

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA REDUÇÃO DA CARGA VIRAL DO SARS-COV-2: uma revisão

Mariana Aparecida de Freitas Abreu¹

Bruna Dias Silva²

Mateus Pimentel de Matos³

Ronaldo Fia⁴

Fatima Resende Luiz Fia⁵

Luciene Alves Batista Siniscalchi⁶

Saúde Ambiental

Resumo

A água é um meio de veiculação de muitas doenças, sendo que grande parte dos contaminantes e agentes etiológicos causadores provém de esgotos, sejam esses não tratados ou tratados em nível insuficiente. Em razão dessas características do esgoto, passou-se a utilizá-lo como meio de estudo epidemiológico, com bons resultados na identificação de tendências em relação ao avanço da pandemia do SARS-CoV-2. Com a identificação da carga viral em amostras de águas residuárias domésticas, passou-se a novos questionamentos que estão relacionados à capacidade das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em reduzir a densidade do vírus causador do COVID-19 e o risco de transmissão da doença em esgotos tratados. Assim, o presente estudo buscou realizar a revisão de registros acadêmicos sobre a presença e possível persistência do SARS-CoV-2, avaliando se as ETEs existentes conseguem remover o SARS-CoV-2, bem como a avaliação do potencial de infecção viral por meio das águas residuárias. Dessa forma, se haveria redução do risco de transmissão após passagem pelas ETEs. Diante os dados presentes na literatura, observou-se que o vírus do SARS-CoV-2 é menos resistente do que de outros vírus presentes no esgoto sanitário, sendo efetivamente removido por técnicas tradicionalmente utilizadas na desinfecção (cloração e uso da radiação UV), importante que o esgoto tenha passado por outras etapas de tratamento. Por fim, verificou-se que após o tratamento nas ETEs, detectou-se o RNA do SARS-CoV-2 no esgoto, porém não do vírus viável, indicando não haver grande risco de contaminação por esgotos tratados.

Palavras-chave: COVID-19; Infectividade Viral; Estações de Tratamento de Esgoto; Doenças de Veiculação Hídrica

¹Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, marianafreitasbio@gmail.com

²Mestranda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, brunadiassilvarv@outlook.com

³Prof. Drº. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, mateus.matos@ufla.br

⁴Prof. Drº. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, ronaldofia@ufla.br

⁵Prof. Drª. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, fatimarlf@ufla.br

⁶Prof. Drª. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, luciene.batista@ufla.br

INTRODUÇÃO

O fornecimento de água de boa qualidade é essencial para a saúde, o desenvolvimento social, econômico e para todo o ecossistema do planeta (ONU, 2022). Para mitigar impactos ambientais, econômicos e sociais da degradação ambiental da água, muito esforço deve ser feito na criação e implementação de programas para gestão e tratamento adequado de águas residuárias (JIANG et al., 2021; FINLAY et al., 2021; HAJARE et al., 2021). A utilização de água contaminada, por exemplo, pode resultar em diversas enfermidades à população. Estima-se que aproximadamente 297 mil crianças morrem anualmente devido a doenças causadas pela baixa qualidade da água, e cerca de 80% das águas residuárias retornam ao meio ambiente sem ter passado por um processo de tratamento ou reutilização (ONU, 2019), cenário de grande preocupação.

Se tratados adequadamente, os efluentes podem ser reaproveitados como fonte de recursos para diversas finalidades, como irrigação, descarga de vasos sanitários, necessidades de indústrias e, em algum aspecto, para recarga de águas subterrâneas, contribuindo, assim, para uma menor poluição do meio ambiente (HAJARE et al., 2021).

No Brasil, essa condição não é diferente, estando o país longe da universalização dos serviços de saneamento. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental no Brasil, 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam fossa séptica. Diante disso, 55% da população possui tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; ainda, 27% não possui coleta nem tratamento.

Pessoas enfermas excretam patógenos em suas fezes e urinas, assim, esses alcançam o esgoto, sendo essa água residuária um meio de propagação de doenças e, também de controle epidemiológico. Por essa razão, iniciou-se em vários países, pesquisas com o intuito de avaliar a presença e a carga viral do SARS-CoV-2 (KITAJIMA et al., 2020). Segundo vários trabalhos realizados em diversas localidades, a concentração de RNA viral nas fezes pode chegar até 10^8 cópias por grama de fezes (LESCURE et al., 2020;

Realização

Apoio

PAN et al., 2020; WÖLFEL et al., 2020). Dessa forma a investigação do cenário epidemiológico pelo esgoto apresenta alguns benefícios. Permite-se maior agilidade na verificação de tendências, uma vez que o vírus é excretado antes que os testes deem positivo (MATOS e MATOS, 2017; GAO et al., 2020). As contribuições de indivíduos assintomáticos também entram na avaliação, ao contrário do que pode ocorrer na testagem em laboratórios e farmácias. Além disso, o RNA viral pode ser detectado nas fezes em 81,8% dos casos, mesmo com um resultado de esfregaço de garganta negativo (LONG et al., 2020).

Porém, muitas dúvidas ainda permanecem em relação da presença do vírus nos esgotos. Como a metodologia de quantificação baseia-se na avaliação do material genético do vírus, não se sabe se o mesmo continua viável e, conseqüentemente, se a transmissão fecal – oral é uma rota em potencial (AMIRIAN 2020; KITAJIMA et al., 2020; NADDEO et al., 2020; RIMOLDI et al., 2020) especialmente em áreas com falta de saneamento, onde a capacidade de diagnóstico pode ser limitada (SODRÉ et al., 2020).

Lodder e Husman (2020) afirmaram em seu estudo que é possível a transmissão entérica do SARS-CoV-2 e a mesma pode representar um risco para a saúde de trabalhadores das estações de tratamento, caso não sejam seguidos os protocolos de higiene para proteção geral por qualquer doença infecciosa, incluindo a COVID-19.

Alguns autores relataram nos últimos dois anos a detecção de SARS-CoV-2 em amostras de urina e fezes de pacientes, mesmo quando seus testes de *swab* causaram resultados negativos (LONG et al., 2020; AMIRIAN, 2020; KITAJIMA et al. 2020; NADDEO et al., 2020; RIMOLDI et al., 2020). A Wastewater Based Epidemiology (WBE) pode ser considerada uma ferramenta de alerta, pois a carga viral identificada na fase de concentração da amostra, quantifica o material genético considerando informações sobre casos ativos confirmados, além de também medir a prevalência da doença, pois considera pacientes pré-sintomáticos e assintomáticos (JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, MILDRED G. et al., 2022).

Outra questão importante é em relação à capacidade das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em reduzir a carga viral que alcançará os cursos d'água que, por sua

Realização

Apoio

vez, são utilizados pela população. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA (2020) afirma que os métodos padrão de tratamento e desinfecção de águas residuárias são eficazes contra o coronavírus sem evidências baseadas em pesquisas para apoiar essa afirmação. Por outro lado, sabe-se que o pequeno número de informações presentes em dados da literatura sobre a remoção de vírus em águas residuárias e seus respectivos processos de tratamento, pode ser atribuída aos altos custos de se utilizar análises moleculares quantitativas (ESPINOSA et al., 2022).

Destarte, com a realização do presente estudo, objetivou-se realizar uma revisão na literatura, buscando o que já se conhece em relação à capacidade das ETEs existentes e a capacidade destas em remover o vírus SARS-CoV-2 e se o potencial de infecção viral por meio esgotos que não foram adequadamente tratados.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado por meio de busca na literatura de artigos científicos referentes a presença do vírus SARS-CoV-2 em esgotos sanitários e em ETEs, indexados nas seguintes bases de dados: Web of Science, Science Direct e SciELO. Buscou-se trabalhos publicados nos anos de 2020 a 2022. A pesquisa foi concluída em maio de 2022. As buscas foram realizadas utilizando as palavras-chaves: “SARS-CoV-2”, “Águas Residuárias”, “Esgoto Doméstico” “Esgoto sanitário” “Tratamento de águas residuárias” e as equivalentes em língua inglesa: “SARS-CoV-2”, “Wastewater”, “Sewage” “Wastewater Treatment”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A preocupação em relação à persistência do vírus nos esgotos e a transmissão para a população por uso de água contaminada se deve ao fato de que os vírus presentes em águas residuárias podem permanecer estáveis em ambientes aquáticos por longos

Realização



Apoio



períodos de tempo (JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2022), podendo ficar sorvidos em sólidos orgânicos e inorgânicos (ESPINOSA et al., 2022). Por essa razão, é de grande importância de que o sistema de tratamento apresente eficiência para remoção de sólidos suspensos, além de apresentar condições inóspitas à sobrevivência desses microrganismos.

Na avaliação de um sistema composto por reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido por duplo HRAP's (High Rate Algal Ponds), Espinosa et al. (2022) observaram remoções de 60% do DNA e mais que 70% RNA do vírus SARS-CoV-2 no esgoto doméstico. Lagoas com a presença de algas possuem elevado potencial para redução da contagem de patógenos (FERREIRA et. al., 2020), devido ao alto valor do tempo de detenção hidráulica (TDH) combinado com a radiação solar, atividade microbiana e um pH elevado (ROLLEMBERG et al., 2020). Porém ainda assim, os valores podem ser considerados baixos em razão da elevada contagem de vírus. E essa condição tende a ser ainda pior nas configurações tradicionais das ETEs, que apresentam baixa capacidade de desinfecção de águas residuárias (SABA et al., 2021; (ZHANG E FARAHBAKHS, 2007).

Para Pinon e Vialeite (2018), no entanto, o SARS-CoV-2 é muito semelhante a outros coronavírus e é seriamente afetado por descontaminantes ou vários parâmetros ambientais, comparando com os vírus intestinais que existem em estações de tratamento de águas residuárias como, os coronavírus são os mais frágeis que norovírus, adenovírus, rotavírus e vírus da hepatite às condições ambientais, podendo ser afetada por fatores como como pH, temperatura, presença de luz solar e concentração de sólidos. Essa diferença pode estar ligada à constituição bioquímica da superfície viral (vírus envelopada), que pode tornar o SARS-CoV-2 mais susceptível ao tratamento de águas residuárias (QIU et al., 2015; KUMAR et al., 2021; VAN OSS, 2006).

Esta hipótese foi confirmada por Rimoldi et al. (2020) que detectaram a presença do SARS-CoV-2 no esgoto bruto, porém não em águas residuárias tratadas (submetido ao tratamento secundário e terciário). Por outro lado, a infectividade do vírus foi sempre nula para todas as amostras, indicando riscos limitados para a saúde pública. Portanto, os

Realização

Apoio

dados da literatura demonstram que o RNA do SARSCoV-2 é significativamente mais persistente do que a viabilidade e infectividade do SARS-CoV-2, indicando que a detecção ambiental do RNA por si só não corrobora com o risco de infecção (BIVINS et al., 2020).

A influência de fatores ambientais já foi investigada por alguns autores. De Oliveira et al. (2021), por exemplo, demonstraram que a temperatura teve um forte efeito na persistência do SARS-CoV-2, com valores de T90 a 4 °C de 7,7 e 5,5 dias para água de rio e águas residuárias (respectivamente), que são 4,0 a 4,5 vezes os valores de T90 determinados a 24 °C para as mesmas amostras. Os autores argumentam que em locais onde não há infraestrutura de saneamento adequada, altas cargas de SARS-CoV-2 podem atingir corpos d'água e permanecer ativas por períodos relativamente longos (em temperaturas mais baixas).

Assim, com base na avaliação dos autores, baixas temperaturas sazonais podem aumentar o risco de transmissão de SARS-CoV-2 presentes na água, levantando preocupações sobre a transmissão de COVID-19 em locais com invernos rigorosos. Entretanto, há de ressaltar que uma limitação importante do estudo foi que os ensaios de persistência foram realizados em amostras estéreis, enriquecidas com SARS-CoV-2 infeccioso. Portanto, os tempos de sobrevivência reais em amostras ambientais não estéreis e naturalmente complexas podem ser mais curtos. Sabe-se a predação e competição reduzem a sobrevivência de organismos patogênicos como descritos na literatura (MATOS e MATOS, 2017).

Na Tabela 1 estão apresentados estudos que consideraram diferentes tipos de tratamento de águas residuárias para avaliar a presença do vírus SARS-CoV-2.

Realização

Apoio

Tabela 1 - Estudos que utilizaram o tratamento de águas residuárias e avaliaram a presença de SARS-CoV-2. Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Local	Tipo de tratamento	Referência
Teerã, Irã	Ultravioleta (UV)	Nasseri et al. (2021)
Kanagawa, Japão	Ultravioleta (UV)	Inagaki et al. (2020)
Belo Horizonte, Brazil	Reator UASB seguido por lagoas gêmeas de algas de alta taxa alimentadas com águas residuárias reais de uma estação de tratamento de águas residuárias (ETE) em grande escala	Espinosa et. al. (2022)
Ahmedabad, Índia	UASB	Kumar et al. (2020)
Yamanashi, Japão	Cloração	Haramoto et al. (2020)
Murcia, Espanha	Lodo ativado (processo A2O), Desinfecção, NaClO	Randazzo et al. (2020)
Ourense, Espanha	Reator de batelada de sequenciamento biológico (SBR) Remoção química de P Microfiltração	Balboa et al. (2021)
Louisiana, EUA	Lodo ativado convencional seguido de desinfecção com cloro	Sherchan et al. (2020)

O vírus do SARS-Cov-2 aparenta ser menos resistente do que outros vírus, portanto, os tratamentos físicos e químicos tendem a ser efetivos e eficazes para sua

Realização

Apoio

desinfecção. Em um estudo prático sobre o tratamento de águas residuárias avaliaram a presença do vírus SARS-CoV-2, em amostras de saída de desinfecção ultravioleta (UV) e amostras de desinfecção com cloro de ETEs no Sul de Teerã, Irã (NASSERI et al., 2021). Os resultados demonstraram que apenas as amostras de desinfecção com cloro permaneceram positivas. Portanto, os resultados indicaram que a desinfecção por UV foi mais bem-sucedida do que a desinfecção com cloro, na dosagem administrada. Sendo assim, os autores sugeriram que os operadores da ETEs devem aumentar a concentração de cloro residual livre para \geq valores iguais ou superiores a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ para uma desinfecção eficaz.

Inagaki et al. (2020) relataram que a irradiação com um diodo emissor de luz ultravioleta profundo (DUVLED) de comprimento de onda de $280 \pm 5 \text{ nm}$ inativa rapidamente o SARS-CoV-2. Os resultados sugerem que o DUV-LED inativou 99,9% do SARS-CoV-2 com irradiação por um período muito curto (10 segundos).

Wang et al. (2005), por exemplo, demonstraram que não houve a detecção do vírus SARS-CoV em águas residuárias tratadas com uma concentração de cloro livre a 1 mg L^{-1} por 10 min. Ao mesmo tempo, Kumar et al. (2021) chamam a atenção para a necessidade de um tratamento prévio para que a eficiência da desinfecção por cloração aumente (remoção de matéria orgânica e sólidos). A luz ultravioleta, também foi corroborada por Inagaki et al. (2020). Os autores relataram que a irradiação com um Diodo Emissor de Luz Ultravioleta profundo (DUVLED) de comprimento de onda de $280 \pm 5 \text{ nm}$ inativa rapidamente o SARS-CoV-2 (99,9% em 10 segundos).

Em relação ao tratamento de águas residuárias contendo SARS-CoV-2 por meio de ozonização, pelo melhor do nosso conhecimento, não houve nenhum relato na literatura até o período de referência deste estudo. No entanto, Kumar et al. (2021) relataram que como o envelope viral é vulnerável à oxidação química, a inativação do SARS-CoV-2 por ozonização pode ser mais eficiente comparada a inativação dos vírus entéricos.

Realização

Realização

Apoio

Apoio

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante os dados presentes na literatura, observou-se que:

- O vírus do SARS-CoV-2 é menos resistente do que outros vírus presentes no esgoto sanitário;
- A desinfecção por cloro residual livre e o método de remoção por irradiação por luz ultravioleta, apresentam eficiência significativa na redução do potencial de infectividade do SARS-CoV-2, se destacando ainda por serem utilizados em ETEs, e demandarem um reduzido tempo de detenção hidráulica.;
- Para efetividade do tratamento físico e químico de desinfecção, torna-se importante realizar o tratamento prévio das águas residuárias, reduzindo a concentração de sólidos;
- Após o tratamento nas ETEs, detectou-se o RNA do SARS-CoV-2 no esgoto, porém não do vírus viável, indicando não haver grande risco de contaminação por esgotos tratados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (FAPEMIG TEC APQ 03060/21), Minas Gerais, Brasil, da Universidade Federal de Lavras – UFLA.

REFERÊNCIAS

AMIRIAN, E. Susan. 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.

BALBOA, S. et al. The fate of SARS-COV-2 in WWTPS points out the sludge line as a suitable spot for detection of COVID-19. **Sci. Total Environ**, v. 772, p. 145268, 2021.

Realização



Apoio





- BIVINS, Aaron et al. Persistence of SARS-CoV-2 in water and wastewater. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 7, n. 12, p. 937-942, 2020.
- DE OLIVEIRA, L. C. et al. Á. da S.; Costa EA; Costa MS; Reis MTP; Melo MC; Polizzi RB; Teixeira MM; Mota CR Viability of SARS-CoV-2 in River Water and Wastewater at Different Temperatures and Solids Content. **Water Res**, v. 195, n. 117002.10, p. 1016, 2021.
- ESPINOSA, Maria Fernanda et al. Reduction and liquid-solid partitioning of SARS-CoV-2 and adenovirus throughout the different stages of a pilot-scale wastewater treatment plant. **Water research**, v. 212, p. 118069, 2022.
- FERREIRA, Douglisnilson de Moraes et al. Percepção de risco no tratamento e reúso de esgotos domésticos em populações do Nordeste. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020.
- FINLAY, Nina C. et al. Characteristics and mechanisms of Pb (II) sorption onto Fe-rich waste water treatment residue (WTR): A potential sustainable Pb immobilisation technology for soils. **Journal of hazardous materials**, v. 402, p. 123433, 2021.
- GAO, Zhiru et al. A systematic review of asymptomatic infections with COVID-19. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v. 54, n. 1, p. 12-16, 2021.
- HAJARE, Rajashree; LABHASETWAR, Pawan; NAGARNAIK, Pranav. Evaluation of pathogen risks using QMRA to explore wastewater reuse options: A case study from New Delhi in India. **Water Science and Technology**, v. 83, n. 3, p. 543-555, 2021.
- HARAMOTO, Eiji et al. First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water in Japan. **Science of the Total Environment**, v. 737, p. 140405, 2020.
- INAGAKI, Hiroko et al. Rapid inactivation of SARS-CoV-2 with deep-UV LED irradiation. **Emerging Microbes & Infections**, v. 9, n. 1, p. 1744-1747, 2020.
- JIANG, Jheng-Jie et al. Characteristics, pollution patterns and risks of Perfluoroalkyl substances in drinking water sources of Taiwan. **Chemosphere**, v. 264, p. 128579, 2021.
- JIMÉNEZ-RODRÍGUEZ, Mildred G. et al. Biosensors for the detection of disease outbreaks through Wastewater-based Epidemiology. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, p. 116585, 2022.
- KITAJIMA, Masaaki et al. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. **Science of The Total Environment**, v. 739, p. 139076, 2020.
- KUMAR, Manish et al. Potential discharge, attenuation and exposure risk of SARS-CoV-2 in natural water bodies receiving treated wastewater. **npj Clean Water**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2021.
- LESCURE, Francois-Xavier et al. 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.
- LODDER, W.; DE RODA HUSMAN, A. M. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk. **Lancet Gastroenterol Hepatol**, 2020.
- LONG, Q. X, Tang X-J, Shi Q-L, et al. **Clinical and immunological assessment of asymptomatic SARS-CoV-2 infections**. **Nat Med**, v. 26, n. 8, p. 1200-1204, 2020.
- NADDEO, Vincenzo; LIU, Haizhou. 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.
- NASSERI, Simin et al. The presence of SARS-CoV-2 in raw and treated wastewater in 3 cities of Iran: Tehran, Qom and Anzali during coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 19, n. 1, p. 573-584, 2021.
- PAN, Yang et al. Viral load of SARS-CoV-2 in clinical samples. **The Lancet infectious diseases**, v. 20, n. 4, p. 411-412, 2020.
- PINON, Anthony; VIALETTE, Michèle. Survival of viruses in water. **Intervirolgy**, v. 61, n. 5,

Realização

Apoio





p. 214-222, 2018.

QIU, Yuanyuan et al. Assessment of human virus removal during municipal wastewater treatment in Edmonton, Canada. **Journal of Applied Microbiology**, v. 119, n. 6, p. 1729-1739, 2015.

RANDAZZO, Walter et al. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. **Water research**, v. 181, p. 115942, 2020.

RIMOLDI, Sara Giordana et al. Presence and infectivity of SARS-CoV-2 virus in wastewaters and rivers. **Science of the Total Environment**, v. 744, p. 140911, 2020.

ROLLEMBERG, Silvio; DE BARROS, Amanda Nascimento; DE LIMA, João Pedro Machado. Avaliação da contaminação, sobrevivência e remoção do coronavírus em sistemas de tratamento de esgoto sanitário. **Revista Tecnologia**, v. 41, n. 1, 2020.

SABA, Beenish et al. Capacity of existing wastewater treatment plants to treat SARS-CoV-2. A review. **Bioresource Technology Reports**, v. 15, p. 100737, 2021.

SHERCHAN, Samendra P. et al. First detection of SARS-CoV-2 RNA in wastewater in North America: a study in Louisiana, USA. **Science of The Total Environment**, v. 743, p. 140621, 2020.

VAN OSS, Carel J. **Interfacial forces in aqueous media**. CRC press, 2006.

WÖLFEL, R. et al. Virologische beoordeling van ziekenhuispatiënten met COVID-2019.

ZHANG, K.; FARAHBAKHS, K. Removal of native coliphages and coliform bacteria from municipal wastewater by various wastewater treatment processes: implications to water reuse. **Water research**, v. 41, n. 12, p. 2816-2824, 2007.

Realização



Apoio

