasures initiated by the municipality. A strong and significant positive correlation ($p < 0.05$) between viral load and number of confirmed cases was obtained through Spearman's test. However, there was no correlation between the presence of the virus and the physical and chemical characteristics of the sewage. Therefore, it is suggested that further research be carried out in order to track SARS-CoV-2 concentrations in wastewater, thus corroborating with the fight against the pandemic and the achievement of epidemiological surveillance systems based on sewage monitoring.

Keywords: SARS-CoV-2; sanitary effluent; wastewater-based epidemiology; pandemic.

¹Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental - Lavras (MG), Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Ambiental - Belo Horizonte (MG), Brasil.

*Autora correspondente: luciene.batista@ufla.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, projeto TEC APQ 03060/21.

Recebido: 12/01/2022 - **Aceito:** 01/05/2022 - **Reg. ABES:** 20220006

INTRODUÇÃO

Um novo coronavírus causador da síndrome respiratória aguda grave-coronavirus-2 (SARS-CoV-2) foi identificado, no fim do ano de 2019, como o agente etiológico da doença do coronavírus 2019 (COVID-19) (NEMUDRYI *et al.*, 2020; ZHU *et al.*, 2020; WHO, 2021). Esse vírus espalhou-se rapidamente pelo mundo, e, em março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou a COVID-19 como uma pandemia (CDC, 2020). Uma característica fundamental que contribuiu para o estabelecimento desse cenário foi que o SARS-CoV-2 pode ser excretado antes que os sintomas apareçam em indivíduos infectados, o que é consideravelmente agravado por causa da elevada proporção geral assintomática (> 30% entre os infectados) (NISHIURA *et al.*, 2020). Até 6 de janeiro de 2022, mais de 290 milhões de casos foram relatados em todo o mundo, com quase seis milhões de mortes (WHO, 2021).

O Brasil, por exemplo, confirmou o primeiro caso de COVID-19 na cidade de São Paulo (SP) em 26 de fevereiro de 2020, e uma semana depois o Rio de Janeiro registrou outro caso (BRASIL, 2020; PRADO *et al.*, 2021). Após quase dois anos, em janeiro de 2022, o número de casos no país ultrapassou 22 milhões, com mais de 615 mil óbitos confirmados, resultando na classificação do Brasil como o terceiro país com o maior número de casos confirmados, atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia (WHO, 2021). Na Região Sudeste do país, no sul do estado de Minas Gerais, localiza-se o município de Lavras. A cidade possui população estimada de 105.756 habitantes, área total de 564,7 km², densidade populacional de 163,26 habitantes por km² e 94,6% de domicílios atendidos com esgotamento sanitário (IBGE, 2022). Em janeiro de 2022, o município tinha registrado mais de nove mil casos e 173 óbitos em decorrência da COVID-19 (BRASIL, 2022).

Indivíduos infectados por SARS-CoV-2 podem desenvolver, entre o segundo e o 14º dia após a exposição ao vírus, sintomas como febre, tosse e falta de ar, acompanhados por uma alta taxa de eliminação viral através de gotículas de tosse e espirro e evacuação de fezes e urina (LONG *et al.*, 2020). Além disso, a liberação de vírus por portadores de COVID-19 assintomáticos ou sintomáticos leves também é comum (GAO *et al.*, 2021). Desse modo, as principais vias de transmissão do SARS-CoV-2 são o contato pessoa a pessoa e a inalação de gotículas emitidas por infectados (DINNON *et al.*, 2020; LI *et al.*, 2020).

O vírus demonstrou permanecer estável e viável em solução salina e sob diversas condições ambientais, incluindo fezes humanas (SHUTLER *et al.*, 2021). O ácido ribonucleico (RNA) do SARS-CoV-2 foi detectado em urina, esfregaços anais e retais e fezes de pacientes sintomáticos e assintomáticos (HOLSHUE *et al.*, 2020; JIEHAO *et al.*, 2020; TANG *et al.*, 2020; WÖLFEL *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2020a; ZHANG, 2020b; GAO *et al.*, 2021). Nesse sentido, a concentração de RNA viral nas fezes humanas pode chegar a 10⁸ cópias por grama de fezes, com possibilidade de detecção em 81,8% dos casos, mesmo com um resultado de esfregaço de garganta negativo (LESCURE *et al.*, 2020; LING *et al.*, 2020; PAN *et al.*, 2020; WÖLFEL *et al.*, 2020). Por essa razão, o SARS-CoV-2 pôde ser encontrado em águas residuárias domésticas de diversos países, e as cargas virais em esgoto bruto são provavelmente maiores em regiões com altas taxas de infecção (KITAJIMA *et al.*, 2020). Do mesmo modo, águas *in natura*, principalmente que recebem despejos de esgoto não tratado, podem conter partículas do vírus. Diante desse contexto, as evidências disponíveis indicam a necessidade de uma melhor compreensão do papel dos esgotos e das águas como potenciais fontes de dados epidemiológicos e como um

fator de risco para a saúde pública (AMIRIAN, 2020; KITAJIMA *et al.*, 2020; NADDEO; LIU, 2020; RIMOLDI *et al.*, 2020).

A COVID-19 continua a ser um desafio para a sociedade. Portanto, é necessária a implementação de contramedidas adequadas que visem minimizar o risco de propagação viral. Dessa maneira, pesquisas sobre a presença de SARS-CoV-2 em amostras ambientais (*e.g.*, esgoto e água) se mostram fundamentais para o rastreamento do vírus na população humana, possibilitando, assim, que os órgãos sanitários responsáveis balizem ações epidemiológicas mais precisas (SHARMA *et al.*, 2021). Nesse cenário, a epidemiologia baseada em esgotos, ou *wastewater-based epidemiology* (WBE), é uma ferramenta de saúde pública que consiste na verificação da concentração de patógenos excretados no esgoto, permitindo, desse modo, rastrear sua circulação e estimar o número de infectados na população (MAO *et al.*, 2020; POLO *et al.*, 2020). Quando se trata de SARS-CoV-2, é possível identificar a ocorrência inicial ou reemergência de casos de COVID-19 em uma comunidade local, além de caracterizar tendências na incidência ou prevalência e até mesmo complementar dados de ocorrência de casos para avaliar a cobertura de testes clínicos, uma vez que a detecção pode cobrir infecções assintomáticas e sintomáticas (MEDEMA *et al.*, 2020; WRF, 2020).

Em razão das vantagens de sua aplicabilidade, como custos reduzidos em relação à testagem convencional individual e a possível detecção de portadores assintomáticos, a WBE vem sendo utilizada no acompanhamento de casos de COVID-19 na população de países como Espanha, Holanda, China, Estados Unidos, entre outros (CHERNICHARO *et al.*, 2020; BONANNO FERRARO *et al.*, 2021; NAUGHTON *et al.*, 2021; SCHMITZ *et al.*, 2021). No Brasil, a ação é realizada nas capitais Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Fortaleza (CE), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ) e Brasília (DF) por meio do Projeto Rede Monitoramento COVID Esgotos, uma iniciativa conjunta da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT ETEs Sustentáveis) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (CHERNICHARO *et al.*, 2020). Ademais, é importante enfatizar que diversas cidades e municípios brasileiros que não fazem parte da rede nacional também estão desenvolvendo pesquisas importantes nesse campo.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivos detectar e quantificar, mediante diagnóstico molecular, a carga viral de SARS-CoV-2 em amostras de esgoto bruto do município de Lavras, correlacionando-a com o número de casos clínicos na cidade e com características físicas e químicas do esgoto, como pH e teores de matéria orgânica e de sólidos.

METODOLOGIA

As amostras de esgoto bruto foram coletadas na entrada da estação de tratamento de esgoto (ETE) Água Limpa, responsável pelo tratamento de esgoto proveniente de parte do município de Lavras (latitude 21°14'43" S e longitude 44°59'59" O). A ETE Água Limpa é gerenciada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). A amostragem foi realizada por oito horas seguidas utilizando-se frascos estéreis para armazenamento. Em cada ponto amostral, uma alíquota foi coletada a cada 15-30 min para amostragem composta, totalizando 5 L de esgoto. As coletas foram conduzidas entre as semanas epidemiológicas de números 19 e 25, com exceção da 23ª semana, totalizando seis amostras de esgoto para posterior análise de parâmetros físicos, químicos e moleculares (SINAN, 2021).

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia Aplicada ao Saneamento e para o Laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Acondicionaram-se as amostras em freezer a -20°C até a etapa de concentração viral, a qual foi realizada pelo método de filtração em membrana eletronegativa utilizando-se 250 mL do efluente. Posteriormente, o RNA viral foi extraído por meio do *kit* AllPrep PowerViral DNA/RNA (QIAGEN, Alemanha).

A detecção de presença do RNA de SARS-CoV-2 ocorreu por meio de uma parceria com o Laboratório de Microbiologia da UFMG. Para isso, aplicou-se a reação da transcriptase reversa seguida pela reação em cadeia da polimerase (*reverse transcription-polymerase chain reaction* — RT-qPCR). Seguiu-se o protocolo fornecido pelo Centro de Prevenção e Controle de Doenças (CDC, 2021) para emprego de sondas e *primers* que correspondem à região N1 do gene N do SARS-CoV-2, fornecidos pela Integrated DNA Technologies (IDT) (*2019-nCoV Positive Control*). A reação de qPCR foi realizada de acordo com as orientações do *kit* iTaq Universal Probes One-Step Kit (Biorad). A curva padrão para quantificação foi elaborada com o controle positivo disponibilizado pela IDT, com diluições seriadas de 10X, totalizando seis pontos. Para a quantificação de RNA, utilizou-se o equipamento QuantStudio 1 Real-Time PCR System (ThermoFisher). Os valores de eficiência da reação e o coeficiente de determinação (R^2) foram de 93,84% e 0,999, respectivamente.

No sentido de complementar os resultados alcançados de RT-qPCR, fez-se semanalmente a caracterização física e química das amostras de esgoto, acompanhando a quantificação de carga viral de SARS-CoV-2. As variáveis analisadas nos laboratórios supracitados da UFLA foram:

- pH, pelo método potenciométrico;
- sólidos suspensos totais (SST), por gravimetria;
- demanda química de oxigênio (DQO), por colorimetria após digestão em refluxo fechado (APHA; AWWA; WEF, 2012).

Os números de casos confirmados de COVID-19 entre a 19ª e a 25ª semana epidemiológica foram obtidos diretamente de 59 boletins epidemiológicos disponibilizados pela Prefeitura de Lavras (2021). Esses casos corresponderam a totalidade de testes positivos realizados no município, em laboratórios públicos e privados. No total, nos meses de maio e junho de 2021, foram registrados 3.585 casos confirmados de COVID-19 na cidade.

As correlações entre as características físicas e químicas e a carga viral de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto foram avaliadas por meio do teste de Spearman (não paramétrico). A normalidade dos dados foi testada pelo teste W de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; FRANCA, 1972). Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo *software* JAMOVI versão 1.6.23 e pela linguagem de programação R versão 3.6.3, ambos gratuitos (R CORE TEAM, 2020; THE JAMOVI PROJECT, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e químicas e da carga viral de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto bruto coletadas entre a 19ª e a 25ª semana epidemiológica estão apresentados na Tabela 1.

Ao analisar as semanas epidemiológicas de forma individual na Tabela 1, nota-se que na 20ª semana Lavras registrou 388 casos de pacientes que testaram positivo para COVID-19 (notificados nos boletins epidemiológicos disponibilizados pela prefeitura). Nessa mesma semana, a concentração de vírus foi de 13.757 cópias L^{-1} . Na semana seguinte, o município registrou aumento considerável de indivíduos que testaram positivo para a doença (720 casos). Esses dados sugerem que indivíduos assintomáticos e/ou sintomáticos podem iniciar a liberação do SARS-CoV-2 nas fezes de três a sete dias após o contágio, antes de qualquer tipo de manifestação clínica (BUSCARINI *et al.*, 2020; HE *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2020).

Na 24ª semana epidemiológica, pode-se observar uma queda no valor de concentração viral em comparação com a 22ª semana (Tabela 1). Coincidentemente,

Tabela 1 – Número de casos registrados de COVID-19 em Lavras (MG) entre a 19ª e a 25ª semana epidemiológica (SINAN, 2021) e caracterização física, química e molecular de amostras de esgoto bruto.

| Semana epidemiológica | pH | SST (mg L^{-1}) | DQO (mg L^{-1}) | SARS-CoV-2 (cópias L^{-1}) | Casos registrados |
|-----------------------|-------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 19 | 7,64 | 268 | 651 | 4.012 | 379 |
| 20 | 7,56 | 260 | 700 | 13.757 | 388 |
| 21 | 7,08 | 125 | 399 | 4.527 | 720 |
| 22 | 7,00 | 175 | 707 | 14.710 | 655 |
| 24 | 7,18 | 253 | 641 | 1.539 | 342 |
| 25 | 7,13 | 255 | 663 | 1.285 | 280 |
| N | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Média | 7,26 | 223 | 627 | 6.638 | 461 |
| Mediana | 7,15 | 254 | 657 | 4.270 | 384 |
| Desvio padrão | 0,267 | 58,7 | 115 | 6.031 | 181 |
| Mínimo | 7,00 | 125 | 399 | 1.285 | 280 |
| Máximo | 7,64 | 268 | 707 | 14.710 | 720 |
| Shapiro-Wilk W | 0,848 | 0,781 | 0,707 | 0,806 | 0,843 |
| Shapiro-Wilk p | 0,152 | 0,039 | 0,007 | 0,067 | 0,139 |

SST: sólidos suspensos totais; DQO: demanda química de oxigênio.

a prefeitura, após a 21ª semana, estabeleceu um *lockdown* no município por meio do Decreto nº 15.792, de 28 de maio de 2021 (PREFEITURA DE LAVRAS, 2021). Além disso, também nessa semana epidemiológica, a prefeitura publicou o Decreto nº 15.797, de 4 de junho de 2021, o qual apresentou as diretrizes para o município aderir à onda vermelha do Plano Estadual Minas Consciente (PREFEITURA DE LAVRAS, 2021). Nesse contexto, após a saída do município do *lockdown* e o retorno à onda vermelha, constatou-se redução na concentração de SARS-CoV-2 das amostras de esgoto coletadas nas 24ª e 25ª semanas.

Na Tabela 1, são reportados ainda os resultados de análise estatística descritiva das variáveis físicas e químicas e da carga viral de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto. Com a realização do teste de Shapiro-Wilk, observou-se que somente as variáveis SST e DQO apresentaram distribuição normal ($p < 0,05$). Desse modo, para a análise de correlação entre as variáveis, selecionou-se o teste de Spearman. A correlação de Spearman foi avaliada utilizando-se todos os dados físicos e químicos e de concentração viral. Ao considerar a hipótese H_0 de que existe correlação positiva entre os parâmetros, constatou-se correlação significativa ($p < 0,05$) entre a concentração de SARS-CoV-2 e o número de casos de COVID-19 registrados e também entre as variáveis pH e SST (Tabela 2). Ademais, para ambos os casos a correlação foi forte, uma vez que o coeficiente de correlação de Spearman foi maior que 0,750. Em contrapartida, evidencia-se que não houve correlação entre as variáveis físicas e químicas monitoradas com a carga de SARS-CoV-2 no esgoto ou com os números de casos de COVID-19 no município.

Conforme reportado na Tabela 2, as variáveis pH e SST apresentaram correlação positiva ($p < 0,05$). Os sólidos podem ser classificados, quanto às suas características físicas, em suspensos, coloidais e dissolvidos. No caso da fração suspensa (SST), esta indica a porção com dimensão superior a 1,2 μm retida após filtração, podendo ser um parâmetro utilizado para descrever a extensão dos níveis de poluição em águas residuárias. Por sua vez, o pH indica as propriedades básicas ou ácidas do meio, e as amostras de esgoto bruto coletadas na ETE Água Limpa exibiram valores próximos à neutralidade (Tabela 1). Essa variável tem influência direta em diversos processos físicos, químicos e bioquímicos que ocorrem no esgoto, sendo significativamente relacionada à oxidação biológica de matéria orgânica e de metais pesados e na distribuição e composição de comunidades microbianas (WANG *et al.*, 2012; VON SPERLING, 2014; ANIYIKAIYE *et al.*, 2019).

Por outro lado, não foram observadas correlações significativas entre as variáveis avaliadas (pH, DQO e SST) e a carga viral detectada no presente trabalho (Tabela 2), embora a literatura científica reporte que a concentração de SARS-CoV-2 pode ser influenciada pelas características físicas e químicas do esgoto (AMOAHA *et al.*, 2022). Essas observações podem ser justificadas pelo fato de o esgoto ser uma matriz complexa que possui variados aspectos capazes de afetar a estabilidade do vírus, tais como temperatura, luz ultravioleta, pH, cátions e ânions inorgânicos, surfactantes, interação microbiana antagonista, entre outros. Portanto, cada esgoto terá uma composição rica, complexa e diferente entre si, refletindo ainda hábitos de vida e características socioeconômicas da população contemplada com o serviço de coleta (AUFFRET *et al.*, 2019; AMOAHA *et al.*, 2022).

Estudos já demonstraram que as águas residuárias domésticas podem conter fragmentos de RNA e partículas viáveis de SARS-CoV-2, apesar de o potencial infeccioso por essa via ainda não ter sido confirmado (BIVINS *et al.*, 2021; LANGONE *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; SHARIF *et al.*, 2021). Além disso, por meio de análise de dados de concentração de SARS-CoV-2 em esgoto, vários estudos encontraram correlação positiva entre a concentração viral e o número de casos de COVID-19 ativos (AHMED *et al.*, 2020; GONZALEZ *et al.*, 2020). No presente trabalho, a concentração viral de SARS-CoV-2 demonstrou forte correlação com o número de casos confirmados registrados no município de Lavras (Tabela 2). Além disso, as ações de enfrentamento à pandemia conduzidas pela prefeitura podem ter levado à diminuição do número de indivíduos infectados, uma vez que se observou redução na concentração de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto coletadas durante o período de *lockdown* da cidade e também no número de casos de COVID-19 registrados.

Nesse contexto, a WBE tem papel importante no fornecimento de dados sobre a disseminação de SARS-CoV-2 em populações e no auxílio das ações de governos e autoridades sanitárias locais. Essa ferramenta epidemiológica tem a capacidade de alertar precocemente para um estágio inicial de incidência de casos de COVID-19, pois as partículas virais podem ser excretadas nas fezes e urina dos infectados antes mesmo do surgimento de sintomas e do diagnóstico clínico de COVID-19 (LODDER; RODA HUSMAN, 2020; SIMS; KASPRZYK-HORDERN, 2020). Portanto, caso a amostragem e a quantificação viral do esgoto sejam procedidas adequadamente, a WBE pode funcionar

Tabela 2 – Coeficientes de correlação de postos de Spearman (ρ) entre variáveis físicas e químicas e concentração de SARS-CoV-2 em amostras de esgoto e número de casos de COVID-19 no município de Lavras (MG) entre as semanas epidemiológicas 19 e 25.

| | | SARS-CoV-2 (cópias L ⁻¹) | Casos registrados | SST (mg L ⁻¹) | DQO (mg L ⁻¹) | pH |
|---|--------------------|---|----------------------|------------------------------|------------------------------|----|
| SARS-CoV-2 (cópias L ⁻¹) | ρ de Spearman | – | | | | |
| | Valor p | – | | | | |
| Casos registrados | ρ de Spearman | 0,829* | – | | | |
| | Valor p | 0,029 | – | | | |
| SST (mg L ⁻¹) | ρ de Spearman | -0,257 | -0,543 | – | | |
| | Valor p | 0,718 | 0,879 | – | | |
| DQO (mg L ⁻¹) | ρ de Spearman | 0,486 | -0,029 | 0,257 | – | |
| | Valor p | 0,178 | 0,540 | 0,329 | – | |
| pH | ρ de Spearman | -0,314 | -0,429 | 0,886 [†] | -0,143 | – |
| | Valor p | 0,751 | 0,822 | 0,017 | 0,643 | – |

SST: sólidos suspensos totais; DQO: demanda química de oxigênio; H_0 : correlação positiva; * $p < 0,05$.

como um sistema de alerta precoce para eventuais aumentos de incidência de casos de COVID-19 em uma região, fornecendo informações para a tomada de decisão por autoridades sanitárias locais de ações de prevenção de contaminação em massa da população. Além disso, dado o alerta, o sistema de saúde local pode se planejar antecipadamente para ampliar a disponibilidade de leitos hospitalares, reduzindo, por consequência, o número de óbitos decorrentes da doença (ZHU *et al.*, 2021).

No atual cenário pandêmico, como os testes de diagnósticos clínicos clássicos para detectar o SARS-CoV-2 em indivíduos são limitados por fatores como despesas com suprimentos, proporção de pessoas testadas e não testadas e incapacidade de testagem de uma grande população com urgência, a WBE apresenta-se como uma ferramenta útil, especialmente onde os recursos técnicos e financeiros são escassos, indisponíveis ou ineficientes (CHERNICHARO *et al.*, 2020; SHARMA *et al.*, 2021). Em vista disso, os resultados apresentados no presente estudo reforçam a importância do monitoramento epidemiológico do esgoto para o enfrentamento à pandemia de COVID-19.

CONCLUSÕES

O monitoramento epidemiológico do esgoto (WBE) possibilitou acompanhar a propagação e a dinâmica da COVID-19 no município de Lavras, uma vez que a concentração de partículas de SARS-CoV-2 nas amostras de esgoto bruto coletadas demonstrou forte correlação com o número de casos da doença registrados no período de avaliação, entretanto não houve correlação significativa entre as características físicas e químicas do esgoto (pH, DQO e SST) e o número de infectados, em divergência aos resultados reportados na literatura científica.

Ademais, a WBE mostra-se uma abordagem promissora para estimar o número de infectados por SARS-CoV-2 em uma localidade, ao passo que grande parte dos indivíduos acometidos pela COVID-19, incluindo portadores

assintomáticos e sintomáticos, excreta partículas virais no esgoto. Portanto, a aplicação dessa técnica de monitoramento epidemiológico pode auxiliar na tomada de decisão precoce pelas autoridades sanitárias públicas e privadas locais da implementação de medidas preventivas e assertivas, evitando-se, assim, a contaminação em massa. Nessa perspectiva, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas com a finalidade de avaliar a funcionalidade da WBE em diferentes localidades, favorecendo, dessa maneira, o estabelecimento de sistemas de vigilância epidemiológica ativos e confiáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig TEC APQ 03060/21), da UFLA, da UFMG e da Copasa.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Abreu, M.A.F.: Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição, Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia. Siqueira, J.C.: Escrita — Revisão e Edição, Conceituação, Análise Formal, Investigação, Metodologia. Souza, A.R.: Escrita — Primeira Redação, Conceituação, Investigação, Metodologia. Ázara, M.S.: Investigação, Metodologia. Lopes, B.C.: Escrita — Primeira Redação, Conceituação, Análise Formal, Supervisão. Mota Filho, C.R.: Conceituação, Supervisão. Batista, A.M.M.: Conceituação, Supervisão. Assemany, P.P.: Escrita — Revisão e Edição, Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Administração do Projeto, Supervisão. Franco, C.S.: Conceituação, Supervisão. Matos, M.P.: Conceituação, Supervisão. Silva Filho, M.V.: Conceituação, Supervisão. Siniscalchi, L.A.B.: Escrita — Primeira Redação, Escrita — Revisão e Edição, Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Administração do Projeto, Recursos, Supervisão.

REFERÊNCIAS

- AHMED, W.; ANGEL, N.; EDSON, J.; BIBBY, K.; BIVINS, A.; O'BRIEN, J.K.; CHOI, P.M.; KITAJIMA, M.; SIMPSON, S.L.; LI, J.; TSCHARKE, B.; VERHAGEN, R.; SMITH, W.J.M.; ZAUGG, J.; DIERENS, L.; HUGENHOLTZ, P.; THOMAS, K.V.; MUELLER, J.F. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: a proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of The Total Environment*, v. 728, 138764, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington, DC.: APHA/AWWA/WEF, 2012. 1496 p.
- AMIRIAN, E.S. Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health. *International Journal of Infectious Diseases*, v. 95, p. 363-370, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.057>
- AMOAH, I.D.; ABUNAMA, T.; AWOLUSI, O.O.; PILLAY, L.; PILLAY, K.; KUMARI, S.; BUX, F. Effect of selected wastewater characteristics on estimation of SARS-CoV-2 viral load in wastewater. *Environmental Research*, v. 203, p. 111877, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111877>
- ANIYIKAIYE, T.E.; OLUSEYI, T.; ODIYO, J.O.; EDOKPAYI, J.N. Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 7, p. 1235, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071235>
- AUFFRET, M.D.; BRASSARD, J.; JONES, T.H.; GAGNON, N.; GAGNÉ, M.-J.; MUEHLHAUSER, V.; MASSE, L.; TOPP, E.; TALBOT, G. Impact of seasonal temperature transition, alkalinity and other abiotic factors on the persistence of viruses in swine and dairy manures. *Science of the Total Environment*, v. 659, p. 640-648, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.306>
- BIVINS, A.; GREAVES, J.; FISCHER, R.; YINDA, K.C.; AHMED, W.; KITAJIMA, M.; MUNSTER, V. J.; BIBBY, K. Persistence of SARS-CoV-2 in water and wastewater. *Environmental Science & Technology*, v. 7, n. 12, p. 937-942, 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00730>

- BONANNO FERRARO, G.; VENERI, C.; MANCINI, P.; IACONELLI, M.; SUFFREDINI, E.; BONADONNA, L.; LUCENTINI, L.; BOWO-NGANDJI, A.; KENGNE-NDE, C.; MBAGA, D.S.; MAHAMAT, G.; TAZOKONG, H.R.; EBOGO-BELOBO, J.T.; NJOUOM, R.; KENMOE, S.; ROSA, G. A state-of-the-art scoping review on SARS-CoV-2 in sewage focusing on the potential of wastewater surveillance for the monitoring of the COVID-19 pandemic. *Food and Environmental Virology*, p. 1-40, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12560-021-09498-6>
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Brasil confirma primeiro caso do novo coronavírus*. Brasil: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2020/02/brasil-confirma-primeiro-caso-do-novo-coronavirus>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *COVID-19 - Painel Coronavírus*. Brasil: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br>. Acesso em: 6 jan. 2022.
- BUSCARINI, E.; MANFREDI, G.; BRAMBILLA, G.; MENOZZI, F.; LONDONI, C.; ALICANTE, S.; IIRITANO, E.; ROMEO, S.; PEDACI, M.; BENELLI, G.; CANETTA, C.; PIANA, G.; MERLI, G.; SCARTABELLATI, A.; VIGANÒ, G.; SFOGLIARINI, R.; MELILLI, G.; ASSANDRI, R.; CAZZATO, D.; ROSSI, D.S.; USAI, S.; TRAMACERE, I.; PELLEGGATA, G.; LAURIA, G. GI symptoms as early signs of COVID-19 in hospitalised Italian patients. *Gut*, v. 69, n. 8, p. 1547-1548, 2020. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-321434>
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *CDC 2019 - Novel Coronavirus (2019-nCoV) Real-Time RT-PCR Diagnostic Panel*. Estados Unidos: CDC, 2021. Disponível em: <https://www.fda.gov/media/134922/download>. Acesso em: 5 mar. 2022.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). CDC COVID-19 Response Team. Severe outcomes among patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19) – United States, February 12–March 16, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, v. 69, n. 12, p. 343-346, 2020. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6912e2>
- CHERNICHARO, C.A. de L.; MOTA FILHO, C.R.; CAVALCANTI, D.L.; ARAÚJO, J.C.; LOBATO, L.C.S.; SILVA, L.A.C.; FUECKNER, M.A.; REIS, M.T.P.; AYRIMORAES, S.R.; RIBEIRO, T.B. *Nota técnica: contribuição para a elaboração de planos de monitoramento da ocorrência do novo coronavírus no esgoto*. 2020. 15 p. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/acoincete-na-ana/monitoramento-covid-esgotos/boletins-monitoramento-covid-esgotos/nota-tecnica-no-012020.pdf>. Acesso em: 1º maio 2021.
- DINNON, K.H.; LEIST, S.R.; SCHÄFER, A.; EDWARDS, C.E.; MARTINEZ, D.R.; MONTGOMERY, S.A.; WEST, A.; YOUNT JR., B.L.; HOU, Y.J.; ADAMS, L.E.; GULLY, K.L.; BROWN, A.J.; HUANG, E.; BRYANT, M.D.; CHOONG, I.C.; GLENN, J.S.; GRALINSKI, L.E.; SHEAHAN, T.P.; BARIC, R.S. A mouse-adapted model of SARS-CoV-2 to test COVID-19 countermeasures. *Nature*, v. 586, n. 7830, p. 560-566, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2708-8>
- GAO, Z.; XU, Y.; SUN, C.; WANG, X.; GUO, Y.; QIU, S.; MA, K. A systematic review of asymptomatic infections with COVID-19. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, v. 54, n. 1, p. 12-16, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.05.001>
- GONZALEZ, R.; CURTIS, K.; BIVINS, A.; BIBBY, K.; WEIR, M.H.; YETKA, K.; THOMPSON, H.; KEELING, D.; MITCHELL, J.; GONZALEZ, D. COVID-19 surveillance in Southeastern Virginia using wastewater-based epidemiology. *Water Research*, v. 186, p. 116296, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116296>
- HE, X.; LAU, E.H.Y.; WU, P.; DENG, X.; WANG, J.; HAO, X.; LAU, Y.C.; WONG, J.Y.; GUAN, Y.; TAN, X.; MO, X.; CHEN, Y.; LIAO, B.; CHEN, W.; HU, F.; ZHANG, Q.; ZHONG, M.; WU, Y.; ZHAO, L.; ZHANG, F.; COWLING, B.J.; LI, F.; LEUNG, G.M. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nature Medicine*, v. 26, n. 5, p. 672-675, 2020.
- HOLSHUE, M.L.; DEBOLT, C.; LINDQUIST, S.; LOFY, K.H.; WIESMAN, J.; BRUCE, H.; SPITTERS, C.; ERICSON, K.; WILKERSON, S.; TURAL, A.; DIAZ, G.; COHN, A.; FOX, L.; PATEL, A.; GERBER, S.I.; KIM, L.; TONG, S.; LU, X.; LINDSTROM, S.; PALLANSCH, M.A.; WELDON, W.C.; BIGGS, H.M.; UYEKI, T.M.; PILLAI, S.K. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *New England Journal of Medicine*, v. 382, n. 10, p. 929-936, 2020. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001191>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *População de Lavras, Minas Gerais, Brasil*. Brasil: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/panorama>. Acesso em: 5 mar. 2022.
- JIEHAO, C.; JIN, X.; DAOJIONG, L.; ZHI, Y.; LEI, X.; ZHENGHAI, Q.; YUEHUA, Z.; HUA, Z.; RAN, J.; PENGCHENG, L.; XIANGSHI, W.; YANLING, G.; AIMEI, X.; HE, T.; HAILING, C.; CHUNING, W.; JINGJING, L.; JIANSHE, W.; MEI, Z. A case series of children with 2019 novel coronavirus infection: clinical and epidemiological features. *Clinical Infectious Diseases*, v. 71, n. 6, p. 1547-1551, 2020. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa198>
- KITAJIMA, M.; AHMED, W.; BIBBY, K.; CARDUCCI, A.; GERBA, C.P.; HAMILTON, K.A.; HARAMOTO, E.; ROSE, J.B. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Science of The Total Environment*, v. 739, p. 139076, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076>
- LANGONE, M.; PETTA, L.; CELLAMARE, C.M.; FERRARIS, M.; GUZZINATI, R.; MATTIOLI, D.; SABIA, G. SARS-CoV-2 in water services: Presence and impacts. *Environmental Pollution*, v. 268, parte A, p. 115806, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115806>
- LESCURE, F.; BOUADMA, L.; NGUYEN, D.; PARISEY, M.; WICKY, P.-H.; BEHILLIL, S.; GAYMARD, A.; BOUSCAMPBERT-DUCHAMP, M.; DONATI, F.; HINGRAT, Q.; ENOUF, V.; HOUHOU-FIDOUH, N.; VALETTE, M.; MAILLES, A.; LUCET, J.-C.; MENTRE, F.; DUVAL, X.; DESCAMPS, D.; MALVY, D.; TIMSIT, J.-F.; LINA, B.; VAN-DER-WERF, S.; YAZDANPANAH, Y. Clinical and virological data of the first cases of COVID-19 in Europe: a case series. *The Lancet Infectious Diseases*, v. 20, n. 6, p. 697-706, 2020. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30200-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30200-0)
- LI, Y.; ZHANG, R.; ZHAO, J.; MOLINA, M.J. Understanding transmission and intervention for the COVID-19 pandemic in the United States. *Science of the Total Environment*, v. 748, p. 141560, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141560>
- LING, Y.; XU, S.-B.; LIN, Y.-X.; TIAN, D.; ZHU, Z.-Q.; DAI, F.-H.; WU, F.; SONG, Z.-G.; HUANG, W.; CHEN, J.; HU, B.-J.; WANG, S.; MAO, E.-Q.; ZHU, L.; ZHANG, W.-H.; LU, H.-Z. Persistence and clearance of viral RNA in 2019 novel coronavirus disease rehabilitation patients. *Chinese Medical Journal*, v. 133, n. 9, p. 1039-1043, 2020. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000000774>
- LODDER, W.; RODA HUSMAN, A.M. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *The Lancet Gastroenterology and Hepatology*, v. 5, n. 6, p. 533-534, 2020. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X)
- LONG, Q.; TANG, X.-J.; SHI, Q.-L.; LI, Q.; DENG, H.-J.; YUAN, J.; HU, J.-L.; XU, W.; ZHANG, Y.; LV, F.-J.; SU, K.; ZHANG, F.; GONG, J.; WU, B.; LIU, X.-M.; LI, J.-J.; QIU, J.-F.; CHEN, J.L.; HUANG, A.-L. Clinical and immunological assessment of asymptomatic SARS-CoV-2 infections. *Nature Medicine*, v. 26, n. 8, p. 1200-1204, 2020.
- MAO, K.; ZHANG, K.; DU, W.; ALI, W.; FENG, X.; ZHANG, H. The potential of wastewater-based epidemiology as surveillance and early warning of

- infectious disease outbreaks. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 17, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1016%2Fj.coesh.2020.04.006>
- MEDEMA, G.; HEIJNEN, L.; ELSINGA, G.; ITALIAANDER, R.; BROUWER, A. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in sewage and correlation with reported COVID-19 prevalence in the early stage of the epidemic in the Netherlands. *Environmental Science & Technology Letters*, v. 7, n. 7, p. 511-516, 2020. <https://doi.org/10.1021%2Facs.estlett.0c00357>
- NADDEO, V.; LIU, H. Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond? *Environmental Science: Water Research & Technology*, v. 6, n. 5, p. 1213-1216, 2020. <https://doi.org/10.1039/DOEW90015J>
- NAUGHTON, C.C.; ROMAN JR., F.A.; ALVARADO, A.G.F.; TARIQA, A.Q.; DEEMING, M.A.; BIBBY, K.; BIVINS, A.; ROSE, J.B.; MEDENA, G.; AHMED, W.; KATSIVELIS, P.; ALLAN, V.; SINCLAIR, R.; ZHANG, Y.; KINYUA, M.N. Show us the data: Global COVID-19 wastewater monitoring efforts, equity, and gaps. *medRxiv*, 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.03.14.21253564>
- NEMUDRYI, A.; NEMUDRAIA, A.; WIEGAND, T.; SURYA, K.; BUYUKYORUK, M.; CICHA, C.; VANDERWOOD, K.K.; WILKINSON, R.; WIEDENHEFT, B. Temporal detection and phylogenetic assessment of SARS-CoV-2 in municipal wastewater. *Cell Reports Medicine*, v. 1, n. 6, 100098, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2020.100098>
- NISHIURA, H.; KOBAYASHI, T.; MIYAMA, T.; SUZUKI, A.; JUNG, S.-M.; HAYASHI, K.; KINOSHITA, R.; YANG, Y.; YUAN, B.; AKHMETZHANOV, A.R.; LINTON, N.M. Estimation of the asymptomatic ratio of novel coronavirus infections (COVID-19). *International Journal of Infectious Diseases*, v. 94, p. 154-155, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.020>
- OLIVEIRA, L.C.; TORRES-FRANCO, A.F.; LOPES, B.C.; SANTOS, B.S.A.S.; COSTA, E.A.; COSTA, M.S.; REIS, M.T.P.; MELO, M.C.; POLIZZI, R.B.; TEIXEIRA, M.M.; MOTA, C.R. Viability of SARS-CoV-2 in river water and wastewater at different temperatures and solids content. *Water Research*, v. 195, 117002, 2021. <https://doi.org/10.1016%2Fj.watres.2021.117002>
- PAN, L.; MU, M.; YANG, P.; SUN, Y.; WANG, R.; YAN, J.; LI, P.; HU, B.; WANG, J.; HU, C.; JIN, Y.; NIU, X.; PING, R.; DU, Y.; LI, T.; XU, G.; HU, Q.; TU, L. Clinical characteristics of COVID-19 patients with digestive symptoms in Hubei, China: a descriptive, cross-sectional, multicenter study. *The American Journal of Gastroenterology*, v. 115, n. 5, p. 766-773, 2020. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000620>
- POLO, D.; QUINTELA-BALUJA, M.; CORBISHLEY, A.; JONES, D.L.; SINGER, A.C.; GRAHAM, D.W.; ROMALDE, J.L. Making waves: Wastewater-based epidemiology for COVID-19—approaches and challenges for surveillance and prediction. *Water Research*, v. 186, 116404, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116404>
- PRADO, T.; FUMIAN, T.M.; MANNARINO, C.F.; RESENDE, P.C.; MOTTA, F.C.; EPPINGHAUS, A.L.F.; VALE, V.H.C.; BRAZ, R.M.S.; ANDRADE, J.S.R.; MARANHÃO, A.G.; MIAGOSTOVICH, M.P. Wastewater-based epidemiology as a useful tool to track SARS-CoV-2 and support public health policies at municipal level in Brazil. *Water Research*, v. 191, 116810, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116810>
- PREFEITURA DE LAVRAS. *Boletins Epidemiológicos COVID-19*. Lavras: Prefeitura de Lavras, 2021. Disponível em: www.lavras.mg.gov.br/covid-all. Acesso em: 20 nov. 2021.
- R CORE TEAM. *A Language and Environment for Statistical Computing - R version 3.6.3*. 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 28 mar. 2021.
- RIMOLDI, S.G.; STEFANI, F.; GIGANTIELLO, A.; POLESSELLO, S.; COMANDATORE, F.; MILETO, D.; MARESCA, M.; LONGOBARDI, C.; MANCON, A.; ROMERI, F.; PAGANI, C.; CAPPELLI, F.; ROSCIOLI, C.; MOJA, L.; GISMONDO, M.R.; SALERNO, F. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. *Science of the Total Environment*, v. 744, 140911, 2020. <https://doi.org/10.1016%2Fj.scitotenv.2020.140911>
- SCHMITZ, B.W.; INNES, G.K.; PRASEK, S.M.; BETANCOURT, W.Q.; STARK, E.R.; FOSTER, A.R.; ABRAHAM, A.G.; GERBA, C.P.; PEPPER, I.L. Enumerating asymptomatic COVID-19 cases and estimating SARS-CoV-2 fecal shedding rates via wastewater-based epidemiology. *medRxiv*, p. 1-25, 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.04.16.21255638>
- SHAPIRO, S.S.; FRANCIA, R.S. An approximate analysis of variance test for normality. *Journal of the American Statistical Association*, v. 67, n. 337, p. 215-216, 1972.
- SHARIF, S.; IKRAM, A.; KHURSHID, A.; SALMAN, M.; MEHMOOD, N.; ARSHAD, Y.; AHMED, J.; SAFDAR, R.M.; REHMAN, L.; MUJTABA, G.; HUSSAIN, J.; ALI, J.; ANGEZ, M.; ALAM, M.M.; AKTHAR, R.; MALIK, M.W.; BAIG, M.Z.I.; RANA, M.S.; USMAN, M.; ALI, M.Q.; AHAD, A.; BADAR, N.; UMAIR, M.; TAMIM, S.; ASHRAF, A.; TAHIR, F.; ALI, N. Detection of SARS-CoV-2 in wastewater using the existing environmental surveillance network: A potential supplementary system for monitoring COVID-19 transmission. *PLoS One*, v. 16, n. 6, e0249568, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249568>
- SHARMA, V.K.; JINADATHA, C.; LICHTFOUSE, E.; DECROLY, E.; HELDEN, J. V.; CHOI, H.; CHATTERJEE, P. COVID-19 epidemiologic surveillance using wastewater. *Environmental Chemistry Letters*, v. 19, n. 3, p. 1911-1915, 2021. <https://doi.org/10.1007%2Ff10311-021-01188-w>
- SHUTLER, J.D.; ZARASKA, K.; HOLDING, T.; MACHNIK, M.; UPPULURI, K.; ASHTON, I.G.C.; MIGDAL, L.; DAHIYA, R.S. Rapid assessment of SARS-CoV-2 transmission risk for fecally contaminated river water. *ACS ES&T Water*, v. 91, n. 4, p. 949-957, 2021. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.0c00246>
- SIMS, N.; KASPRZYK-HORDERN, B. Future perspectives of wastewater-based epidemiology: Monitoring infectious disease spread and resistance to the community level. *Environment International*, v. 139, 105689, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105689>
- SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (SINAN). *Calendário Epidemiológico 2021*. Sinan, 2021. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/calendario-epidemiologico>. Acesso em: 3 mar. 2022.
- TANG, A.N.; TONG, Z.-D.; WANG, H.-L.; DAI, Y.-Z.; LI, K.-F.; LIU, J.-N.; WU, W.-J.; YAN, C.; YU, M.-L.; LI, P.; YAN, J.-B. Detection of novel coronavirus by RT-PCR in stool specimen from asymptomatic child, China. *Emerging Infectious Diseases*, v. 26, n. 6, p. 1337-1339, 2020. <https://doi.org/10.3201/eid2606.200301>
- THE JAMOMI PROJECT. *Jamovi version 1.6*. 2021. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 470 p.
- WANG, D.; HU, B.; HU, C.; ZHU, F.; LIU, X.; ZHANG, J.; WANG, B.; XIANG, H.; CHENG, Z.; XIONG, Y.; ZHAO, Y.; LI, Y.; WANG, X.; PENG, Z. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*, v. 323, n. 11, p. 1061-1069, 2020. <https://doi.org/10.1001%2Fjama.2020.1585>

WANG, X.; HU, M.; XIA, Y.; WEN, X.; DING, K. Pyrosequencing analysis of bacterial diversity in 14 wastewater treatment systems in China. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 78, n. 19, p. 7042-7047, 2012. <https://doi.org/10.1128/aem.01617-12>

WATER RESEARCH FOUNDATION (WRF). *Wastewater surveillance of the COVID-19 genetic signal in sewersheds recommendations from global experts*. WRF, 2020. 27 p. Disponível em: https://www.waterrf.org/sites/default/files/file/2020-06/COVID-19_SummitHandout-v3b.pdf. Acesso em: 8 dez. 2021.

WÖLFEL, R.; CORMAN, V.M.; GUGGEMOS, W.; SEILMAIER, M.; ZANGE, S.; MÜLLER, M.A.; NIEMEYER, D.; JONES, T.C.; VOLLMAR, P.; ROTHE, C.; HOELSCHER, M.; BLEICKER, T.; BRÜNINK, S.; SCHNEIDER, J.; EHMANN, R.; ZWIRGLMAIER, K.; DROSTEN, C.; WENDTNER, C. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, v. 581, n. 7809, p. 465-469, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2196-x>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard*. WHO, 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int>. Acesso em: 6 já.n 2022.

ZHANG, J.; WANG, S.; XUE, Y. Fecal specimen diagnosis 2019 novel coronavirus-infected pneumonia. *Journal of Medical Virology*, v. 92, n. 6, p. 680-682, 2020a. <https://doi.org/10.1002/jmv.25742>

ZHANG, W.; DU, R.-H.; LI, B.; ZHENG, X.-S.; YANG, X.-L.; HU, B.; WANG, Y.-Y.; XIAO, G.-F.; YAN, B.; SHI, Z.-L.; ZHOU, P. Molecular and serological investigation of 2019-nCoV infected patients: implication of multiple shedding routes. *Emerging Microbes & Infections*, v. 9, n. 1, p. 386-389, 2020b. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1729071>

ZHU, N.; ZHANG, D.; WANG, W.; LI, X.; YANG, B.; SONG, J.; ZHAO, X.; HUANG, B.; SHI, W.; LU, R.; NIU, P.; ZHAN, F.; MA, X.; WANG, D.; XU, W.; WU, G.; GAO, G.F.; TAN, W. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*, v. 382, n. 8, p. 727-733, 2020. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>

ZHU, Y.; OISHI, W.; MARUO, C.; SAITO, M.; CHEN, R.; KITAJIMA, M.; SANO, D. Early warning of COVID-19 via wastewater-based epidemiology: potential and bottlenecks. *Science of the Total Environment*, v. 767, 145124, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145124>

