

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Vinícius Duarte Soroka

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA A REMOÇÃO DE  
AZITROMICINA, CLOROQUINA, HIDROXICLOROQUINA E IVERMECTINA  
DE EFLUENTES DOMÉSTICOS: CRISE SANITÁRIA E NECROPOLÍTICA NA  
ERA DA (DES)INFORMAÇÃO**

Porto Alegre

2021

Vinícius Duarte Soroka

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA A REMOÇÃO DE  
AZITROMICINA, CLOROQUINA, HIDROXICLOROQUINA E IVERMECTINA  
DE EFLUENTES DOMÉSTICOS: CRISE SANITÁRIA E NECROPOLÍTICA NA  
ERA DA (DES)INFORMAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas e a Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Cristina de Almeida Silva

Coorientador: Dr. Louidi Lauer Albornoz

Porto Alegre

Dezembro de 2021

### CIP - Catalogação na Publicação

Soroka, Vinícius Duarte  
PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA A REMOÇÃO DE  
AZITROMICINA, CLOROQUINA, HIDROXICLOROQUINA E  
IVERMECTINA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS: CRISE SANITÁRIA E  
NECROPOLÍTICA NA ERA DA (DES)INFORMAÇÃO / Vinícius  
Duarte Soroka. -- 2021.

82 f.

Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva.

Coorientador: Louidi Lauer Albornoz.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia  
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. processos oxidativos avançados. 2. tratamento de  
efluentes. 3. crise sanitária. 4. COVID-19. 5.  
efluentes contendo compostos farmacêuticos. I. Silva,  
Maria Cristina de Almeida, orient. II. Albornoz,  
Louidi Lauer, coorient.

Vinícius Duarte Soroka

**PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA A REMOÇÃO DE  
AZITROMICINA, CLOROQUINA, HIDROXICLOROQUINA E IVERMECTINA  
DE EFLUENTES DOMÉSTICOS: CRISE SANITÁRIA E NECROPOLÍTICA NA  
ERA DA (DES)INFORMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ pela Comissão avaliadora constituída por:

Banca Examinadora

---

Professora Orientadora Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina de Almeida Silva  
Departamento de Obras Hidráulicas  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH

---

Professor Dr. Salatiel Wohlmuth da Silva  
Departamento de Obras Hidráulicas  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH

---

Professor Dr. Maurício Andrades Paixão  
Departamento de Obras Hidráulicas  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

*The truth may be puzzling. It may take some work to grapple with. It may be counterintuitive. It may contradict deeply held prejudices. It may not be consonant with what we desperately want to be true. But our preferences do not determine what's true.*

Carl Sagan, *Wonder and Skepticism*

## RESUMO

A pandemia de COVID-19, iniciada no começo de 2020, vem se apresentando como um dos maiores desafios sanitários e científico-políticos já enfrentados na história da humanidade. Desde o princípio, esforços têm se concentrado na busca de curas ou tratamentos para a COVID-19 e um dos primeiros passos desse processo consiste no reposicionamento de compostos farmacêuticos já utilizados para outras condições, estratégia vantajosa por múltiplos motivos. Quatro drogas que receberam grande atenção são a azitromicina, cloroquina, hidroxicloroquina e ivermectina. Apesar de, ao longo do tempo, a eficácia desses medicamentos para o tratamento da COVID-19 ter sido paulatinamente refutada, uma elaborada rede de disseminação de mentiras permaneceu ativa e indicando a sua utilização. Essa situação levou ao aumento descontrolado do uso desses e de outros fármacos ineficazes, contribuindo para a construção de uma ilusão social (a de que haveria tratamentos disponíveis para a COVID-19) e para a alteração da qualidade dos efluentes domésticos que, desde então, passaram a ser caracterizados por uma concentração aumentada de medicamentos. O tratamento convencional de água e esgotos busca atender critérios relacionados principalmente à carga orgânica, turbidez, condutividade e atributos microbiológicos (mais especificamente no caso do tratamento de água). Entretanto, a remoção de moléculas orgânicas complexas, tais como pesticidas e compostos farmacêuticos, não é o intuito original desses processos, de modo que o seu possível acúmulo nos ambientes naturais e no suprimento de água potável é de grande preocupação. O presente Trabalho de Conclusão de Curso versa sobre a crise sanitária estabelecida com a deflagração da pandemia de COVID-19, explorando a sua gênese e desenvolvimento, com enfoque no cenário brasileiro e nos motivos que levaram ao grande aumento do consumo de fármacos. Como principal resultado, é apresentada uma revisão sobre Processos Oxidativos Avançados para a remoção de fármacos de efluentes, além de grafos gerados através de análises bibliométricas da literatura científica com o *software* VOSviewer.

**Palavras-chave:** processos oxidativos avançados; tratamento de efluentes; crise sanitária; COVID-19; efluentes contendo compostos farmacêuticos.

## ABSTRACT

The COVID-19 pandemic, started in early 2020, has been presenting itself as one of the greatest sanitary and scientific-political challenges ever faced by mankind. Since the beginning, efforts have been made trying to find cures or treatments for COVID-19 and one of the first steps of this process consists in drug repositioning, an advantageous strategy for multiple reasons. Four drugs which received great attention are azithromycin, chloroquine, hydroxychloroquine, and ivermectin. Despite the successive refutation of these medicines' effectiveness for the treatment of COVID-19, a complex network of fake news was kept active, inducing their use. This situation led to an uncontrolled increase of these and other ineffective drugs, supporting a social illusion (that COVID-19 treatments were available) and contributing to domestic effluent quality degradation, which since then is characterized by an increased drug concentration. The conventional water and wastewater treatment systems aim mainly to meet criteria such as organic load, turbidity, conductivity and microbiological attributes (more specifically in the water treatment). Nevertheless, the removal of small organic molecules is not the original goal of these processes, and so it's possible accumulation in natural environments and in human water supply raises great concern. The present undergraduate thesis approaches the sanitary crisis unleashed by COVID-19, exploring it's genesis and development focusing on the brazilian situation and the reasons which led to the increased drug consumption in the country. As the main result, it's presented a review about Advanced Oxidative Processes for drug removal from wastewater, in addition to graphs generated with the software VOSviewer synthesising a bibliometric analysis of the scientific literature.

**Keywords:** advanced oxidative processes; effluent treatment; sanitary crisis; COVID-19; effluents containing pharmaceutical compounds.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Mapa com a distribuição de óbitos totais em decorrência da COVID-19 no Brasil e gráfico com o número de notificações diárias de óbitos.....	3
<b>Figura 2.</b> Número de publicações científicas sobre POA para o tratamento de efluentes e efluentes contendo compostos farmacêuticos.....	6
<b>Figura 3.</b> Fluxo de trabalho utilizado no Scopus e VOSviewer.....	9
<b>Figura 4.</b> Painéis da GUI do VOSviewer.....	10
<b>Figura 5.</b> Comparação entre as estruturas químicas da azitromicina e eritromicina.....	11
<b>Figura 6.</b> Estrutura química da cloroquina e hidroxicloroquina.....	12
<b>Figura 7.</b> Estrutura química da ivermectina.....	14
<b>Figura 8.</b> Densidade de casos confirmados de COVID-19 no mundo até setembro de 2021.....	16
<b>Figura 9.</b> Número de casos confirmados e óbitos semanais em consequência de COVID-19.....	16
<b>Figura 10.</b> “Kits COVID” que foram distribuídos em diversas regiões do país.....	24
<b>Figura 11.</b> Tratamento convencional de esgoto.....	28
<b>Figura 12.</b> Tratamentos mais indicados de acordo com o nível de DQO do efluente.....	31
<b>Figura 13.</b> Demanda energética requerida por diferentes processos oxidativos.....	32
<b>Figura 14.</b> Exemplos de mecanismos de fotólise direta e indireta em meio aquoso.....	34
<b>Figura 15.</b> Reações de oxirredução que ocorrem tipicamente na superfície do catalisador na FH.....	41
<b>Figura 16.</b> Rede tipo “Network Visualization” dos 43 termos mais citados na primeira busca.....	50
<b>Figura 17.</b> Rede tipo “Overlay Visualization” dos 43 termos mais citados na primeira busca.....	50
<b>Figura 18.</b> Rede tipo “Network Visualization” dos 42 termos mais citados na segunda busca.....	51
<b>Figura 19.</b> Rede tipo “Overlay Visualization” dos 42 termos mais citados na segunda busca.....	51
<b>Figura 20.</b> Mapa tipo “Density Visualization” dos 43 termos mais citados na primeira busca.....	52
<b>Figura 21.</b> Mapa tipo “Density Visualization” dos 42 termos mais citados na segunda busca.....	52



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1.</b> Comparação entre os sintomas da COVID-19, resfriado, gripe e asma.....	17
<b>Quadro 2.</b> Comparação entre o SARS-CoV-2, SARS-CoV e MERS-CoV.....	18
<b>Quadro 3.</b> Principais preocupações associadas à liberação de AZI, CQ, HCQ e IVM no ambiente....	29
<b>Quadro 4.</b> Possíveis vias de oxidação de compostos orgânicos através de POA.....	30
<b>Quadro 5.</b> Escala de aplicação de diferentes POA.....	32
<b>Quadro 6.</b> Reações de regeneração do H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> a partir da sua decomposição em 2HO <sup>•</sup> .....	36
<b>Quadro 7.</b> Reações Fenton, Fenton-like e análogas com peróxidos orgânicos.....	38
<b>Quadro 8.</b> Regeneração dos íons ferrosos no processo foto-Fenton e geração de radicais a partir de íons férricos.....	38
<b>Quadro 9.</b> Reações químicas características da FH (exemplificadas a partir do catalisador TiO <sub>2</sub> ).....	41
<b>Quadro 10.</b> Reações químicas da sonólise envolvidas na geração de radicais.....	43
<b>Tabela 1.</b> Previsão do número de infecções e fatalidades em decorrência da COVID-19 no Brasil.....	2
<b>Tabela 2.</b> Número total de compostos farmacêuticos catalogados e suas subclassificações.....	26
<b>Tabela 3.</b> Propriedades físico-químicas comuns em efluentes de indústrias farmacêuticas.....	27
<b>Tabela 4.</b> Estudos conduzidos com a utilização de processos oxidativos avançados para a degradação de AZI, CQ, HCQ e IVM de efluentes e soluções aquosas.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS

AZI	Azitromicina
BC	Banda de Condução
BV	Banda de Valência
CE	Contaminante Emergente
CQ	Cloroquina
CV	Camada de Valência
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDB	Diamante Dopado com Boro
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EF	Eletro-Fenton
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FA	Fotoativação
FD	Fotólise Direta
FE	Fenton
FEF	Fotoeletro-Fenton
FH	Fotocatálise Heterogênea
FI	Fotólise Indireta
HCQ	Hidroxicloroquina
IVM	Ivermectina
MO / M.O.	Matéria Orgânica
MOD	Matéria Orgânica Dissolvida
OE	Oxidação Eletroquímica
OMS	Organização Mundial da Saúde
PDS	Peroxidissulfato
POA	Processo Oxidativo Avançado
POAc	Processo Oxidativo Avançado Catalítico
POAe	Processo Oxidativo Avançado Eletroquímico
POAf	Processo Oxidativo Avançado Físico
RV	Radiação Visível
SO	Sonólise
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Material e Métodos.....</b>	<b>8</b>
3.1 Revisão Bibliográfica.....	8
3.2 Análise bibliométrica – VOSviewer.....	8
<b>4. Resultados e Discussão.....</b>	<b>11</b>
4.1 Azitromicina.....	11
4.2 Cloroquina e hidroxicloroquina.....	12
4.3 Ivermectina.....	13
4.4 COVID-19.....	14
4.5 SARS-CoV-2.....	18
4.5.1 Alertas ignorados e crise sanitária.....	19
4.5.2 Necropolítica: quem pode viver e quem deve morrer?.....	20
4.5.3 “Kit COVID”.....	23
4.6 Contaminantes Emergentes.....	25
4.6.1 Repercussões ambientais da liberação de fármacos em efluentes.....	26
4.7 Processos Oxidativos Avançados.....	30
4.7.1 Processos fotoassistidos.....	33
4.7.2 Combinação de peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta.....	35
4.7.3 Processos Fenton, foto-Fenton, eletro-Fenton e fotoeletro-Fenton.....	37
4.7.4 Fotocatálise heterogênea.....	40
4.7.5 Oxidação eletroquímica.....	42
4.7.6 Sonólise.....	43
4.7.7 Síntese dos resultados, desafios e perspectivas.....	44
4.8 VOSViewer.....	48
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>53</b>
<b>6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>54</b>

## 1. Introdução

O ano de 2020 foi marcado pela emergência e disseminação da pandemia de COVID-19, evento que tem sido considerado a maior crise sanitária do século (David et al., 2020). Em dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre o surgimento de dezenas de casos de uma pneumonia de etiologia desconhecida na cidade de Wuhan, na China. Menos de um mês depois, confirmou-se que a patologia (COVID-19) estava sendo causada por uma nova variante de coronavírus (SARS-CoV-2), que foi isolada de pacientes. Em 30 de janeiro de 2020, com quase dez mil infectados confirmados na China, mais de duzentas fatalidades e novos casos relatados em 19 países, alguns distantes milhares de quilômetros, tais como Canadá e Austrália, o Comitê de Emergência da OMS declarou estado de Emergência de Saúde Pública de Âmbito Internacional (Lee, 2020). No início de abril, o vírus já havia sido identificado na maioria dos países, tendo causado pelo menos um milhão de infecções e mais de 60 mil óbitos (OMS, 2020).

Um dos primeiros estudos nacionais cujo objetivo foi estimar o número de infecções e mortes em potencial no Brasil foi realizado por Melo e colaboradores e seus resultados estão sintetizados na Tabela 1 (Melo et al., 2020). Os cenários considerados foram os mesmos utilizados por Walker, Whittaker e colaboradores, no estudo do Imperial College publicado ao final de março, que simularam a progressão da pandemia em 202 países (Walker e Whittaker et al., 2020). Entretanto, foram considerados dados atualizados, avaliando o período desde a primeira fatalidade da doença registrada em território nacional, em 17 de março de 2020, até o dia 15 de maio de 2020.

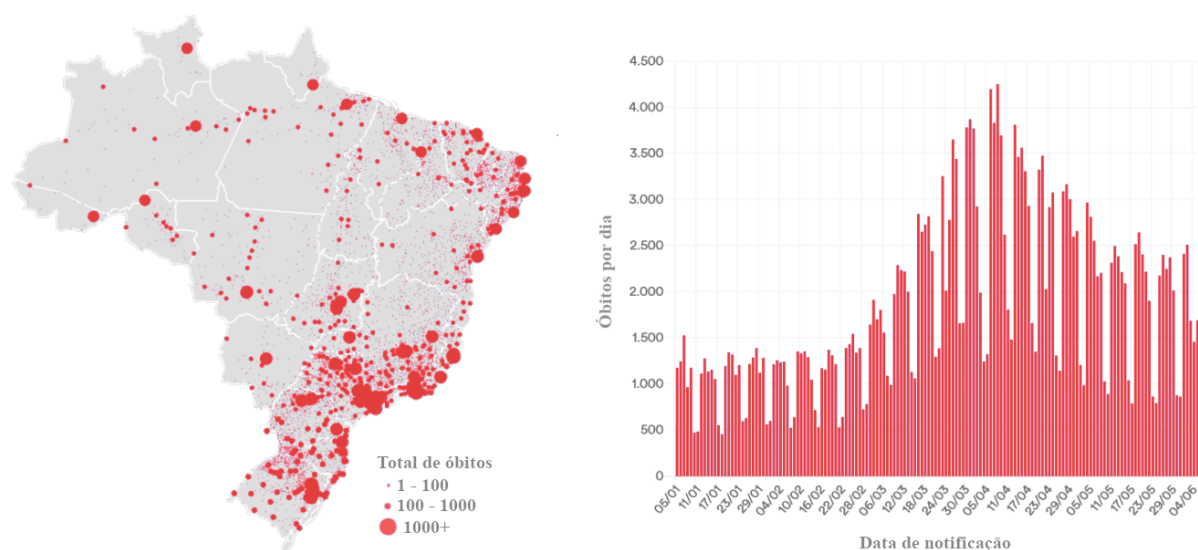
**Tabela 1.** Previsão do número de infecções e fatalidades em decorrência da COVID-19 no Brasil.

Cenário	Infecções (hab.)	Óbitos (hab.)	Taxa de letalidade (%)
<b>Sem qualquer medida de mitigação</b>	187.799.806	1.152.283	0,61
<b>Distanciamento social a toda população</b>	122.025.818	627.047	0,51
<b>Distanciamento social a toda população e medidas de isolamento adicionais voltadas a idosos</b>	120.836.850	529.779	0,44

Fonte: Melo et al., 2020.

De acordo com as estimativas, medidas de distanciamento social adotadas em larga escala seriam capazes de evitar cerca de 65 milhões de infecções e mais de meio milhão de casos fatais. Como comparação, o Brasil é classificado como um dos 40 países mais violentos do mundo, de acordo com o Índice Global da Paz, elaborado pelo Instituto para Economia e Paz, tendo registrado quase 44 mil assassinatos em 2020 (Institute for Economics and Peace, 2020; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020): ou seja, as medidas de isolamento social durante a pandemia poderiam poupar um número de vidas semelhante ao que seria obtido com o cessamento completo de todas as mortes violentas em território nacional, durante o período de quase 12 anos. Além disso, medidas de distanciamento adicionais voltadas à população idosa, especialmente vulnerável ao vírus, poderiam evitar ainda mais 97 mil mortes desnecessárias, reduzindo a taxa de letalidade da doença em mais de 10%.

Até o dia 6 de junho de 2021, o número de óbitos confirmados no Brasil era de 473.404, com 71.691.137 doses de vacinas aplicadas, garantindo a imunização de apenas 21% da população acima de 14 anos. Destas, 22.889.039 foram segundas doses, de modo que menos de 15% da população encontrava-se de fato imunizada, passados dois quintos do ano (Ministério da Saúde, 2021; IBGE, 2021). Ademais, nos três meses anteriores, a média semanal de fatalidades diárias permaneceu acima de 1.500 (Figura 1), evidenciando o fato de que o país não se aproxima rapidamente do final da epidemia, ao contrário do que determinadas autoridades públicas, críticas do isolamento social, têm afirmado – desde antes do número total de óbitos representar menos da metade do atual.



**Figura 1.** Mapa com a distribuição de óbitos totais em decorrência da COVID-19 no Brasil e gráfico com o número de notificações diárias de óbitos de 5 de janeiro a 7 de junho de 2021.

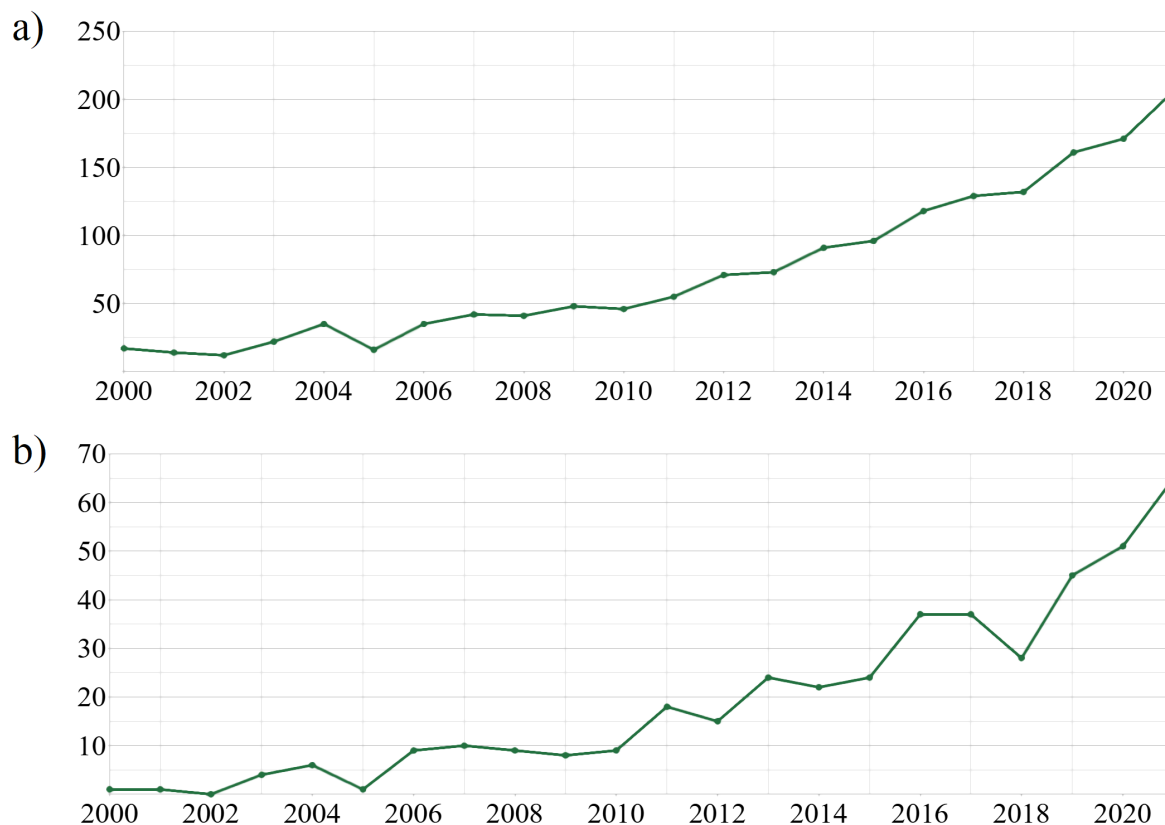
Fonte: Secretarias Estaduais de Saúde, Brasil, 2021. Adaptado de <https://covid.saude.gov.br/>.

Em resposta ao estabelecimento da pandemia, múltiplos grupos de pesquisa não mediram esforços para viabilizar o reposicionamento de fármacos: a utilização de drogas já comercializadas, para outras finalidades, com o intuito de tratamento ou prevenção da COVID-19. Este é um processo considerado crítico e de fundamental importância, uma vez que medicamentos em circulação já passaram por extensivos testes de segurança, observação de efeitos adversos e estabelecimento de contraindicações (e.g., a gestantes, infantes, indivíduos com determinados quadros clínicos, entre outros). Estudos anteriores, na sua maioria *in vitro* e utilizando diferentes culturas celulares, mas também em ratos, já haviam sugerido a eficácia da cloroquina (CQ) e da hidroxicloroquina (HCQ), um metabólito de menor toxicidade, contra cepas de coronavírus diversas, tais como SARS-CoV, HCoV-229E, HCoV-OC43, MERS-CoV e até mesmo SARS-CoV-2 (Wang et al., 2020; Colson et al., 2020). Tendo isto em vista, rapidamente múltiplos hospitais, principalmente na China, mas em seguida em outros países afetados pelo vírus, passaram a conduzir dezenas de estudos observacionais e clínicos que, inicialmente, mostraram-se positivos e indicaram possibilidades promissoras para a utilização de CQ e HCQ como tratamento à COVID-19 (Shukla et al., 2019; Gao et al., 2020; Rosa e Santos, 2020). Mais um fármaco proposto, frequentemente em associação à CQ/HCQ, é a azitromicina (AZI), devido às suas propriedades imunomoduladoras e antivirais, além de demonstrada atividade *in vitro* contra o SARS-CoV-2 (Andreani et al., 2020). Entretanto, conforme o número de testes se tornou mais expressivo, a eficácia terapêutica de CQ, HCQ e AZI para tratamento da COVID-19 foi paulatinamente refutada (Cavalcanti et al., 2020; Echeverría-Esnal et al., 2021), inclusive com estudos demonstrando que a associação de HCQ e AZI aumentou a mortalidade de pacientes (Fiolet et al., 2021). Outro medicamento que tem recebido atenção como possível tratamento precoce (e, reiteradamente, solução miraculosa) à COVID-19 é a ivermectina (IVM), um antiparasitário descoberto na década de 70, com amplo espectro de ação e de importância tão elevada que rendeu o prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia de 2015 aos pioneiros no seu estudo, Satoshi Ōmura e William Campbell. Contudo, a eficácia da IVM é controversa (Zaidi e Dehgani-Mobaraki, 2021; Roman et al., 2021; Castañeda-Sabogal et al., 2021), tendo sido verificada restritamente e para pacientes já em estado crítico e com altas doses (Kim, 2020; Rajter, 2021; Krolewiecki, 2020), sendo os demais usos, até o momento, desprovidos de validação empírica e contraindicados pela *U.S. Food and Drug Administration* (FDA) e pela OMS (Camprubí, 2020; WHO, 2021; FDA, 2021).

Apesar da ausência de evidências robustas de benefícios e em alguns casos a comprovação da ineficácia e até mesmo de malefícios, esses medicamentos passaram a ser

utilizados como recurso terapêutico por expressiva parcela da população, frequentemente sem prescrição médica. Pode-se atribuir este fenômeno a diversas origens, entre elas a especulação irresponsável por parte de autoridades sanitárias, a disseminação de notícias falsas (“*fake news*”), o analfabetismo científico do público em geral e o alto grau de politização que o debate assumiu (Silva e Azize, 2020). Entretanto, o Brasil se destaca do cenário dos demais países, uma vez que *fake news* a respeito de AZI, CQ, HCQ e IVM persistem, mesmo meses após o seu descrédito internacional (Machado et al., 2020). O uso vulgarizado desses medicamentos, irregular e contraindicado, se propagou de tal forma que, entre 2019 e 2020, as vendas de IVM, CQ e AZI aumentaram em 557%, 113% e 43,6%, respectivamente (CFF, 2021; G1, 2021; Figueiredo apud. Estadão, 2021). Além desses, diversos fármacos sem efetividade comprovada contra a COVID-19 também tiveram aumento expressivo nas vendas no mesmo período, tais como o antiparasitário nitazoxanida, as vitaminas C (ácido ascórbico) e D (colecalfiferol), entre outros (CFF e IQVIA apud. G1, 2021), expondo uma lacuna entre a pesquisa e a divulgação científica. Esse desacoplamento está profundamente associado ao abandono da análise numérica por parte da mídia, como bem colocou o professor Luiz Jurandir Simões de Araújo, da faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP: “*Sem números essa complexidade se transforma em cloroquina analítica, em terraplanismo estatístico*” (Jornal da USP, 2021).

Não obstante os danos provocados à saúde coletiva, o contexto da superutilização de compostos farmacêuticos suscita outra problemática, por vezes inicialmente desconsiderada: o impacto ambiental ocasionado pela sua liberação e de seus metabólitos no ambiente, principalmente nos esgotos domésticos. Sabe-se que essas substâncias têm potencial tóxico, ecotóxico e frequentemente são de difícil remoção (Vergili et al., 2019; Kumirska, 2020). Portanto, técnicas que permitam a sua degradação ou atenuação, por exemplo através da conversão a espécies menos tóxicas, são de grande importância. Entre os métodos estudados para essas finalidades, destacam-se os Processos Oxidativos Avançados (POA), que são particularmente baseados na alta reatividade dos radicais hidroxila (HO<sup>•</sup>) e têm como intuito promover a oxidação de produtos orgânicos indesejados a formas inócuas (Kanakaraju, Glass e Oelgemöller, 2018). Na última década, o número de publicações sobre o tema passou por expressivo aumento e essa tendência acompanhou a disseminação da COVID-19 e se intensificou nos últimos dois anos (Figura 2).



**Figura 2.** Número de publicações científicas sobre POA para o tratamento de efluentes (a) e efluentes contendo compostos farmacêuticos (b). Dados obtidos através de consulta no Scopus utilizando os termos [("advanced oxidation process" OR "advanced oxidative pro process") AND (degradation OR treatment) AND effluent], com a inclusão de [AND (pharmaceutical OR drug)] para o gráfico b).

Assim, este trabalho busca apresentar uma revisão de literatura sobre a remoção de compostos farmacêuticos, em especial AZI, CQ, HCQ e IVM, com a utilização de POA, dando ênfase nos resultados mais recentes obtidos pela pesquisa científica e na conjuntura nacional intimamente envolvida no estabelecimento da crise sanitária vigente.



## 2. Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral realizar uma análise fundamentada na literatura científica sobre a aplicabilidade de POA para a remoção de azitromicina, cloroquina, hidroxicloroquina e ivermectina de efluentes domésticos e matrizes aquosas.

Objetivos específicos:

- Descrever o contexto de surgimento e disseminação da pandemia de COVID-19, assim como as principais características da patologia;
- Detalhar a resposta das autoridades sanitárias à doença, com enfoque no cenário brasileiro;
- Apresentar uma investigação antropológica da tomada de decisão e ações empregadas no combate à COVID-19 em âmbito nacional;
- Contextualizar a emergência do “kit COVID”, identificando os principais fármacos utilizados para o “tratamento precoce” e as problemáticas ambientais relacionadas à liberação deles em efluentes domésticos;
- Discutir as limitações dos sistemas convencionais de tratamento de água e esgoto quanto à remoção de fármacos e outros contaminantes emergentes;
- Realizar uma análise bibliométrica sobre o uso de POA para a remoção de fármacos de efluentes e de soluções aquosas.

### **3. Material e Métodos**

#### **3.1 Revisão Bibliográfica**

A revisão da literatura científica foi baseada primariamente nas plataformas e motores de busca ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), Portal de Periódicos CAPES/MEC (<https://www.periodicos.capes.gov.br>) e Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>). Buscou-se priorizar periódicos revisados por pares e internacionalmente reconhecidos pela alta qualidade e impacto, mas também foram utilizados capítulos de livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Devido à atualidade do tema e relevância social, também foram consultados jornais e sites de notícias, tais como BBC News, CNN, The Guardian, The New York Times, The Washington Post, The Wall Street Journal, The Independent, China Daily, Le Monde, Carta Capital, El País, O Globo, Folha de São Paulo, O Estado de São Paulo, Zero Hora, Jornal do Comércio, entre outros. Sempre que utilizadas, as notícias, reportagens e matérias jornalísticas foram discriminadas dos artigos científicos. Para reduzir o nível de viés midiático, só foram consideradas matérias noticiadas em três ou mais veículos diferentes, preferencialmente de espectros políticos diversos, e classificados como de alta relevância nacional ou internacional, priorizando aqueles cujas fontes primárias estão explicitadas.

#### **3.2 Análise bibliométrica – VOSviewer**

Com o intuito de construir e visualizar uma rede bibliométrica do conhecimento científico publicado sobre os temas de POA para tratamento de efluentes e, mais especificamente, de efluentes ou soluções contendo compostos farmacêuticos, empregou-se o programa VOSviewer (van Eck e Waltman, 2010), versão 1.6.16. Trata-se de uma ferramenta que facilita a análise de coautoria de trabalhos, coocorrência de palavras-chave, citações, temas, acoplamento bibliográfico, entre outros (Yu et al., 2020).

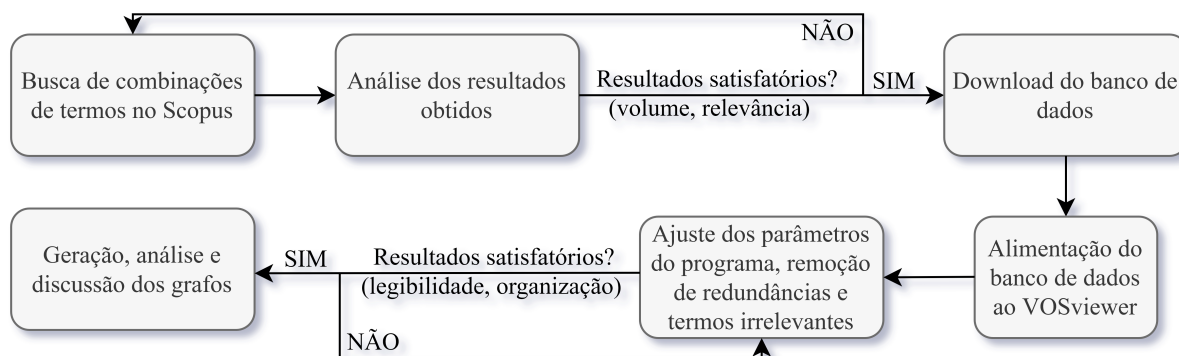
Foi utilizada a plataforma Scopus no dia 5 de novembro de 2021 para aquisição dos dados. Delimitou-se a busca em título, resumo e palavras-chave (“*TITLE-ABS-KEY*”) e os termos pesquisados foram:

1. ("advanced oxidation process" OR "advanced oxidative process") AND (degradation OR treatment) AND effluent
2. ("advanced oxidation process" OR "advanced oxidative process") AND (degradation OR treatment) AND azithromycin

Para a geração dos mapas – também referidos como “redes” ou “grafos” – no VOSviewer (*Network Visualization, Overlay Visualization e Density Visualization*), que são analisados e discutidos nos resultados, foi adotada a seguinte sequência de passos:

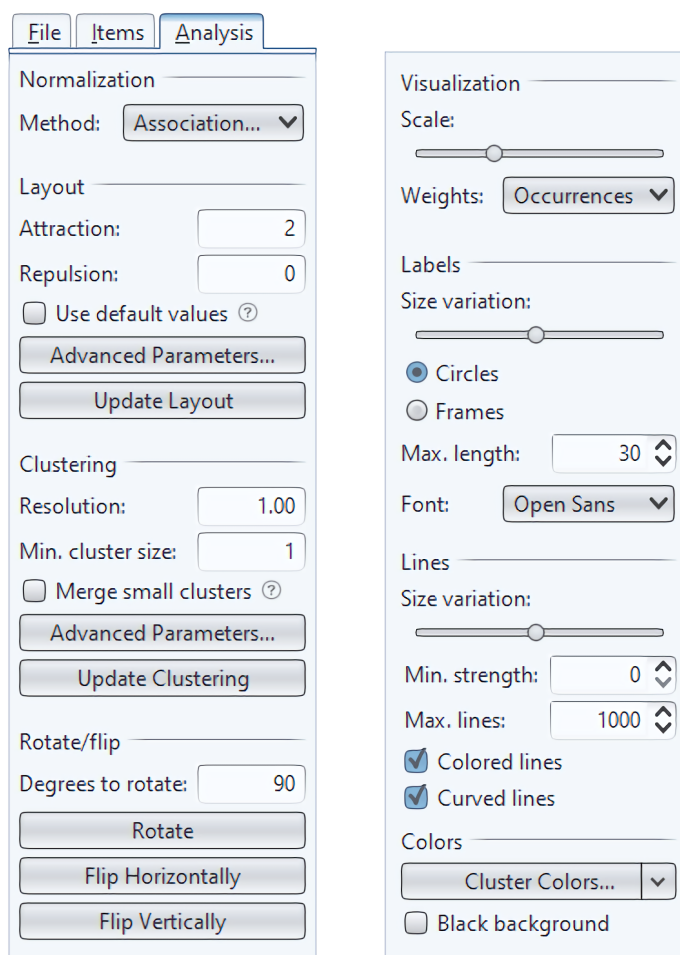
1. Create...
2. Create a map based on bibliographic data
3. Read data from bibliographic database files > Scopus
4. Type of analysis: Co-occurrence
5. Unit of analysis: All keywords
6. Counting method: Full counting

Os campos "*Minimum number of occurrences of a keyword*" e "*Number of keywords to be selected*" foram refinados diversas vezes até a construção de mapas avaliados como robustos, i.e., com número conveniente de palavras-chave e conexões, organizados e de fácil legibilidade. Para a geração dos produtos finais, foram selecionados os 50 termos mais citados na literatura e, na sequência, procedeu-se à remoção das palavras-chave consideradas irrelevantes (e.g., *article, review, methodology, etc.*) ou redundantes (Figura 3).



**Figura 3.** Fluxo de trabalho utilizado no Scopus e VOSviewer para a construção e análise da rede bibliométrica dos estudos científicos de POA para tratamento de efluentes e degradação de compostos farmacêuticos.

Para a obtenção de um resultado final mais inteligível, as preferências de *layout* (com os parâmetros *attraction* e *repulsion*), agrupamento (*resolution* e *min. cluster size*), escala de visualização, tamanho dos rótulos, paleta de cores, número e densidade de linhas, foram ajustadas *ad hoc* (Figura 4).



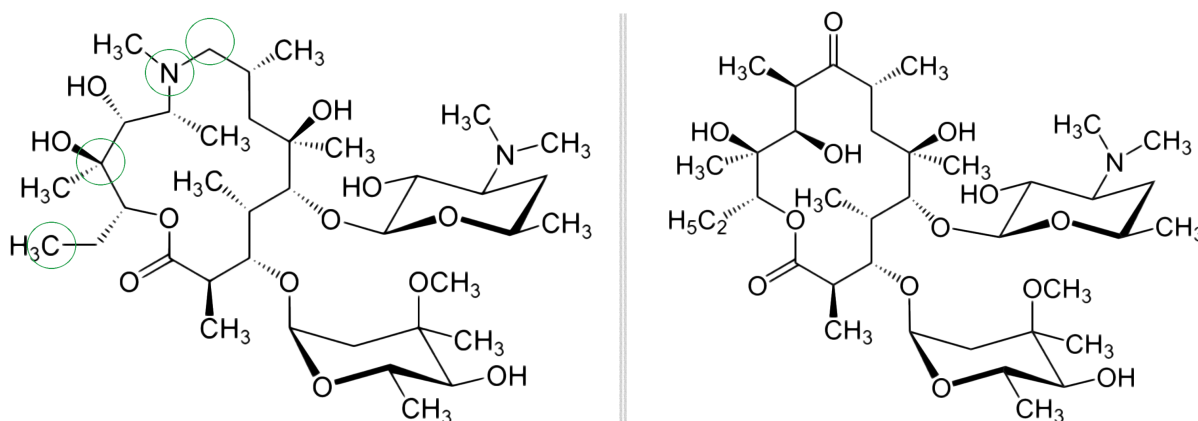
**Figura 4.** Painéis da GUI do VOSviewer. Neles, foram modificados os parâmetros para a geração dos grafos analisados.

Não foram realizadas análises bibliométricas com ênfase em POA para a degradação específica de AZI, CQ, HCQ e IVM devido à insuficiência de estudos científicos sobre esses temas até o momento, o que impossibilita a construção de redes robustas e significativas. Entretanto, as principais contribuições científicas identificadas nessas áreas são levantadas e discutidas no capítulo 4.7.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Azitromicina

A azitromicina é uma molécula conhecida e utilizada farmaceuticamente por possuir amplo espectro de atividade antimicrobiana. Apesar de estar estruturalmente relacionada à eritromicina (Figura 5), ambas pertencentes ao grupo dos antibióticos macrolídeos, ela possui atividade *in vitro* levemente inferior contra bactérias gram-positivas, porém efetividade expressivamente aumentada contra diversas bactérias gram-negativas e outros patógenos, tais como *Haemophilus influenzae*, *Haemophilus parainfluenzae*, *Moraxella catarrhalis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Ureaplasma urealyticum* e *Borrelia burgdorferi* (Peters et al., 1992).



**Figura 5.** Comparação entre as estruturas químicas da azitromicina (esquerda) e eritromicina (direita). Os círculos destacam as principais diferenças estruturais.  
Fonte: adaptado do repositório Wikimedia Commons.

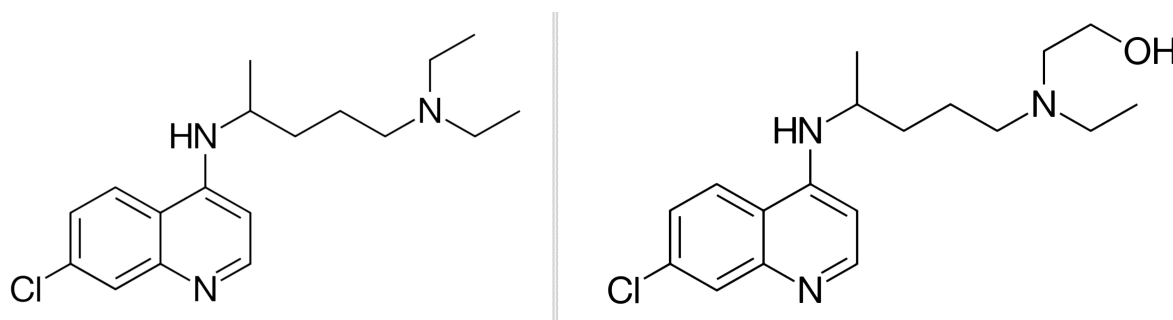
O mecanismo de ação da azitromicina está associado à sua capacidade de ligação à subunidade 50S dos ribossomos, o que provoca a inibição da síntese proteica, levando a efeitos bacteriostáticos e bactericidas em diversos microrganismos (Parnham et al., 2014). Sua farmacodinâmica e farmacocinética possibilitam regimes de dosagem simples e são observados relativamente poucos efeitos adversos, de modo que esta droga tem sido utilizada, entre outros, para o tratamento de infecções do trato respiratório, pele, tecidos moles e doenças sexualmente transmissíveis, tais como clamídiase, ocasionada pela bactéria *Chlamydia trachomatis* (Duran e Amsden, 2000).

Devido a essas propriedades, a azitromicina tem sido frequentemente prospectada em estudos que objetivam o seu reposicionamento para o tratamento de novas doenças e condições médicas (Barks et al., 2019; Baker et al., 2019). Desde o início da pandemia, esta

droga passou a ser testada também para o manejo da COVID-19, tanto com o intuito de combater infecções bacterianas secundárias quanto em busca de potencial atividade antiviral (Yacouba et al., 2021). Entretanto, com o passar do tempo, falhou-se em embasar com evidências científicas a utilidade terapêutica da azitromicina para tratamento da COVID-19, ao mesmo tempo em que o risco da seleção de microrganismos resistentes a este e outros compostos com mecanismos semelhantes é bem conhecido, especialmente no contexto da utilização exagerada e inadequada de agentes antimicrobianos (PRINCIPLE Trial Collaborative Group, 2021), tal como a que vem se observando em diversos países, inclusive o Brasil. Quando dispersos no ambiente, por exemplo como consequência do despejo de efluentes domiciliares, os antibióticos tendem a favorecer o aparecimento de genes de resistência, inclusive em agentes infecciosos patogênicos, o que pode dificultar (i.e., levar à exigência de doses mais altas e por períodos prolongados) ou até mesmo tornar inefetivos os tratamentos disponíveis atualmente. Repercussões da liberação de fármacos no ambiente são discutidas no capítulo 4.6.1.

## 4.2 Cloroquina e hidroxicloroquina

Cloroquina e hidroxicloroquina (Figura 6) são fármacos utilizados principalmente para o tratamento e prevenção da malária (doença causada por algumas espécies de *Plasmodium*), considerados eficazes contra *P. vivax*, *P. malarie* e *P. ovale*. Além disso, suas bulas também indicam efetividade no tratamento da amebíase hepática e, em associação a seus efeitos imunomoduladores e anti-inflamatórios, no manejo de lúpus eritematoso sistêmico, lúpus discoide e artrite reumatoide.



**Figura 6.** Estrutura química da cloroquina (esquerda) e hidroxicloroquina (direita).

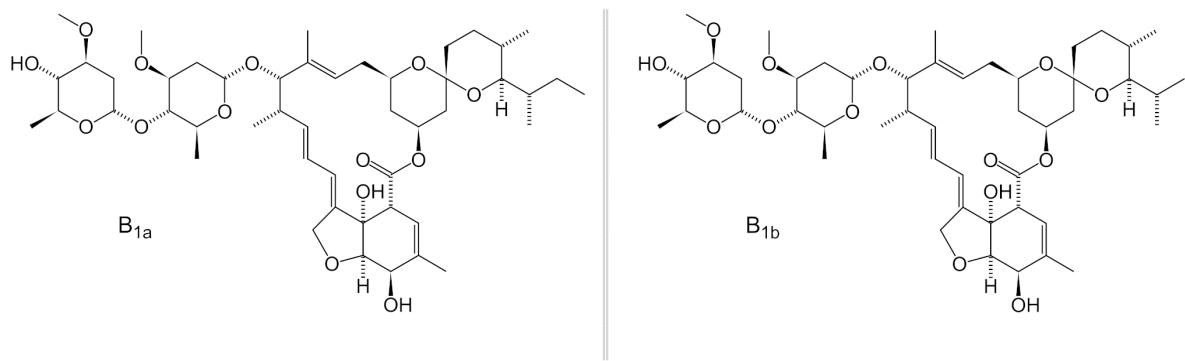
Fonte: adaptado do repositório Wikimedia Commons.

Pacientes dessas doenças, que fazem uso contínuo de CQ e HCQ, passaram por momentos de insegurança e aflição, com dificuldade em encontrar esses remédios, em decorrência do seu desvio para tratamento da COVID-19 (G1-AM, 2020; Folha de São Paulo, 2021; Jornal Nacional, 2021), apesar da inexistência de embasamento científico da sua efetividade para esse uso.

O emprego de CQ e HCQ foi reiteradamente defendido por uma parcela minoritária da comunidade médica (BBC News, 2020) sob o argumento falacioso do uso compassivo. Trata-se da autorização para uso de medicamentos sem validação científica completa para pacientes com doenças debilitantes graves, ou que ameacem a vida, e sem alternativa terapêutica satisfatória (Goldim, 2008). Esta justificativa falha, uma vez que o uso de CQ e HCQ foi promovido também para casos leves ou moderados e até mesmo como profilaxia. Essas recomendações extrapolam os limites éticos (El País, 2021) e comprometem a saúde dos pacientes que, muitas vezes sem o consentimento apropriado, são submetidos a tratamentos experimentais potencialmente danosos (BBC News, 2021). Não se pode deixar de considerar os efeitos retinotóxicos associados ao uso prolongado, em especial da CQ, mas também HCQ (Marmor et al., 2016; Porta et al., 2020; Stokkermans et al., 2021) e muito menos a longa lista de efeitos adversos, tais como dores abdominais e náusea (muito comuns), diarreia, vômito, cefaléia, anorexia (comuns) e até perda de audição, convulsões, cardiomiopatia, insuficiência hepática e degeneração macular (frequência desconhecida). Sem os resultados de estudos criteriosos, é impossível determinar até que ponto e em quais circunstâncias esses medicamentos podem ter efeito benéfico e a partir de quando – ou como – a sua utilização será inócua ou mesmo detrimental. A defesa do uso compassivo de CQ e HCQ, tal como se deu no contexto da COVID-19, não tem fundamento na medicina baseada em evidências.

### 4.3 Ivermectina

Ivermectina é uma lactona macrocíclica de alta eficácia contra nematódeos e artrópodes que, desde a década de 80, vem sendo amplamente utilizada tanto em parasitoses veterinárias quanto humanas, como por exemplo as provocadas por *Wuchereria bancrofti*, *Loa loa*, *Mansonella ozzardi*, *Strongyloides stercoralis*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e *Enterobius vermicularis* (Ottesen e Campbell, 1994). Trata-se de uma mistura composta de 80% de 22,23-dihidro-ivermectina B<sub>1a</sub> e 20% de 22,23-dihidro-ivermectina B<sub>1b</sub> (Figura 7), que pode ser administrada tanto oralmente quanto injetada (Laing et al., 2017).



**Figura 7.** Estrutura química da ivermectina, uma mistura de 80% de 22,23-dihidro-avermectina B<sub>1a</sub> (esquerda) e 20% de 22,23-dihidro-avermectina B<sub>1b</sub> (direita).  
 Fonte: adaptado do repositório Wikimedia Commons.

Essas e outras moléculas classificadas como avermectinas foram originalmente isoladas do actinomiceto *Streptomyces avermitilis* e possuem estrutura química similar à de antibióticos macrolídeos, tais como a AZI, apesar da sua virtual ausência de atividade antibacteriana (Campbell, 1985). Diversos estudos já demonstraram que a IVM é capaz de inibir a replicação de vírus de RNA de fita simples *in vitro*, tais como os causadores da dengue, febre amarela e zika (Chaccour et al., 2020). Mais recentemente, um estudo confirmou também a sua efetividade para a inibição da replicação do SARS-CoV-2 *in vitro* (Caly et al., 2020), trazendo à tona o potencial uso desse medicamento para tratamento da COVID-19. Entretanto, cabe ressaltar que a eficácia de compostos observada *in vitro* raramente pode ser transposta de forma direta à prática clínica, sendo considerada uma das fases iniciais da pesquisa médica. No caso do experimento de Caly e colaboradores, por exemplo, foi utilizada uma concentração de 5  $\mu\text{M}$  de IVM (4370 ng/ml), que é mais de cem vezes a concentração plasmática atingida com a maior dose considerada segura pelo FDA para o uso do antiparasitário.

#### 4.4 COVID-19

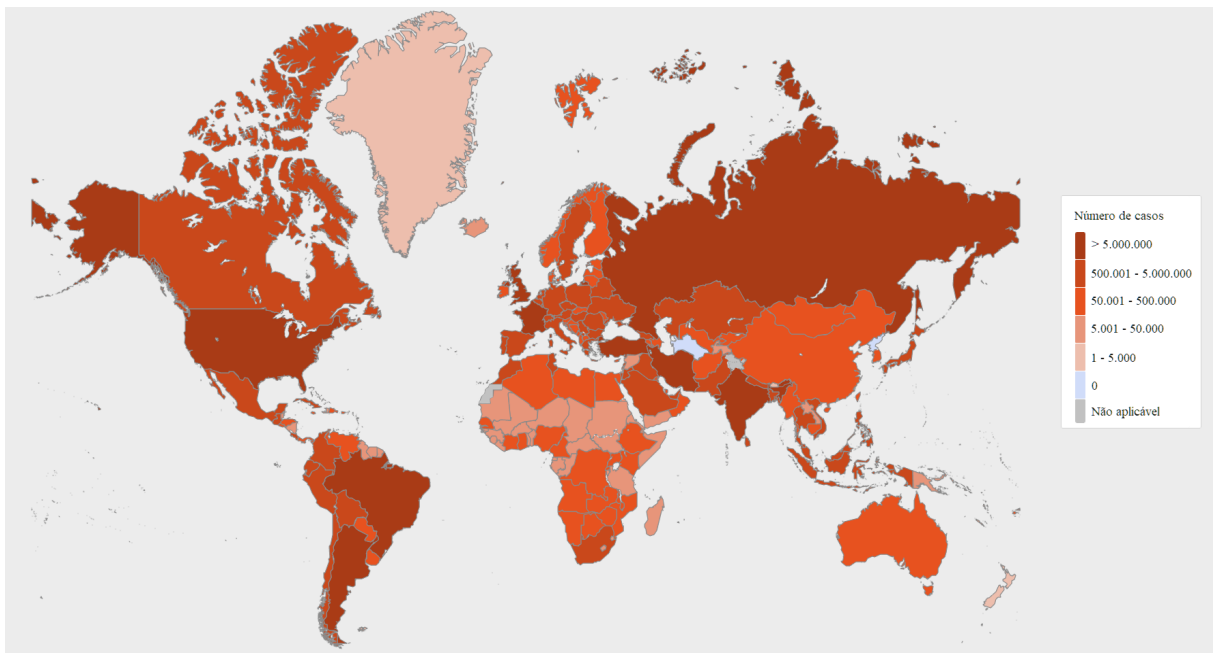
Os primeiros casos de COVID-19 foram reportados em dezembro de 2019, quando ainda não havia se identificado a etiologia da doença. Rapidamente, estabeleceu-se sua relação com um novo coronavírus, estruturalmente semelhante ao causador da SARS (Síndrome Respiratória Aguda Grave), que por sua vez foi responsável pela epidemia de 2002-2003 (Fauci et al., 2020). Apenas um mês depois, em janeiro de 2020, o vírus foi isolado e descrito pelas autoridades chinesas, recebendo a denominação de SARS-CoV-2 e se



tornando o sétimo coronavírus conhecido até o momento capaz de provocar infecções em humanos (Oliveira et al., 2020).

A comparação entre a COVID-19 e as manifestações patológicas de outros coronavírus, mas em especial a SARS (provocada pelo SARS-CoV) e a MERS (acrônimo para *Middle East Respiratory Syndrome*, cujo agente etiológico é o MERS-CoV), que já causaram epidemias preocupantes, auxiliaram em grande medida no entendimento e combate à doença. Entretanto, essas epidemias passadas foram responsáveis, combinadamente, por pouco mais de 10 mil infecções e 1650 óbitos, tendo afetado cerca de 30 países; já a COVID-19, até setembro de 2021, já havia afetado mais de 233 milhões de pessoas, vitimando fatalmente mais de 4,7 milhões (WHO, 2021), em praticamente todos os países do mundo (Figura 8, Figura 9). Uma diferença fundamental entre essas doenças está relacionada à alta taxa de infecção do SARS-CoV-2, além de um período de incubação particularmente longo. Além disso, diversos sintomas podem ser confundidos com os de outras patologias respiratórias, tais como a gripe, asma ou mesmo resfriados comuns e alergias (Quadro 1), havendo, portanto, a necessidade de testes imunológicos ou moleculares para a confirmação dos diagnósticos.

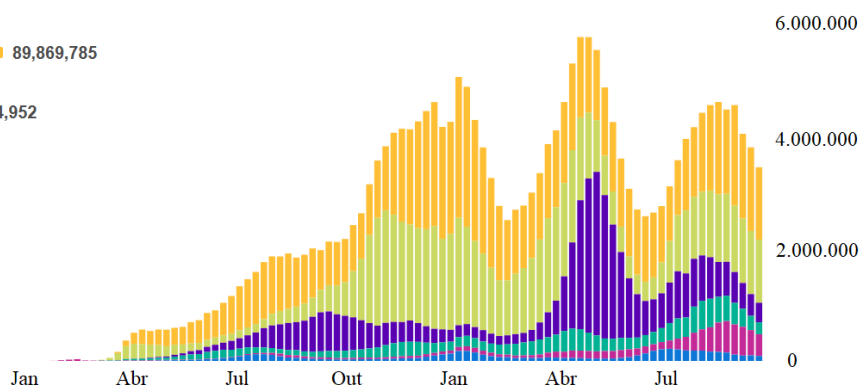
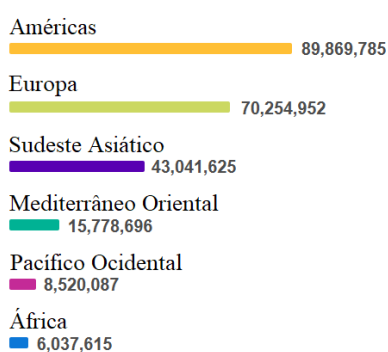
É possível que a comparação com essas epidemias passadas, que tiveram desfechos mais amenos, tenha incentivado as projeções infaustas do atual ministro da economia, Paulo Guedes, que em março de 2020 declarou que “com três, quatro, cinco bilhões de reais a gente aniquila o coronavírus. Porque já existe bastante verba na saúde, o que precisaríamos seria de um extra” (UOL, 2020). Na realidade, o Brasil está entre os países em desenvolvimento e emergentes que menos investe na área da saúde, ocupando a posição 37 de 44 no ranking (OCDE, 2019), e, até o momento, mais de R\$ 500 bilhões já foram gastos pelo governo no enfrentamento à pandemia (Senado Notícias, 2020), extrapolando a projeção inicial do ministro em mais de cem vezes.



**Figura 8.** Densidade de casos confirmados de COVID-19 no mundo até setembro de 2021.  
 Fonte: adaptado do WHO COVID-19 Dashboard (<https://covid19.who.int/>).

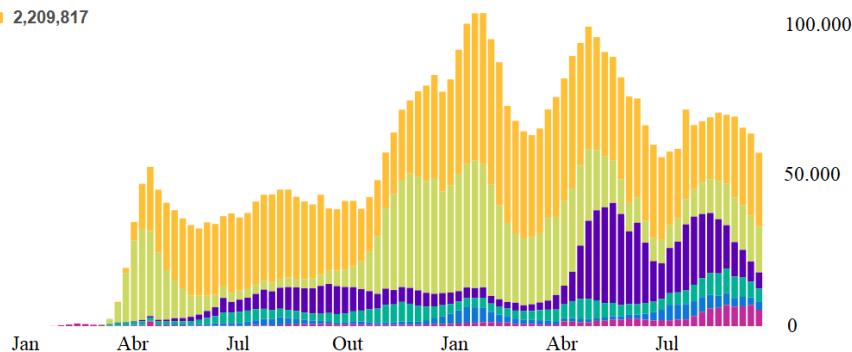
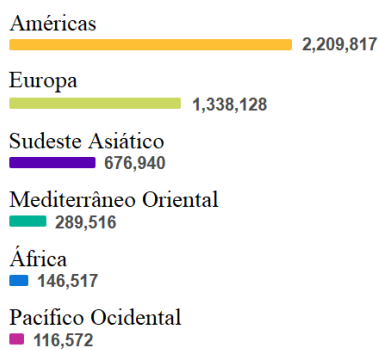
a)

Número de casos confirmados por região



b)

Número de óbitos por região



**Figura 9.** Número de casos confirmados (a) e óbitos (b) semanais em consequência de COVID-19, até setembro de 2021, nas seis regiões conforme divisão da OMS.  
 Fonte: traduzido e adaptado do WHO COVID-19 Dashboard (<https://covid19.who.int/>).

**Quadro 1.** Comparação entre os sintomas da COVID-19, resfriado, gripe e asma.

Sintomas	COVID-19 Sintomas variam de amenos a severos	Resfriado Início gradual dos sintomas	Gripe Início abrupto dos sintomas	Alergias Sazonais Início abrupto dos sintomas	Asma Início abrupto ou gradual dos sintomas
 Duração dos sintomas	7-25 dias	14< dias	7-14 dias	Várias semanas	Minutos a horas ou mais
 Tosse	Comum (geralmente seca)	Comum (amena)	Comum (geralmente seca)	Raro (Geralmente seca, a não ser que associada à asma)	Comum (pode ser seca ou com muco)
 Sibilos	Não	Não	Não	Não	Comum
 Respiração curta ou dificuldade de respirar	Comum	Não	Não	Não	Comum
 Dor ou aperto no peito	Eventual	Não	Não	Não	Comum
 Respiração ofegante	Raro	Não	Não	Não	Comum
 Espirros	Não	Comum	Não	Comum	Não
 Coriza	Comum	Comum	Eventual	Comum	Não
 Dor de garganta	Comum	Comum	Eventual	Eventual (geralmente amena)	Não
 Febre	Comum	Curto período de febre	Comum	Não	Não
 Fadiga ou cansaço	Comum	Eventual	Comum	Eventual	Eventual
 Dor de cabeça	Comum	Raro	Comum	Eventual	Raro
 Dores no corpo	Comum	Comum	Comum	Não	Não
 Diarreia, náusea e vômito	Comum	Raro	Eventual	Não	Não
 Calafrios	Comum	Não	Eventual	Não	Não
 Perda de olfato ou paladar	Comum	Raro	Raro	Eventual	Não

Fonte: traduzido e adaptado de Asthma and Allergy Foundation of America, 2020.

## 4.5 SARS-CoV-2

Os coronavírus capazes de infectar humanos podem ser divididos entre três associados a sintomas graves (SARS-CoV, SARS-MERS e SARS-CoV-2, comparados no Quadro 2) e quatro com sintomatologia mais amena (HCoV-229E, HCoV-NL63, HCoV-OC43 e HCoV-HKU1), embora também contribuam consideravelmente com o número de infecções respiratórias que é registrado anualmente (Corman et al., 2018).

**Quadro 2.** Comparação entre o SARS-CoV-2, SARS-CoV e MERS-CoV.

	SARS-CoV-2	SARS-CoV	MERS-CoV
<b>Gênero</b>	Clado I, linhagem B	Clado I, linhagem B	Clado II, linhagem C
<b>Primeira aparição</b>	7 de dezembro de 2019, Wuhan, China	16 de novembro de 2002, Foshan, China	4 de abril de 2012, Zarqa, Jordânia
<b>Identificação do vírus</b>	Janeiro de 2020	Março de 2003	Junho de 2012
<b>Descoberta do agente etiológico</b>	Janeiro de 2020	Abril de 2003	Setembro de 2012
<b>Status atual</b>	Pandemia em andamento	Completamente controlada	Esporadicamente contínua
<b>Número de infectados</b>	253.163.330*	8.096	2.553
<b>Número de mortes atribuídas</b>	5.098.174*	774	876
<b>Abrangência</b>	221 países ou regiões*	29 países ou regiões	27 países ou regiões
<b>Taxa de fatalidade</b>	2%*	9,6%	34,3%

Fonte: traduzido, adaptado e atualizado de Zhu et al., 2020.

\* dados da OMS para o dia 15 de novembro de 2021.

Tratam-se de doenças zoonóticas, cujos vírus causadores já tiveram ancestralidade genética relacionada a variedades que infectam bovinos, porcos, camelos, morcegos, roedores, pangolins e outros mamíferos selvagens. Portanto, a sua gênese está intimamente relacionada a desequilíbrios ecológicos que perturbam o habitat desses animais e aumentam as suas chances de contato com humanos, além de condições sanitárias impróprias que favorecem a multiplicação e seleção de variedades mais agressivas (Morens et al., 2020). Devido a essa combinação de fatores, a emergência de diversas outras zoonoses contagiosas também tem se alastrado nas últimas décadas, impulsionada pelo modelo de agricultura industrial e o crescimento populacional humano (Mujica et al., 2020).

#### 4.5.1 Alertas ignorados e crise sanitária

Desde o início da pandemia, a origem do novo coronavírus tem sido associada aos *wet markets* chineses, também denominados mercados públicos ou mercados tradicionais (Mizumoto, Kagaya e Chowell, 2020). Nesses locais, há a venda de peixes e frutos do mar, mas também são comercializados animais vivos e, eventualmente, selvagens. Já é bem estabelecido que alguns desses animais podem constituir um reservatório para diversas zoonoses, cuja transmissão aos humanos é propiciada com o seu contato e consumo de produtos derivados. De fato, há pelo menos 30 anos, cientistas e divulgadores científicos tentam alertar para o crescente risco da emergência de novas pandemias (National Geographic, 2020), vinculadas não só à transmissão zoonótica, mas também às precárias condições de vida que são enfrentadas na maioria dos países do Sul Global e favorecem a disseminação e evolução de doenças infecciosas.

Uma das primeiras medidas tomadas pelo governo da China, assim que se identificou a gravidade da COVID-19, foi decretar o fechamento de todos os *wet markets* que vendiam animais selvagens, além de banir temporariamente o seu transporte e venda em todo o território nacional (Xiao et al., 2021). A ligação com o consumo de carnes exóticas levou ao país pedidos internacionais por restrições sanitárias, frequentemente carregadas de caráter sinofóbico (Segata, Beck e Muccillo, 2021), tal como a matéria opinativa publicada no *The Wall Street Journal*, em 27 de janeiro de 2020, intitulada “*Abolish Asia’s ‘Wet Markets,’ Where Pandemics Breed*” (“Eliminem os ‘*Wet Markets*’ asiáticos: onde as pandemias são criadas”, em tradução livre). Essas críticas muitas vezes não têm fundamento técnico-científico e se alinham com a retórica de que a China representa uma ameaça ao Ocidente, tanto pelo seu avassalador crescimento econômico quanto pela resistência política na adoção de hábitos e culturas ditas “globais” (Lynteris, 2018).

O consumo alimentar é emblemático nesse processo: ao mesmo tempo em que a China incorporou supermercados e o ultraprocessamento industrial de alimentos, os mercados tradicionais permaneceram em funcionamento e ainda constituem uma importante fonte de proteína às populações de regiões mais pobres – não apenas no Oriente, mas no mundo. Além disso, são mais sustentáveis do que o sistema alimentar industrial, de forma que a sua completa abolição provavelmente traria mais desvantagens do que benefícios à saúde humana e ambiental, sendo a regulamentação e fiscalização abordagens mais recomendadas para o controle das emergências zoonóticas nesse contexto (Petrikova, Cole e Farlow, 2020).

Os *wet markets* e o consumo de carnes exóticas são, portanto, a ponta do iceberg em termos de propagação de pandemias. Além de questões socioeconômicas subjacentes, encontra-se o consumo mundial desenfreado de carne animal, sustentado pelo sistema agroindustrial, que requer a destruição de habitats naturais. Fundamentalmente, em vez de banir o mercado de animais vivos para a contenção de zoonoses – o que implica, além de tudo, na tentativa de contrapor uma tendência cultural –, seria mais efetivo reduzir o consumo de carne em escala global, produzindo uma menor quantidade através de pequenas propriedades, agricultura familiar e negócios locais (Petrikova, Cole e Farlow, 2020).

#### **4.5.2 Necropolítica: quem pode viver e quem deve morrer?**

O filósofo Michel Foucault conceituou, no final da década de 70, os termos *biopoder* e *biopolítica*, ideias que têm sido apropriadas por diversos autores para descrever o desenvolvimento da pandemia de COVID-19, inclusive no Brasil (Jesus, 2020; Santos et al., 2020; Sandset, 2021; Davis, 2021). Tratam-se de formas de controle populacional “sutis”, que operam de maneiras invisíveis, automáticas, porém exercem profunda influência não só sobre o comportamento humano, mas também o próprio pensamento individual (Lorenzini, 2020). Foucault identifica na contemporaneidade a emergência de uma nova forma de poder que atua sobre os corpos dos indivíduos, considerando processos como natalidade, fecundidade, mortalidade e longevidade, com a utilização de técnicas disciplinares e o intuito de tornar a “massa populacional” (conforme entendida pelo biopoder) produtiva, em termos gerais, e politicamente débil, mais especificamente (Negris, 2020). Nesse contexto, o racismo é utilizado como ferramenta para delimitar fronteiras no contínuo biológico e definir inimigos classificados em raças ou grupos sociais. O Estado assume, portanto, o direito sobre o controle da vida e da mortalidade da população, arbitrando coletivos étnico-sociais a serem invisibilizados e indivíduos que devem ser tratados como subcidadãos.

Esses conceitos foram estudados pelo filósofo Achille Mbembe à luz das noções de soberania e estado de exceção, levando em consideração o histórico de colonização da África e das Américas. No seu ensaio “Necropolítica” (2003), o autor argumenta que “*matar ou deixar viver constituem os limites da soberania, seus atributos fundamentais*” e “*a soberania é a capacidade de definir quem importa e quem não importa, quem é “descartável” e quem não é*”. Mbembe identifica formas de poder “*cujo projeto central não é a luta pela autonomia, mas a instrumentalização generalizada da existência humana e a destruição*

*material de corpos humanos e populações*”, inexoráveis do processo de constituição do modelo de Modernidade europeia, perpetuado até hoje através da globalização, do neoliberalismo e do colonialismo (Negris, 2020).

Como os conceitos de biopoder e necropolítica podem ajudar a entender o desenvolvimento da crise sanitária que já vitimou fatalmente mais de 600 mil pessoas no Brasil? Em primeiro lugar, observou-se a construção de uma falsa dicotomia entre recuperação econômica e proteção de vidas (Associação dos Especialistas em Políticas Públicas do Estado de São Paulo, 2020), polarizando a discussão entre defensores de medidas de contingência, i.e., epidemiologistas, infectologistas, virologistas, etc., e negacionistas, cuja argumentação se concentrou na mitigação de prejuízos econômicos. Conforme o número de casos e fatalidades expandiu, a negação da gravidade da pandemia passou de *modus operandi* a posição insustentável e, a partir daí, a estratégia assumiu um caráter ainda mais sinistro: de acordo com levantamento produzido pelo Centro de Pesquisas e Estudos de Direito Sanitário da Faculdade de Saúde Pública da USP e a Conectas Direitos Humanos, que analisou 3.049 normas federais produzidas em 2020, o governo se engajou em uma “estratégia institucional de propagação do coronavírus” (CEPEDISA/FSP/USP, 2020; Centro Brasileiro de Estudos em Saúde, 2021). Essa constatação está em consonância com o entendimento de Sylvia Steiner, única juíza brasileira que já atuou no Tribunal Penal Internacional – no qual se acumulam denúncias contra o governo federal (UOL Congresso em Foco, 2021; Carta Capital, 2021; El País, 2021). Segundo a juíza declarou sobre os documentos enviados ao Tribunal, em entrevista ao Estadão no dia 26 de setembro de 2021,

*“O que nós vimos com essa documentação é que houve realmente um projeto, uma política propositada de gerar aquilo que vulgarmente se chama de imunidade de rebanho. Sendo uma política, é um elemento de contexto de crime contra a humanidade. A grande diferença é que, depois dessa análise, percebe-se que não era simplesmente ignorância, incompetência e falta de conhecimento. Foi a implementação de uma política de que uma suposta infecção da população geraria um resultado positivo. Isso é uma política, um ataque. Não se usa uma população como cobaia de um teste; isso, em tese, é um crime contra a humanidade.”*

O depoimento do presidente da ONG Rio de Paz, Antônio Carlos Costa, prestado à Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI) da COVID, no dia 18 de outubro de 2021, ajuda a ilustrar outros elementos que caracterizam a necropolítica adotada pelo governo Bolsonaro:

*“Jamais o vimos derramar lágrima de compaixão ou expressar profundo pesar pelo povo brasileiro. Não soubemos de favela que ele tenha visitado, hospital para o qual tenha se dirigido, a fim de comunicar ânimo aos nossos profissionais de saúde. Nenhuma palavra de direção ou encorajamento às milhões de famílias aturdidas com a crise múltipla que se estabeleceu no nosso país. Para a nossa perplexidade e revolta, o vimos: apoiar manifestações públicas antidemocráticas que fomentaram aglomeração; xingar jornalista; chamar o povo de “marica”; fazer deboche com os que agonizavam pela falta de ar; andar de jet ski, jogar futebol; comer pastel em boteco; insuflar golpe militar; prescrever remédio sem eficácia comprovada; combater o uso de máscara; menosprezar o distanciamento social; trivializar o poder letal do vírus [...] Em suma, em dias de fome, doença, morte e luto, em vez de cuidar do povo que o elegeu, se dedicou tão somente a defender seu mandato e garantir sua reeleição.”*

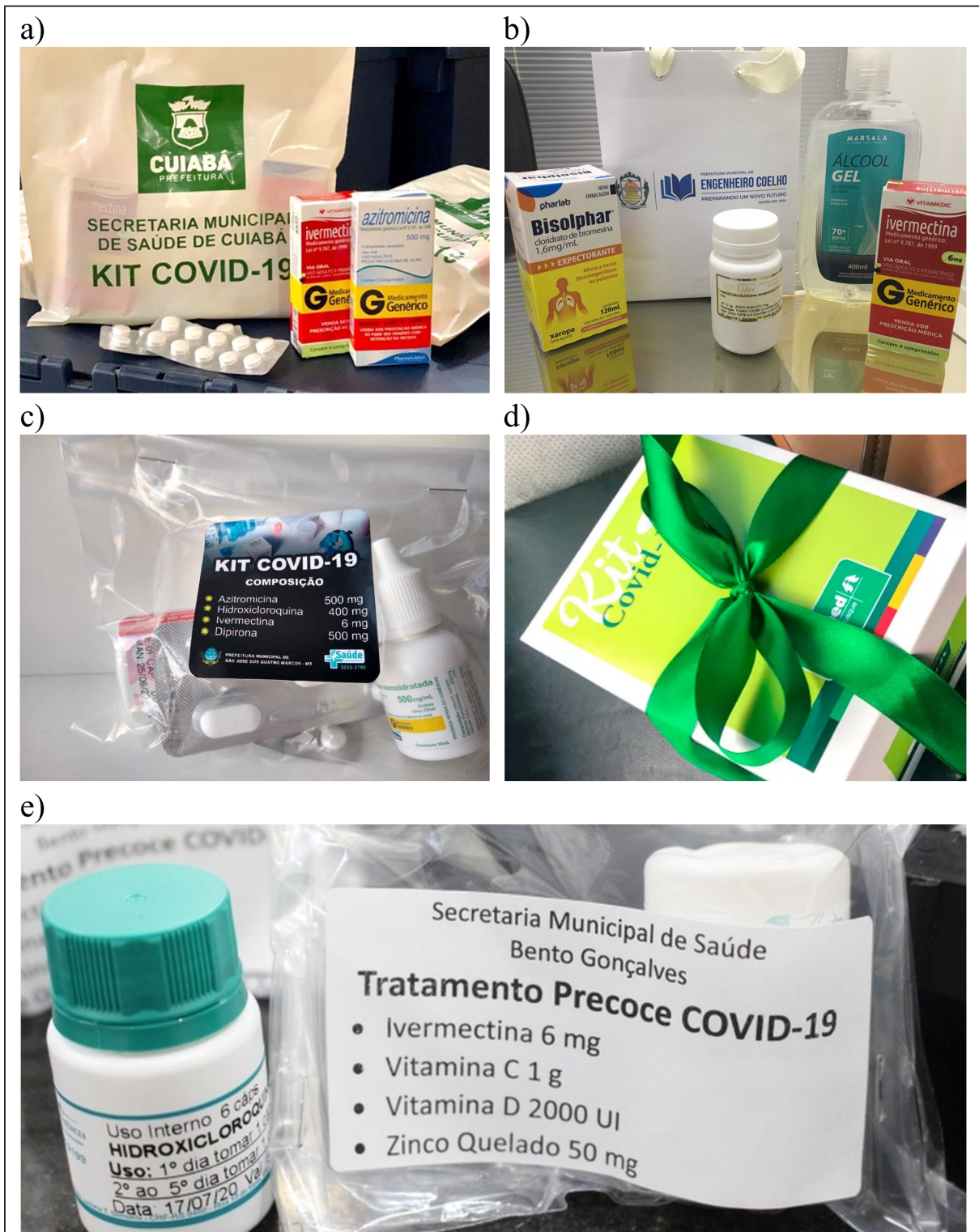
A estratégia de propagação da COVID-19 foi baseada em pelo menos três pilares fundamentais: a divulgação de que existiriam conjuntos de medicamentos (batizados de “kit COVID”) supostamente capazes de tratar e até mesmo prevenir a doença; a ampla disseminação de informações inverídicas e *fake news* em mídias sociais, tanto exaltando esses medicamentos quanto minimizando os riscos de exposição ao vírus (Jornal da Unicamp, 2021); e a falta de estímulo – e até desincentivo – a medidas comprovadamente eficazes, tais como isolamento social, uso de máscaras e aquisição de vacinas. De fato, descobriu-se que o governo ignorou 53 e-mails da farmacêutica Pfizer sobre negociações para aquisição da vacina Comirnaty®, evidenciando a omissão propositada (O Globo, 2021). Na *live* do seu canal do YouTube, no dia 21 de outubro de 2021, também repostada em outras mídias sociais, o presidente da República chegou ao ponto de propagar o factóide de que *“relatórios oficiais do governo do Reino Unido sugerem que os totalmente vacinados (15 dias após a segunda dose) estão desenvolvendo a Síndrome de Imunodeficiência Adquirida (AIDS) muito mais rápido que o previsto”* e afirmou que *“teria lockdown nacional e todos seriam obrigados a ser vacinados por canetada do Haddad”*, caso o candidato tivesse vencido as eleições de 2018 (Carta Capital, 2021; GHZ, 2021). Quatro dias depois, Facebook, Instagram e YouTube removeram o conteúdo do ar por “violar diretrizes contra desinformação médica” (Agência Brasil, 2021; G1, 2021). Simultaneamente, os incentivos ao “tratamento precoce” e o “kit COVID” foram múltiplos, partindo mesmo de autoridades governamentais, inclusive do Ministério da Saúde, o que escancara o empenho em uma campanha de desinformação atrelada às disputas políticas internas do país (Santos-Pinto, Miranda e Osorio-de-Castro, 2021).



### 4.5.3 “Kit COVID”

A propagação do “kit COVID” no Brasil está intimamente relacionada à campanha de desinformação empreendida pelo governo federal (Machado et al., 2020). Trata-se de um coquetel composto por variados medicamentos, mas que geralmente contém cloroquina ou hidroxicloroquina, azitromicina e ivermectina, além de nitazoxanida, zinco, ácido ascórbico (vitamina C), colecalciferol (vitamina D) e mesmo outros fármacos e suplementos, dependendo da região. A distribuição desses kits foi incentivada pelo Ministério da Saúde, que recomendou seu uso para o manejo de pacientes com sintomas leves, moderados e graves, e nas diversas fases de evolução da doença (Melo et al., 2021). Talvez um dos episódios mais emblemáticos desse processo tenha sido a criação do aplicativo “TrateCov”, lançado pelo Ministério, que, em simulações, chegou a indicar CQ para bebês com sintomas como febre e congestão nasal (CNN Brasil, 2021). Após amplas controvérsias, o aplicativo foi removido do ar (TCU, 2021), mas não foram poucas as prefeituras e planos de saúde que, alinhados com o governo, promoveram a distribuição de “kits COVID” (Figura 10). Alguns dos medicamentos que compõem o coquetel continuaram tendo volume de vendas muito superior em relação ao período anterior à pandemia, ainda que suas eficácias contra COVID-19 tenham sido repetidamente refutadas no terreno científico. Para compreender este fenômeno, diversos autores têm recorrido ao conceito de “infodemia” (Zarocostas, 2020; Eysenbach, 2020; Solomon, 2020; Garcia e Duarte, 2020), um termo cunhado para se referir a *“um grande aumento no volume de informações associadas a um assunto específico, que podem se multiplicar exponencialmente em pouco tempo devido a um evento específico, como a pandemia atual. Nessa situação, surgem rumores e desinformação, além da manipulação de informações com intenção duvidosa. Na era da informação, esse fenômeno é amplificado pelas redes sociais e se alastra mais rapidamente, como um vírus”* (Organização Pan-Americana da Saúde, 2020).

Em termos de poluição ambiental, o uso exacerbado de fármacos promovido pela adoção dos “kits COVID” e medicamentos que o compõem têm repercussões significativas. Como consequência, observa-se um expressivo aumento na concentração desses compostos em efluentes hospitalares e domésticos, que podem contribuir para a degradação da qualidade do meio ambiente (Albornoz, Soroka e Silva, 2021). Compostos farmacêuticos integram, juntamente a outras moléculas orgânicas e inorgânicas de preocupação ambiental, os chamados Contaminantes Emergentes (Rosenfeld e Feng, 2011), cuja natureza e impacto são abordados nos capítulos 4.6 e 4.6.1, respectivamente.



**Figura 10.** “Kits COVID” que foram distribuídos em diversas regiões do país. Como exemplos, apresenta-se: (a) Cuiabá - MT; (b) Engenheiro Coelho - SP; (c) São José dos Quatro Marcos – MT; (d) Unimed de Brusque – SC; (e) Bento Gonçalves - RS. Fontes: Prefeituras de Cuiabá, Engenheiro Coelho e São José dos Quatro Marcos, e Jornais Estado de Minas (d) e Gaúcha ZH (e).

## 4.6 Contaminantes Emergentes

Contaminantes Emergentes (CE), eventualmente também referidos como “contaminantes de preocupação emergente”, consistem em compostos químicos, naturais ou sintéticos, ou ainda quaisquer microrganismos, que não são comumente monitorados, e têm potencial de provocar impactos ambientais que comprometem os ecossistemas e/ou a saúde humana. Alguns exemplos, além de fármacos, são pesticidas, compostos químicos de uso industrial, surfactantes, produtos de higiene, retardantes de chama, cianotoxinas e nanopartículas (Rosenfeld e Feng, 2011; Sauvé e Desrosiers, 2014).

Para tratar de CE, é necessário conceituar apropriadamente o tema. Sauvé e Desrosiers (2014) propõem uma definição ampla para o termo, que possibilita abarcar três possibilidades: i) novos compostos ou moléculas que não eram previamente conhecidos ou são recentes na literatura científica; ii) contaminantes de preocupação emergente cuja existência já era conhecida, mas o seu impacto ambiental não foi totalmente determinado; iii) contaminantes “antigos”, porém que, à luz de informações atualizadas, têm novas repercussões ambientais estabelecidas.

Parte da complexidade do assunto se deve ao fato de que moléculas orgânicas podem assumir cadeias extremamente diversas e, conseqüentemente, têm múltiplos possíveis subprodutos do seu metabolismo e degradação. Não obstante, mesmo moléculas pequenas podem provocar expressivos danos ambientais, por exemplo atuando como disruptores endócrinos, que estão envolvidos em prejuízos diversos à saúde humana, tais como câncer, déficits cognitivos e obesidade, além de danos à fauna e aos ecossistemas (La Merrill et al., 2020). Também já é bem estabelecido empiricamente que condições como pH, nível de oxigênio, presença de microrganismos, radiação solar e interação entre espécies químicas, entre outros, são fatores capazes de influenciar o destino ambiental de cada composto, assim como modular a sua toxicidade e persistência no ambiente. Assim, estudos de impacto ambiental relacionados à emissão de CE em efluentes são de grande relevância, porém a sua execução não é trivial (Daughton, 2004).

Fármacos, em geral, são CE de grande destaque pois, além de amplamente utilizados para manutenção da saúde humana, ainda possuem gigantesca diversidade estrutural e, portanto, estão associados a numerosos impactos ambientais. Além disso, são compostos que, por definição, possuem capacidade de interferir na fisiologia humana e animal, alterando mecanismos biológicos. A Tabela 2 apresenta o número de moléculas com propriedades farmacológicas (drogas) catalogadas até o momento.

**Tabela 2.** Número total de compostos farmacêuticos catalogados e suas subclassificações.

Drogas	14.575
Das quais:	
Pequenas moléculas farmacêuticas	11.901
Biofármacos	2.674
Drogas aprovadas	4.196
Pequenas moléculas farmacêuticas aprovadas	2.700
Nutracêuticos	132
Drogas experimentais	6.652
Drogas ilícitas	205
Drogas aposentadas	268

Fonte: DrugBank, acesso em 20 de outubro de 2021.

Portanto, fica evidente que, à luz da existência de milhares de moléculas farmacêuticas de amplo uso, seus subprodutos e variedade de possíveis impactos ambientais, justifica-se a relevância de estudos tanto que busquem averiguar e mensurar esses impactos, quanto que proponham formas de controle e mitigação dos danos gerados. Entre as possibilidades, destacam-se tecnologias de tratamento que visam depurar esses compostos de efluentes e da água captada para abastecimento humano e animal.

#### **4.6.1 Repercussões ambientais da liberação de fármacos em efluentes**

A composição dos efluentes de indústrias farmacêuticas é extremamente complexa, sendo caracterizada, em geral, por alta concentração de Matéria Orgânica (MO) e sais, toxicidade microbiana e difícil biodegradabilidade. Ademais, suas propriedades são altamente variáveis (Tabela 3) dependendo do tipo de indústria: na produção de biofármacos, há baixa proporção de carbono para nitrogênio (C/N), toxicidade biológica, alta concentração de sólidos suspensos e sulfatos; em farmacêuticas químicas, observa-se alto conteúdo salino, baixa biodegradabilidade e também elevada toxicidade; enquanto a produção de medicamentos chineses patenteados (fitoterápicos industrializados) resulta em efluentes ricos em açúcares, glicosídeos, pigmentos orgânicos, tanino, celulose, lignina e outros compostos orgânicos (Guo, Qi e Liu, 2017).

**Tabela 3.** Propriedades físico-químicas comuns em efluentes de indústrias farmacêuticas.

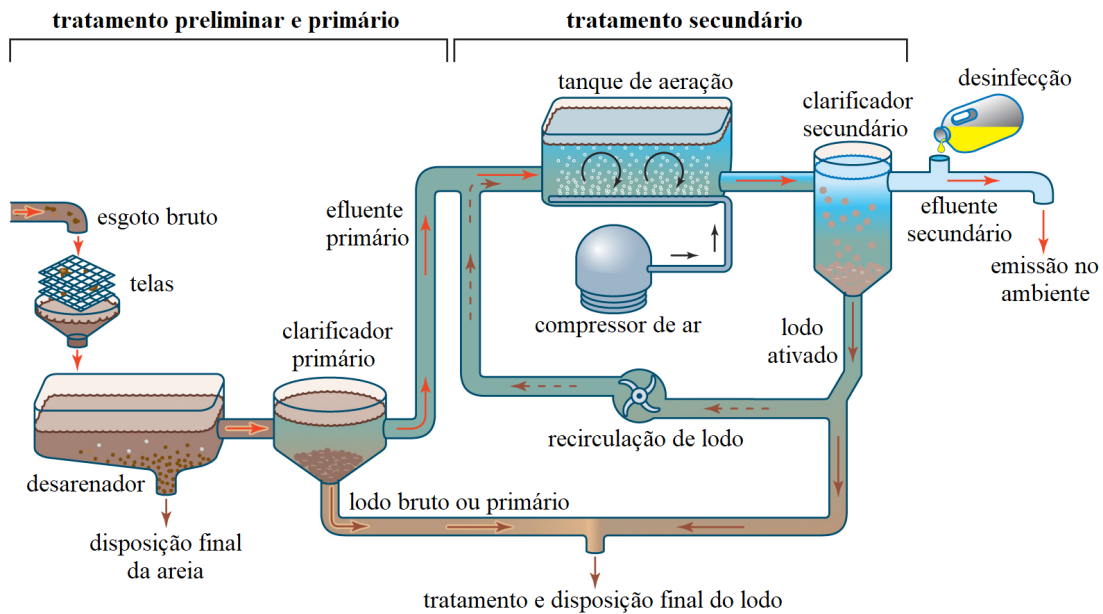
DQO (mg/L)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Nitrogênio total (mg/L)	Fósforo total (mg/L)	Sólidos suspensos (mg/L)	Temperatura (°C)	pH
1.000 - 10.000	500 - 2.500	500 - 1.500	50 - 250	200 - 500	25 - 80	1 - 8

Fonte: Guo, Qi e Liu, 2017.

Apesar da alta concentração de potenciais contaminantes em efluentes farmacêuticos industriais, cabe ressaltar que a licença de operação desses empreendimentos no Brasil exige a observância de parâmetros tais como os descritos pela NBR 9800:1987, que estabelece critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Uma busca pelos termos “industrial wastewater” na *Online Browsing Platform* (OBP – <https://www.iso.org/obp/ui/#search>), da Organização Internacional de Normalização (ISO), retorna 199 resultados, sendo 196 padrões normativos, demonstrando que a mesma afirmação também é válida internacionalmente.

De forma geral, sabe-se que o tratamento convencional de esgoto (Figura 11) não é eficiente na remoção e degradação de moléculas farmacêuticas (Heberer, 2002). Em razão disso, em indústrias, é recorrente a utilização de tratamentos avançados ou complementares para que o padrão de emissão normativo seja atingido. Apesar disso, observa-se corriqueiramente pontos de contaminação próximos a indústrias farmacêuticas, principalmente em países em desenvolvimento onde a fiscalização e os critérios legais são poucos (Rehman et al., 2015).

Já o tratamento de água convencional (baseado nos processos de coagulação, floculação, sedimentação, filtração, cloração e fluoretação) também não foi originalmente desenvolvido para a remoção completa de moléculas orgânicas, ainda que moléculas pequenas, em geral, possam ser facilmente degradadas por tratamento biológico (Lin e Lin, 1993). Conseqüentemente, os sistemas de abastecimento têm preocupante vulnerabilidade à contaminação por fármacos e CE em geral, cuja emissão em efluentes domésticos constitui uma das principais fontes.



**Figura 11.** Tratamento convencional de esgoto.

Fonte: traduzido e adaptado do artigo “Wastewater treatment” - Encyclopedia Britannica.

Diferente de efluentes industriais, os domésticos frequentemente passam por tratamento simplificado ou são até mesmo emitidos irregularmente, de forma bruta, em riachos, lagos e solos. Estima-se que apenas cerca da metade dos brasileiros tenham acesso à coleta de esgoto, de modo que quase 100 milhões não dispõem desse serviço; na região Sul, a parcela da população atendida com coleta de esgoto é de 46,3%; enquanto, no Norte e Nordeste, esse percentual é de apenas 12,3% e 28,5%, respectivamente (SNIS, 2019). Há, portanto, uma clara regionalização do risco de contaminação dos ambientes naturais por esgotos. Em termos de abastecimento, municípios e comunidades cujas fontes primárias são constituídas por mananciais superficiais e aquíferos livres e/ou pouco profundos são especialmente vulneráveis.

Além do risco de comprometimento da saúde humana, não se pode negligenciar os impactos, vastamente documentados, causados pela liberação de fármacos e seus metabólitos aos ecossistemas e, em especial, organismos aquáticos (Kümmerer, 2010; Klatt, Schaefer e Hempel, 2017). Mais especificamente, diversas evidências apontam que a liberação de CQ, AZI e IVM é capaz de comprometer os recursos hídricos (Zurita et al., 2005; Hoa et al., 2011; Lumaret et al., 2012). Já a HCQ, apesar da baixa tendência de bioacumulação, tem alta toxicidade crônica e persistência no ambiente (Health and Medical Care Administration - Region Stockholm, 2020).

A IVM é um dos componentes do “kit COVID” mais preocupantes, uma vez que sua liberação pode provocar danos a múltiplas espécies, inclusive invertebrados aquáticos, peixes e vertebrados terrestres (Lumaret et al., 2012). Além disso, o composto tem atividade

fitotóxica mesmo em concentrações diminutas o bastante para serem encontradas no ambiente, o que foi observado pela inibição da germinação de sementes na presença de 50 nM de IVM (Vokřál et al., 2019).

Apesar da classificação da HCQ como uma substância de baixo risco de impacto ao ambiente, destaca-se a insuficiência de estudos sobre o assunto. Já para a CQ, além de efeitos ecotoxicológicos, também já foi estabelecida a sua associação com o aumento de aberrações cromossômicas (Sahu e Kashyap, 2012).

No caso da AZI, considera-se baixo o potencial de bioacumulação e, assim como para a CQ, há poucos estudos sobre a sua degradação e acúmulo no ambiente (Sidhu, O'Connor e McAvoy, 2019). Entretanto, é bem estabelecido que a liberação de antibióticos em efluentes tende a promover a seleção de genes de resistência nas populações microbianas naturais. Esses genes podem ser transferidos a microrganismos patogênicos e diminuir a eficácia ou, no pior dos casos, tornar totalmente ineficazes os tratamentos baseados em antibióticos atualmente disponíveis (Perry e Wright, 2013). Já foi demonstrado que a distribuição em massa de AZI contribui para o desenvolvimento de resistência a antibióticos macrolídeos e não-macrolídeos, inclusive beta-lactâmicos (Doan et al., 2020). Esse efeito, a longo prazo, pode acarretar grande número de mortes evitáveis devido a infecções bacterianas super resistentes, especialmente em grupos mais vulneráveis tais como crianças, idosos e imunocomprometidos.

Fica evidente, portanto, que o expressivo aumento do uso de fármacos incentivado pela adoção do “kit COVID” em escala nacional não é inócuo; ele, na verdade, acarreta numa série de agressões ao meio ambiente que podem, em última análise, comprometer a própria saúde humana e dos ecossistemas. O Quadro 3 sintetiza as principais preocupações ambientais associadas à liberação de AZI, CQ, HCQ e IVM no ambiente, conforme discutidas anteriormente.

**Quadro 3.** Principais preocupações associadas à liberação de AZI, CQ, HCQ e IVM no ambiente.

	<b>Azitromicina</b>	<b>Cloroquina</b>	<b>Hidroxicloroquina</b>	<b>Ivermectina</b>
<b>Principais preocupações ambientais</b>	Propagação de genes de resistência a antibióticos. Seleção de microrganismos super-resistentes.	Efeitos ecotoxicológicos. Aumento de aberrações cromossômicas.	Alta toxicidade crônica e persistência no ambiente.	Danos a múltiplas espécies animais, inclusive vertebrados terrestres. Fitotoxicidade.

Fonte: Zurita et al., 2005; Hoa et al., 2011; Lumaret et al., 2012; Sahu e Kashyap, 2012; Perry e Wright, 2013; Doan et al., 2020.

Nesta conjuntura, tecnologias de tratamento de efluentes que visem remover ou degradar AZI, CQ, HCQ e IVM contidas em efluentes, tal como outros compostos farmacêuticos e CE, antes da sua liberação no ambiente, são de grande valia. Para isso, têm destaque os POA e processos fotomediados devido à alta eficiência que é possível atingir com esses métodos, além do crescente número de publicações nessas áreas recentemente. Salienta-se que o termo eficiência é utilizado neste trabalho para se referir estritamente ao percentual ou ordem de magnitude de remoção (em oposição ao *lato sensu* da palavra, que se refere à avaliação, mais complexa, do custo-benefício do processo).

#### 4.7 Processos Oxidativos Avançados

POA foram propostos pela primeira em 1987 para o tratamento de água (Glaze, 1987; Glaze, Kang e Chapin, 1987), mas têm sido amplamente estudados para a depuração de variados efluentes desde então (Deng e Zhao, 2015).

Seu princípio fundamental é baseado no uso de radicais livres (particularmente o radical hidroxila, HO<sup>•</sup>) para promover a mineralização de contaminantes a dióxido de carbono, água e outras substâncias inorgânicas ou, pelo menos, transformá-los em produtos menos prejudiciais (Andreozzi et al., 1999). Todos os POA são compostos essencialmente por dois passos: formação *in situ* de espécies oxidantes, seguida de sua reação com os contaminantes alvo. Almeja-se, portanto, a eliminação de compostos indesejados através de oxidação química (Quadro 4), o que constitui uma vantagem em relação a métodos baseados na sua retenção ou separação, uma vez que estes suscitam a problemática da disposição final, ou ainda a necessidade de tratamentos adicionais do material contaminado.

**Quadro 4.** Possíveis vias de oxidação de compostos orgânicos através de POA.

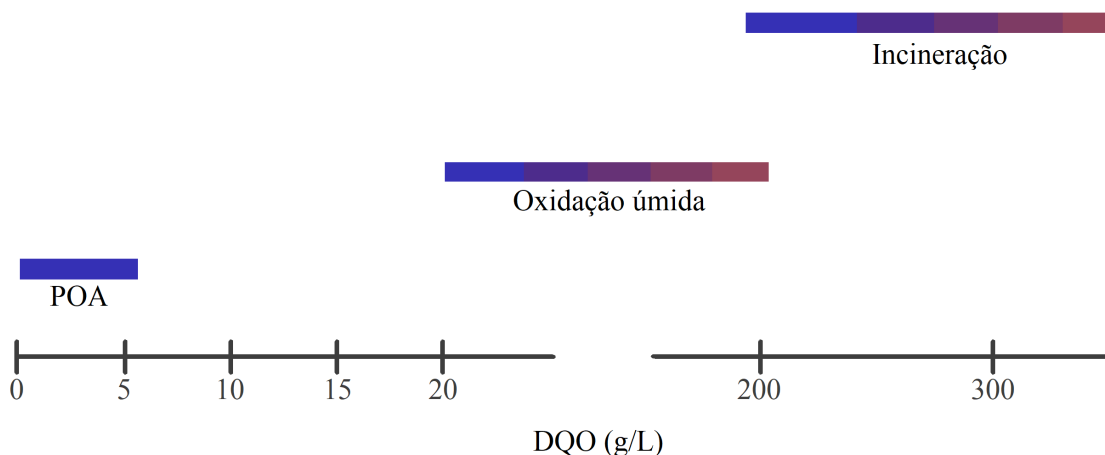
$HO^{\bullet} + RH \rightarrow R^{\bullet} + H_2O$
$R^{\bullet} + O_2 \rightarrow RO_2^{\bullet}$
$HO^{\bullet} + RH_{ins/aro} \rightarrow HOR_{ins/aro}^{\bullet}$
$HO^{\bullet} + RX \rightarrow RX^{\bullet} + OH^-$

Legenda: HO<sup>•</sup> – radical hidroxila; RH – hidrocarboneto alifático; RH<sub>ins/aro</sub> – hidrocarboneto insaturado ou aromático; RX – hidrocarboneto halogenado; OH<sup>-</sup> – hidroxila.

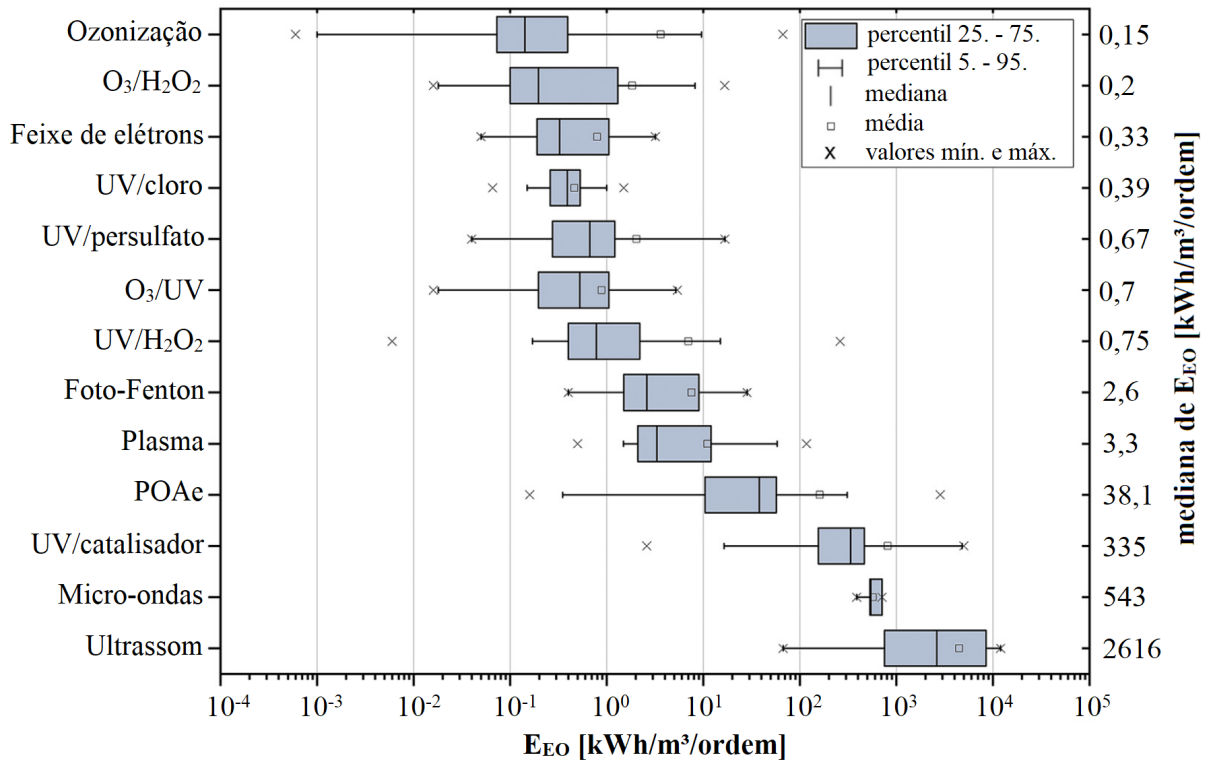
Fonte: Kanakaraju, Glass e Oelgemöller, 2018; Miklos et al., 2018.



Entretanto, uma limitação central consiste na frequente necessidade de utilização de reagentes relativamente dispendiosos (e.g.,  $H_2O_2$  e  $O_3$ ), o que compele para a escolha de métodos mais baratos, tais como o tratamento biológico, quando forem satisfatórios para aplicação em questão. Além disso, ainda associado ao custo, o tratamento de efluentes com DQO acima de 5 g/L raramente é viável através de POA, sendo técnicas tais como a oxidação úmida ou a incineração consideradas mais adequadas para estes casos (Figura 12). Não obstante, Miklos e colaboradores (2018) ajudaram a elucidar os limites de aplicabilidade dos POA, tanto em termos de consumo energético (Figura 13) quanto de escala de utilização – larga escala, escala piloto ou escala de bancada (Quadro 5). Ressalta-se que a divisão utilizada no Quadro 5 (entre métodos baseados em  $O_3$ , baseados em UV, POAc, POAe e POAf) não é rígida, visto que muitos métodos se sobrepõem, e visa apenas facilitar o entendimento. Ademais, alguns autores consideram que a ozonização isoladamente, sem o uso combinado de catalisadores ou fotoativação, não constitui um POA (Patel et al., 2019), porém a técnica foi incluída devido à sua incontestável relevância.



**Figura 12.** Tratamentos mais indicados de acordo com o nível de DQO do efluente.  
 Fonte: adaptado de Andreozzi et al., 1999.



**Figura 13.** Demanda energética requerida por diferentes processos oxidativos de acordo com levantamento realizado na literatura científica.  $E_{EO}$  é um parâmetro introduzido por Bolton et al., 1996, definido como a energia elétrica necessária para reduzir a concentração de contaminante em uma ordem de magnitude (90%), e possibilita a comparação entre diferentes métodos de tratamento. Fonte: traduzido e adaptado de Miklos et al., 2018.

**Quadro 5.** Escala de aplicação de diferentes POA. Cinza claro representa os aplicáveis em larga escala; cinza médio os testados em escala piloto; e, em preto, os apenas em escala de bancada.

Baseados em O <sub>3</sub>	POAc	POAe	POAf	Baseados em UV
O <sub>3</sub>	Fenton	Eletrodos de DDB	Plasma	UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Foto-Fenton	Eletrodos dopados com SnO <sub>2</sub>	Ultrassom	UV/Cl <sub>2</sub>
O <sub>3</sub> /catalisador	UV/catalisador	Eletrodos dopados com PbO <sub>2</sub>	Feixe de elétrons	UV/PDS
		Eletrodos dopados com TiO <sub>2</sub>	Micro-ondas	UV/O <sub>3</sub>

Legenda: POAc – POA catalíticos; POAe – POA eletroquímicos; POAf – POA físicos.  
 Fonte: traduzido e adaptado de Miklos et al., 2018.

Apesar do entrave quanto ao nível de DQO para o qual é viável a utilização de POA e as restrições econômicas associadas, salienta-se a alta eficiência de degradação que, em geral, é possível atingir com essas técnicas. Como o tratamento convencional de esgotos só é capaz de remover parcialmente determinados poluentes, designados recalcitrantes ou refratários, as ETE são uma de suas maiores fontes de emissão, juntamente aos escoamentos de zonas urbanas e agrícolas (Lim, Snyder e Sedlak, 2008; Luo et al., 2014). Alguns dos compostos orgânicos presentes em efluentes e escoamentos superficiais ainda possuem elevada persistência no ambiente e, portanto, são classificados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POP). Independentemente da origem, urge a necessidade de superar essa situação.

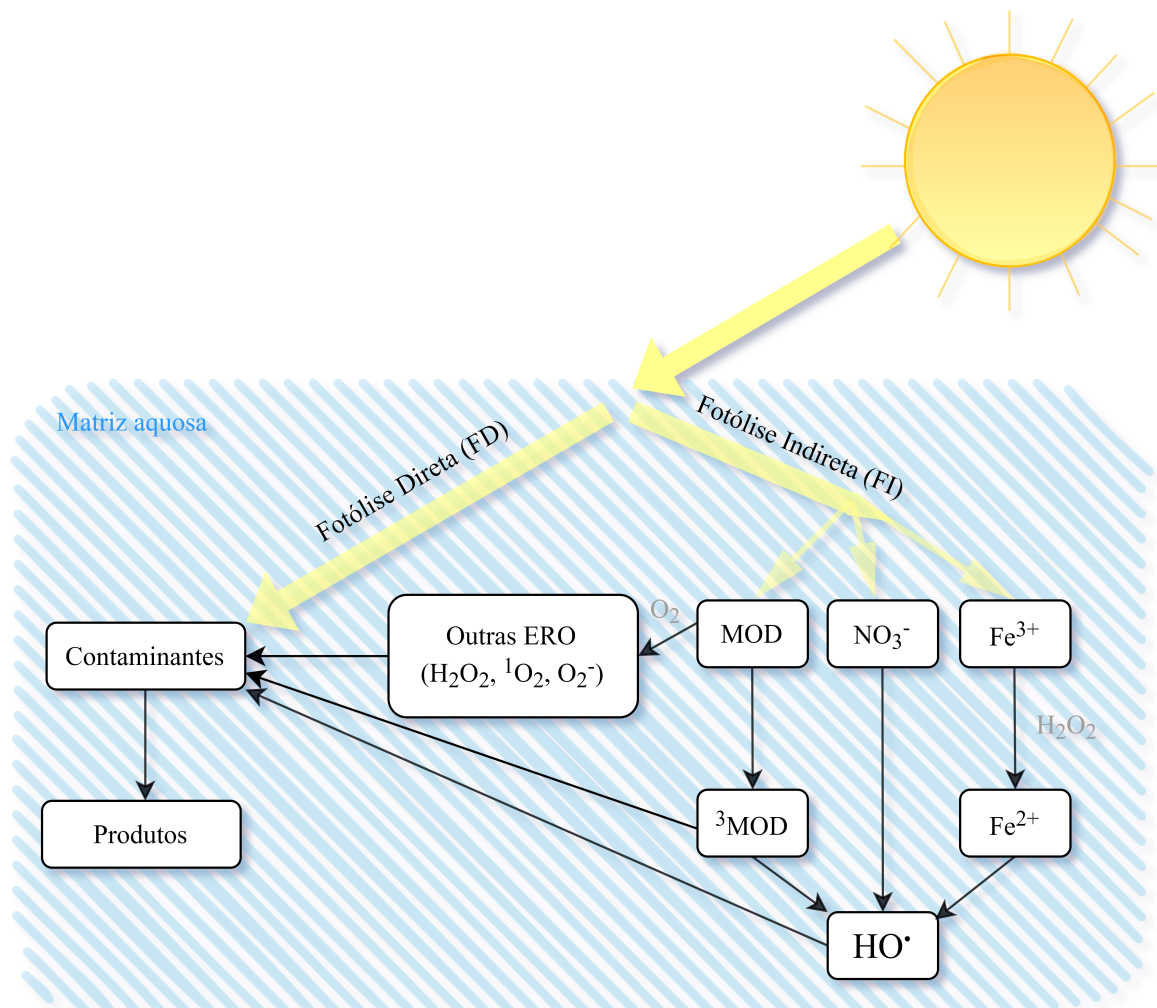
Nesse contexto, POA emergem como uma alternativa promissora, uma vez que viabilizam a degradação de inúmeros compostos recalcitrantes, POP e CE (Ikehata, El-din e Snyder, 2008; Yang et al., 2014) e podem ser acoplados ou adicionados às etapas do tratamento convencional. Ademais, dezenas de POA já foram estudados, inclusive para aplicações em larga escala, apesar de, até o momento, alguns só terem sido testados em escala piloto ou de bancada (Quadro 5). Porém, a maioria dos POA envolve a formação de algum grau de subprodutos orgânicos (i.e., não promove mineralização completa), que ainda podem ser de elevada toxicidade, o que é uma problemática a ser estudada e solucionada no futuro. Portanto, pode-se concluir que POA são adequados para atender diversas necessidades de tratamento, em especial as mais restritivas, e que, no decorrer dos próximos anos, conforme surgem novos métodos e os disponíveis se tornam menos onerosos e/ou são transpostos a maiores escalas, essa lista tende a aumentar.

Nos capítulos a seguir, é apresentada uma síntese dos principais POA já estudados para a degradação de fármacos de efluentes, abordando seus princípios fundamentais, aplicabilidade, em particular para eliminação dos fármacos que compõem o “kit COVID”, e limitações.

#### **4.7.1 Processos fotoassistidos**

A oxidação fotoassistida tem sido estudada há décadas para o tratamento de contaminantes. Recebem especial interesse as águas marinhas comprometidas por derramamentos de óleo, caso no qual o objetivo é promover a fotossolubilização dos hidrocarbonetos para posterior degradação bacteriana (Wang, Heller e Gerischer, 1992). A fotodegradação de moléculas em matrizes aquosas pode ocorrer de duas formas distintas

(Figura 14): por fotólise direta (FD), através da absorção molecular da radiação eletromagnética, que leva a um estado eletrônico excitado, com subsequente quebra em moléculas menores; ou por fotólise indireta (FI), através da formação de radicais livres (e.g., HO<sup>•</sup> e ROO<sup>•</sup>) que, por sua vez, oxidam os compostos presentes na solução, degradando-os a formas mais simples (Luo et al., 2018; Andreozzi, 1999). Diversas faixas de radiação luminosa já foram testadas, incluindo os espectros da radiação visível (RV, 400 a 700 nm), UV-A (315 a 400 nm), UV-B (280 a 315 nm) e UV-C (100 a 280 nm).



**Figura 14.** Exemplos de mecanismos de fotólise direta e indireta em meio aquoso.

Legenda: MOD – Matéria Orgânica Dissolvida; <sup>3</sup>MOD – Matéria Orgânica Dissolvida em estado foto-excitado tripleto; ERO – Espécies Reativas de Oxigênio.

Fonte: adaptado de Ward, 2010.

Estes são processos de elevada importância na natureza, uma vez que participam da atenuação natural de poluentes em águas superficiais que, sob radiação solar, degradam-se mais rapidamente. Nesse contexto, uma diferença fundamental é que há presença de matéria orgânica e íons (e.g., CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Fe<sup>3+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, etc.), que são capazes de interferir no

processo – tanto positiva quanto negativamente – atuando como fotossensibilizantes, sequestrantes de radicais livres e filtros de radiação (Oliveira et al., 2019). Portanto, é desejável que estudos piloto ou em laboratório simulem essas características, o que facilita a posterior transposição das técnicas para maiores escalas. Outro fator que é capaz de influenciar drasticamente a eficiência de degradação é o pH, com faixas alcalinas sendo preferíveis (Ji et al., 2013).

Tong e colaboradores (2011) utilizaram uma lâmpada de arco de xenônio para simular a radiação solar e degradar AZI. Em água ultrapura foi obtida a taxa mais lenta de degradação (meia vida de 20 horas), enquanto que numa matriz de água sintética suplementada com 5 mg/L de nitrato ou ácidos húmicos, a eficiência foi aumentada em fatores de 5 e 16 vezes, respectivamente. Isso indica que a FI provavelmente cumpre papel fundamental na degradação do antibiótico. Utilizando água de rio com 20 µg/L de AZI exposta a luz solar, os autores relataram que houve degradação de 70% após 9 dias.

Em um estudo com o tratamento de 32 CE, foi demonstrado que em pH = 7,72 e concentração de AZI de 295 ng/L, não há degradação de AZI com a incidência de radiação UV-C durante 10 minutos (De la Cruz et al., 2012). A ineficácia foi atribuída pelos autores à presença de matéria orgânica dissolvida no efluente doméstico que foi utilizado. Entretanto, no estudo de Voigt e Jaeger (2017), observou-se 80% de degradação de AZI após 10 minutos de exposição à radiação UV-C (pH = 3). Em todo o caso, houve a detecção de diversos subprodutos da AZI, indicando que a FD promove baixo grau de mineralização completa (Tong et al., 2011; Voigt e Jaeger, 2017).

Em relação a soluções aquosas contendo HCQ, também foram realizados ensaios simulando a incidência de radiação solar. Em pH = 9, obtêm-se a degradação completa do fármaco após 40 minutos; em pH neutro o tempo é aumentado para 22 horas; e, em pH = 4, são necessárias 52 horas. Além disso, os melhores resultados foram obtidos com água de rio, seguido por água do mar, água de poço e, em último lugar, água ultrapura (Dabić, Babić, Škorić, 2019).

#### **4.7.2 Combinação de peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta**

O uso combinado de radiação ultravioleta e peróxido de hidrogênio (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) consiste em um caso particular de processo fotoassistido, visto que além da necessidade de uma fonte luminosa, seja ela natural (radiação solar) ou artificial (lâmpadas de variadas

tecnologias e espectros de emissão), requer-se também o consumo de reagente químico. Com a adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na solução, são favorecidas a produção de radicais HO• e as rotas de FI (Lee et al., 2021), o que aumenta a velocidade de degradação.

Em termos energéticos, o investimento é de três a cinco vezes maior do que em relação aos processos mais econômicos (ozonização e O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), mas ainda é centenas a milhares de vezes menor do que o dos mais exigentes (UV/catalisador, micro-ondas e ultrassom), de modo que o requerimento de energia para o emprego de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é relativamente modesto (Figura 13). Outras vantagens são a possibilidade de realização em temperatura ambiente, fácil manuseio e alta estabilidade (Zuorro e Lavecchia, 2014) e, não por acaso, a técnica já foi empregada em larga escala (Quadro 5).

Por vezes também referido como fotoativação (FA) ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fotoativado, o método consiste na exposição da solução aquosa a ser tratada à radiação UV, com adição de peróxido de hidrogênio. Ocorre então a fotólise do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com a liberação de radicais HO•, cuja ação favorece a degradação sequencial de contaminantes e compostos orgânicos em geral. Quando não reagem com as substâncias alvo, esses radicais podem participar de uma série de reações químicas e promover a regeneração do peróxido (Quadro 6).

**Quadro 6.** Reações de regeneração do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a partir da sua decomposição em 2HO•.

$\text{H}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{HO}\cdot$
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HO}\cdot \rightarrow \text{HO}_2\cdot + \text{H}_2\text{O}$
$\text{HO}\cdot + \text{HO}_2\cdot \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
$\text{HO}\cdot + \text{HO}\cdot \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

Fonte: Shokri et al., 2019.

Um fator limitante da FA é que a taxa de degradação é altamente associada à concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presente na solução (Lee et al., 2021). Portanto, dependendo de características como carga contaminante e volume de efluente a ser tratado, os custos desse reagente químico podem se tornar impeditivos.

No estudo de De la Cruz e colaboradores (2012), obteve-se 50% (t = 10 min) e 100% (t = 30 min) de degradação de AZI com o uso de FA com radiação UV-C ([AZI] = 195 ng/L, [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 50 mg/L, pH = 6,31 e 6,85, respectivamente).

Em um trabalho mais recente, foi possível atingir 100% de remoção de AZI após 120 minutos de exposição à radiação solar artificial ([H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 482 mg/L, pH = 9), mas menos de

50% de mineralização foi alcançada, o que indica que houve a formação significativa de subprodutos orgânicos que não foram degradados (Cano et al., 2020).

Shokri e colegas (2020) determinaram experimentalmente que a concentração de AZI é o fator mais importante, além de inversamente proporcional, à eficiência do processo de FA, obtendo remoções entre 76%, com concentração de 2 mg/L de AZI, e 38%, com uma concentração 5 vezes superior, de 10 mg/L, após 30 minutos de irradiação em ambos os casos. Entretanto, salienta-se que os autores variaram também a concentração de peróxido e o pH adotados em cada condição ( $[H_2O_2] = 10$  e  $2$  mg/L,  $pH = 3$  e  $9$ , respectivamente).

Os estudos supracitados revelam que é possível obter alta eficiência de remoção de AZI através da técnica de FA, porém é necessário um controle adequado das condições utilizadas para isso, em especial  $[AZI]$ ,  $[H_2O_2]$ , pH e tempo.

#### 4.7.3 Processos Fenton, foto-Fenton, eletro-Fenton e fotoeletro-Fenton

No final do século XIX, Henry John Horstman Fenton descreveu que o ácido tartárico ( $C_4H_6O_6$ ) podia ser oxidado a ácido dihidroximaleico ( $C_4H_4O_6$ ) quando em solução na presença de diminutas concentrações de sais de ferro e  $H_2O_2$  (Fenton, 1894). Quarenta anos depois, Haber e Weiss (1934) teorizaram que, no assim batizado “reagente Fenton”, os íons ferrosos ( $Fe^{2+}$ ) seriam capazes de catalisar a decomposição do peróxido (Quadro 7.1), produzindo radicais hidroxila. Nos anos seguintes, a teoria foi confirmada e diversos autores demonstraram que outras espécies metálicas (“ $M^{n+}$ ”) e seus complexos, particularmente nos estados de menor oxidação, tais como  $Cu^+$ ,  $Ti^{3+}$ ,  $Cr^{2+}$  e  $Co^{2+}$ , produziam efeito semelhante em contato com o  $H_2O_2$  (Quadro 7.2) e, por isso, passaram a ser designados reagentes “Fenton-like” (Goldstein, Meyerstein e Czapski, 1993). Já na década de 80, ficou estabelecido que é possível conduzir a reação substituindo o  $H_2O_2$  por peróxidos orgânicos (ROOH), com a consequente produção de radicais alcóxil (Quadro 7.3), também com variados íons metálicos (Sheldon, 1983).

**Quadro 7.** Reações Fenton, Fenton-*like* e análogas com peróxidos orgânicos.

$\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \text{HO}^\bullet$	(1)
$\text{M}^{n+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{M}^{n+1} + \text{H}_2\text{O} + \text{HO}^\bullet$	(2)
$\text{ROOH} + \text{M}^{n+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{M}^{n+1} + \text{H}_2\text{O} + \text{RO}^\bullet$	(3)

Fonte: Goldstein, Meyerstein e Czapski, 1993.

Devido a sua robustez e custo relativamente baixo, o processo Fenton tem sido empregado para o tratamento de uma ampla gama de efluentes com a presença de compostos farmacêuticos (Ye et al., 2020). Apesar disso, observa-se elevada formação de subprodutos orgânicos, com taxas de mineralização total que dificilmente superam o patamar de 60% (Ahile et al., 2020). Para aumentar a eficiência do sistema e/ou atingir mineralização completa, uma alternativa é a combinação da técnica com a exposição à radiação solar ou UV com comprimento de onda, em geral, entre 290 e 400 nm, no que é denominado processo foto-Fenton. A exposição luminosa é responsável pela fotólise do  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Pignatello et al., 2006), conforme discutido anteriormente no capítulo 4.7.1, e, adicionalmente, promove a redução de  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$  (Quadro 8.1), aumentando a produção de radicais hidroxila (De Luca, 2016), ainda que os íons férricos também participem da geração de espécies reativas mesmo na ausência de luz (Quadro 8.2).

**Quadro 8.** Regeneração dos íons ferrosos no processo foto-Fenton (1) e geração de radicais a partir de íons férricos (2).

$\text{Fe}^{3+} + h\nu + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{HO}^\bullet + \text{H}^+$	(1)
$\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{HO}_2^\bullet + \text{H}^+$	(2)

Fonte: Ahile et al., 2020.

Ambos os processos, Fenton e foto-Fenton, são altamente dependentes do pH e também modulados e limitados por fatores como  $[\text{H}_2\text{O}_2]$ , temperatura, fonte de radiação e  $[\text{Fe}^{2+}]/[\text{Fe}^{3+}]$  (Matilainen e Sillanpää, 2010; Ye et al., 2019). Em meios com acidez insuficiente ( $\text{pH} > 4$ ), há a precipitação de ferro na forma de hidróxido –  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  – e diminuição da concentração do catalisador, com conseqüente prejuízo à eficiência do tratamento. Não obstante, o precipitado confere cor à solução, diminuindo a penetração da radiação e prejudicando ainda mais o processo. Outros fatores a serem considerados são a fonte luminosa (frequentemente artificial, já que apenas 5% do espectro solar que atinge a superfície terrestre é constituído de UV); a questão da recuperação e reúso do Fe, que fica



disperso em solução; e a necessidade de correção do pH, antes e durante o tratamento para mantê-lo ácido, e após, para neutralizá-lo e satisfazer os padrões de emissão vigentes (Pouran, Raman e Daud, 2014).

Para superar algumas dessas problemáticas e na tentativa de expandir a aplicabilidade e eficiência de POA baseados em reagentes Fenton, o empenho da comunidade científica tem se voltado nos últimos anos a questões como as possibilidades de tratamento em meios neutros ou levemente alcalinos, recuperação e reúso dos catalisadores ao final do processo, emprego de agentes quelantes e/ou outros metais em substituição ao Fe, uso de material suporte e variação nas fontes de radiação luminosa utilizadas (Poza-Nogueiras et al., 2018; Ahile et al., 2020). Outra abordagem vem sendo o seu acoplamento a processos eletroquímicos, nas técnicas designadas eletro-Fenton e fotoeletro-Fenton. Através da aplicação de uma corrente elétrica, há a geração de  $H_2O_2$  *in situ*, além de ser propiciada a regeneração de íons ferrosos, a partir de férricos, na superfície do cátodo (Ye et al., 2020). A combinação das técnicas tem como vantagens o aumento da eficiência de degradação e mineralização total do sistema, mas para isso é necessário o emprego de eletrodos especiais – e.g., de grafite, politetrafluoretileno, diamante dopado com boro (DDB) e ânodos dimensionalmente estáveis – e consumo de energia elétrica (Brillas, Sirés e Oturan, 2009).

Dal Bosco e colaboradores (2011) testaram os processos Fenton ( $[Fe^{2+}] = 1$  mmol/L e  $[H_2O_2] = 5$  mmol/L, pH = 3) e foto-Fenton (lâmpada de vapor de mercúrio de 15 W,  $\lambda_{max} = 254$  nm) para degradar IVM. Nesse estudo foi obtida eficiência uma ordem de magnitude superior no processo mediado por luz (99 versus 90% de degradação) após 10 minutos de reação.

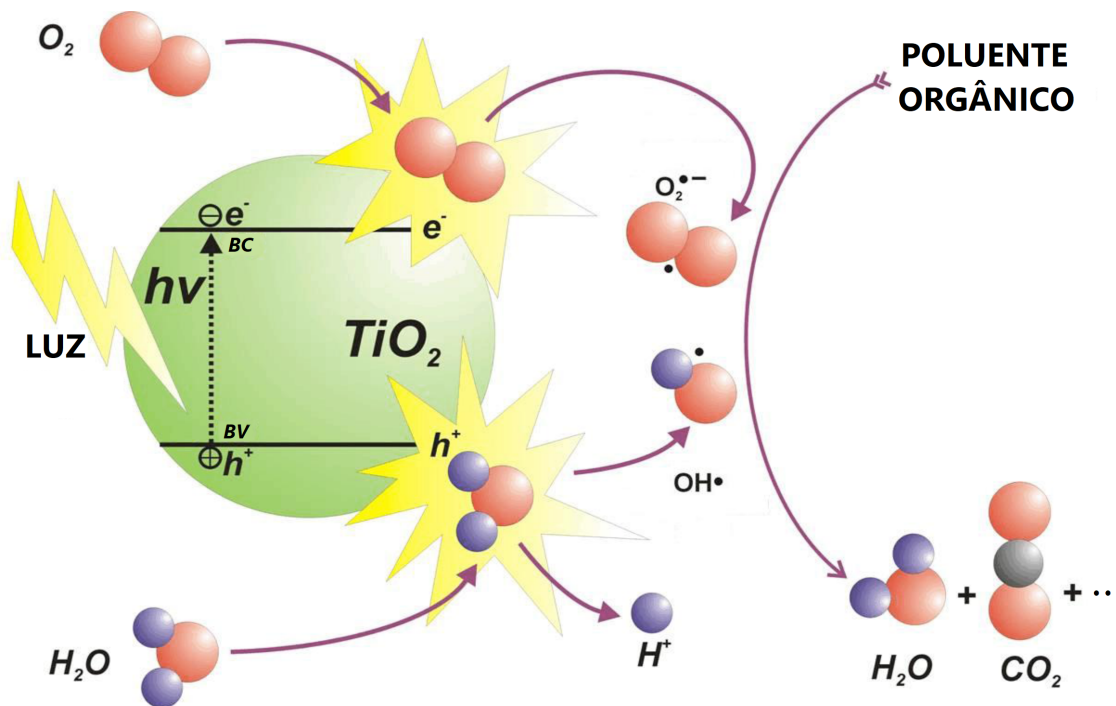
Nos experimentos de De la Cruz e colegas (2012), foi verificado que concentração de  $[H_2O_2]$ , além de pH e tempo, são determinantes para obtenção de alta eficiência de remoção de AZI com o processo Fenton: com os parâmetros  $[H_2O_2] = 50$  mg/L,  $[Fe^{2+}] = 5$  mg/L, pH = 7.03 e  $t = 30$  min, obteve-se apenas 23% de degradação. Entretanto, utilizando foto-Fenton, mesmo com metade da concentração de peróxido ( $[H_2O_2] = 25$  mg/L), foi possível atingir a remoção completa da AZI. Yazdanbakhsh e colaboradores (2014) obtiveram 96,89% de eficiência de mineralização de AZI após 60 minutos de processo Fenton (pH = 3,  $[Fe] = 0,03$  mM,  $[H_2O_2] = 0,3$  mM). Os autores apontam que em pH > 3 ocorreu a precipitação de  $Fe(OH)_3$ .

Para a remoção de CQ, já foi testado o método eletro-Fenton (Midassi, Bedoui e Bensalah, 2020) com obtenção de mais de 90% de mineralização total do fármaco. Com a

utilização de corrente de 60 mA/cm<sup>2</sup>, fluxo de 80 mL/min, pH = 3, cátodo de feltro de carbono e ânodo de DDB, foi possível atingir 100% de remoção desse composto.

#### 4.7.4 Fotocatálise heterogênea

Na fotocatalise heterogênea (FH) são utilizados semicondutores (classicamente TiO<sub>2</sub>) não-homogeneamente dispersos no meio que, sob ação de radiação luminosa, promovem reações de oxidação e redução de compostos e, em última análise, favorecem a degradação de moléculas orgânicas (Figura 15). Diferentemente dos processos foto-Fenton, os comprimentos de onda empregados são na faixa da RV ou UV de ondas longas, e a absorção ocorre primordialmente pelo semicondutor, e não o substrato de interesse. Uma vantagem da técnica é que os materiais empregados são estáveis à fotólise, sendo capazes de realizar um grande número de reações sem que haja prejuízo significativo às suas capacidades catalíticas (Fox e Dulay, 1993). Ao ser exposto a luz com energia superior ao *gap* entre suas bandas de valência (BV) e banda de condução (BC), o semicondutor atinge um estado excitado no qual tanto o elétron da BC ( $e^-_{bc}$ ) quanto a lacuna eletrônica deixada na BV ( $h^+_{bv}$ ) podem participar reações de oxirredução, quando não há recombinação interna do  $e^-$  (Vignesh, Rajarajan e Suganthi, 2014; Voigt e Jaeger, 2017). Na BC, pode haver, então, a formação dos radicais superóxido, peróxil e peróxido de hidrogênio, enquanto que na BV é promovida a oxidação de H<sub>2</sub>O, OH<sup>-</sup> e matéria orgânica adsorvida (Quadro 9). A energia necessária para ativar o TiO<sub>2</sub> é de aproximadamente 3,2 eV, o equivalente a fótons de radiação UV com comprimento de onda inferior a 387 nm. Assim, a luz solar (cuja parcela do espectro que atinge a superfície terrestre correspondente a essa energia é de cerca de 3%) pode ser usada como fonte de radiação (Ferreira e Daniel, 2004). Além dessa possibilidade, pode-se apontar como vantagens da FH o amplo espectro de compostos orgânicos que podem ser mineralizados, a dispensabilidade de receptores adicionais de elétrons (como o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e a possibilidade de reúso do fotocatalisador (Suri et al., 1993 apud. Ferreira e Daniel, 2004).



**Figura 15.** Reações de oxirredução que ocorrem tipicamente na superfície do catalisador (representado pelo  $\text{TiO}_2$ ) na FH.

Fonte: traduzido de Ibadon e Fitzpatrick, 2013.

**Quadro 9.** Reações químicas características da FH (exemplificadas a partir do catalisador  $\text{TiO}_2$ ).

$\text{TiO}_2 + h\nu \rightarrow \text{TiO}_2 (h^+_{bv} + e^-_{bc})$
$e^-_{bc} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^{\bullet -}$
$\text{O}_2^{\bullet -} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HO}_2^{\bullet}$
$\text{HO}_2^{\bullet} + \text{HO}_2^{\bullet} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$
$e^-_{bc} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{OH}^- + \text{HO}^{\bullet}$
$h^+_{bv} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}^{\bullet} + \text{H}^+$
$h^+_{bv} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HO}^{\bullet}$
$h^+_{bv} + \text{M.O.} \rightarrow \text{HO}^{\bullet} + \text{M.O.}^{\bullet}$

Fonte: Vignesh, Rajarajan e Suganthi, 2014; Voigt e Jaeger, 2017.

Com o intuito de maximizar a eficiência do processo, a dopagem do  $\text{TiO}_2$  com outros semicondutores, tais como  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{WO}_3$  e  $\text{CeO}_2$  tem sido sugerida para reduzir a taxa de recombinação interna entre  $e^-$  excitados e lacunas. Entretanto, devido ao elevado custo desses aditivos, faz-se primordial a busca por materiais alternativos mais acessíveis (Shen et al., 2018; Albornoz et al., 2020). Também tem se estudado a dopagem com corantes (designada

“sensibilização por corantes”) para promover um aumento da faixa espectral capaz de excitar os semicondutores (Siwińska-Ciesielczyk et al., 2019).

Diversos estudos já testaram a FH para remoção de AZI de matrizes aquosas, obtendo eficiências de pelo menos 50%, mas frequentemente próximas a 100% (Sousa et al., 2012; Moreira et al., 2016; Ćizmić et al., 2017; Ćizmić et al., 2019; Maletić et al., 2019; Sayadi et al., 2019; Talaiekhosani et al., 2020; Mehrdoost, 2021). Não obstante, dependendo da escolha dos catalisadores (e.g.,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ /compósitos de carbono e  $\text{ZrO}_2/\text{Ag}@\text{TiO}_2$ ), é possível alcançar elevadas taxas de mineralização total do antibiótico (Naraginti et al., 2019). Em um trabalho que utilizou FH com  $\text{TiO}_2$  para a degradação de IVM em águas naturais (que atingiu 90% de remoção após 5 horas), foi demonstrado que a reação se beneficia do aumento da concentração do catalisador de 0,25 para 2,5 g/L (Havlíková, Šatínský e Solich, 2016). O pH testado nos experimentos variou entre 3 e 9, mas não afetou a eficiência do sistema.

#### 4.7.5 Oxidação eletroquímica

A oxidação eletroquímica (OE) é baseada no consumo de energia elétrica para induzir a oxidação da água, reação cujo produto inclui a formação  $\text{HO}^\bullet$ . Para essa finalidade, normalmente são adotados eletrodos de materiais especiais, tais como DDB ou rutênio em substratos de silício ou titânio (Midassi, Bedoui e Bensalah, 2020; Teng et al., 2020), sendo os de DDB preferidos pela alta estabilidade química, resistência à corrosão mesmo em meios ácidos, e elevada produção de radicais  $\text{HO}^\bullet$  (Hai et al., 2020).

Alguns benefícios que podem ser apontados na OE em relação a outros POA são a dispensa de reagentes químicos, facilidade de automação em sistemas de pequena escala, alta degradação e eficiência de mineralização (Brillas et al., 2009; Anglada, Urtiaga e Ortiz, 2009; Barrera-Díaz et al., 2014). O processo também pode ser acoplado à filtração por membranas, permitindo separação sólido-líquido simultaneamente, e aumentando a eficiência de técnicas de desinfecção fundamentadas nesse princípio (Lei et al., 2020).

A OE é habitualmente agregada a outros tratamentos e mesmo POA, tais como nos métodos fotoeletro-Fenton e na sonoeletroquímica (Teng et al., 2020). Por exemplo, Midassi, Bedoui e Bensalah (2020) testaram OE e OE + radiação UV para degradação de HCQ e demonstraram que, em associação à luz, observa-se não somente aumento da remoção e mineralização do fármaco, mas também uma redução do consumo global de energia em relação ao processo de OE isoladamente.

#### 4.7.6 Sonólise

Na sonólise (SO), também referida como oxidação sonoquímica, são formados  $\text{H}_2\text{O}_2$  e radicais  $\text{HO}^\bullet$  a partir do uso de ultrassom [ ]], com frequências de 20 kHz a 10 MHz. O mecanismo do método está relacionado à geração e expansão de microbolhas no meio aquoso em resposta à onda sonora. Em seguida, essas bolhas colapsam rápida e violentamente, produzindo condições instantâneas extremas de temperatura e pressão, próximas a 1000 atm e 5000 K (Serna-Galvis et al., 2019). Esses estados energéticos propiciam a formação dos produtos de interesse, radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio (Quadro 10).

**Quadro 10.** Reações químicas da sonólise envolvidas na geração de radicais.

$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}^\bullet + \text{H}^\bullet$
$\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}^\bullet$
$\text{H}_2\text{O} + \text{O}^\bullet \rightarrow 2\text{HO}^\bullet$
$\text{O}_2 + \text{H}^\bullet \rightarrow \text{O}^\bullet + \text{HO}^\bullet$
$2\text{HO}^\bullet \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

Fonte: Serna-Galvis et al., 2019.

Como principais pontos positivos, destacam-se a prescindibilidade de reagentes químicos e possibilidade de atingir mineralização completa. Entretanto, é requerido consumo energético extremamente elevado (Figura 13), e, conseqüentemente, há dificuldade em escalar o processo (Yasuda, 2021). O emprego de aditivos (e.g., sulfato, persulfato, surfactantes e sais iônicos), combinação com outras abordagens (e.g., ultrassom + UV e ultrassom + UV/ $\text{TiO}_2$ ) e variação de condições operacionais (pH, concentração inicial de poluentes, frequência utilizada, temperatura, pressão, etc.) têm sido algumas das alternativas estudadas para minimizar essa limitação (Cao et al., 2020).

Yazdani e Sayadi (2018) utilizaram sonólise com catalisador (nanopartículas de óxido de zinco,  $[\text{ZnO}] = 1 \text{ g/L}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2 = 50 \text{ mg/L}$ ), demonstrando ser possível atingir 98,4% de degradação da AZI após 15 minutos ( $\text{pH} = 3$ ,  $T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $[\text{AZI}] = 20 \text{ mg/L}$ ). Bensalah e colaboradores (2020) degradaram HCQ em concentração de 125 mg/L com sonólise direta e atingiram 26% de eficiência. Entretanto, ao combinar SO + OE, a taxa de degradação foi aumentada em consequência da formação de radicais sulfato ( $\text{SO}_4^{\bullet-}$ ), explicam os autores.

#### 4.7.7 Síntese dos resultados, desafios e perspectivas

Os estudos apresentados ao longo do capítulo 4.7 foram sumarizados (em técnicas e condições experimentais empregadas, eficiências obtidas e autoria das publicações) e o resultado é apresentado na Tabela 4, que visa facilitar a comparação entre diferentes POA para a degradação de AZI, CQ, HCQ e IVM. É notável como os vários métodos são capazes de atingir alta eficiência de degradação desses compostos, mas é necessário que as condições operacionais estejam adequadamente otimizadas, o que por vezes implica em um alto consumo de reagentes químicos e/ou energético. Em função disso, há POA que, até o momento, não são economicamente viáveis e aplicáveis em larga escala (Quadro 5).

Devido à alta eficiência de remoção de fármacos, mesmo em concentrações diminutas, os métodos que se demonstram mais promissores para aplicação em larga escala no futuro são a sonocatálise, fotocátalise heterogênea, Fenton (incluindo foto, eletro e fotoeletro-Fenton) e oxidação eletroquímica associada a radiação UV, ozônio ou peróxido de hidrogênio (Abdurahman, Abdullah e Shoparwe, 2021; Qian et al., 2020; Garcia-Muñoz et al., 2020; Lee et al., 2021; Gorito et al., 2021).

Entre os principais desafios a serem superados, está a transposição do ambiente de laboratório para aplicação em ETE e ETA, nas quais há interferência resultante da presença de íons, MOD, cor e turbidez (da Silva et al., 2021). Além disso, no contexto “real”, tais parâmetros podem ser altamente variáveis ao longo do tempo, de modo que o tratamento utilizado tende a exigir controle constante e ajustes periódicos para garantia da eficiência.

**Tabela 4.** Estudos conduzidos com a utilização de processos oxidativos avançados para a degradação de AZI, CQ, HCQ e IVM de efluentes e soluções aquosas.

Processo	Condições experimentais	Fármaco	% de remoção	Referência
FD	$\lambda = 290 - 800 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 3,0 - 9,0$ ; $[\text{AZI}] = 0.5 - 3.0 \text{ mg/L}$ .	AZI	100	Cano et al., 2020
FD	$\lambda = 254 - 580 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 3,0 - 9,0$ ; $[\text{AZI}] = 20 \text{ mg/L}$ .	AZI	80	Voigt e Jaeger, 2017
FD	$\lambda = 254 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 7,1$ ; $[\text{HCQ}] = 1250 \text{ mg/L}$ .	HCQ	40	Bensalah et al., 2020
FD	$\lambda = < 290 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 5,3 - 7,3$ ; $[\text{AZI}] = 20 \text{ mg/L}$ .	AZI	~70	Tong et al., 2011
FD	$\lambda = 250 - 800 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 4,0 - 9,0$ ; $[\text{HCQ}] = 3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ .	HCQ	100	Dabić et al., 2019
FD	$\lambda = 254 \text{ nm}$ ; $\text{pH} = 7,72$ ; $[\text{AZI}] = 295 \text{ ng/L}$ .	AZI	0	De la Cruz et al., 2012
OE	$\text{pH} = 2 - 10$ ; $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0.5 - 3 \text{ mmol/L}$ ; $[\text{AZI}] = 100 \text{ mg/L}$ ; $j = 0 - 20 \text{ mA/cm}^2$ .	AZI	98,9	Yazdanbakhsh et al., 2015
EFE	Ânodo = DDB e platina; Cátodo = feltro de carbono; $\text{pH} = 3,0 - 12,0$ ; $j = 20 - 200 \text{ mA/cm}^2$ ; $[\text{Fe}^{2+}] = 0 - 20 \text{ mg/L}$ ; $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,05 \text{ mol/L}$ ; $[\text{CQ}] = 34 - 250 \text{ mg/L}$ .	CQ	100	Midassi et al., 2020
OE	Ânodo = DDB; Cátodo = aço inoxidável; $\text{pH} = 7,1$ ; $j = 20 \text{ mA/cm}^2$ ; $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,05 \text{ mol/L}$ ; $[\text{HCQ}] = 36 - 250 \text{ mg/L}$ ; $j = 20 \text{ mA/cm}^2$ ;	HCQ	100	Bensalah et al., 2020

FE	pH = 3 – 10; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 0,3 mmol/L; [AZI] = 200 mg/L; [Fe <sup>2+</sup> ] = 50 mg/L.	AZI	96,89	Yazdanbakhsh et al., 2014
FE + FEF	$\lambda$ = 254 – 800 nm; pH = 6,85; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 25 – 50 mg/L; [AZI] = 295 ng/L; [Fe <sup>2+</sup> ] = 5 mg/L.	AZI	100	De la Cruz et al., 2012
FE + FEF	$\lambda$ = 254 nm; pH = 3,0; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 1 – 10 mmol/L; [IVM] = 500 $\mu$ g/L; [Fe <sup>2+</sup> ] = 0,25 – 1 mmol/L.	IVM	FE = 90 FEF = 99	Dal Bosco et al., 2011
FH	Catalisador = TiO <sub>2</sub> /compósitos de carbono; [AZI] = 100 $\mu$ g/L; $\lambda$ = < 420 nm.	AZI	99,4	Maletić et al., 2019
FH	Catalisador = anéis de Raschig P25 revestidos com TiO <sub>2</sub> ; [AZI] = 200 $\mu$ g/L; $\lambda$ = 382 nm.	AZI	~50	Moreira et al., 2016
FH	Catalisador = TiO <sub>2</sub> P25; [AZI] = 680 ng/L; $\lambda$ = luz solar.	AZI	100	Sousa et al., 2012
FH	Catalisador = nanocompósito de carvão ativado/Fe/Si/Zn; [AZI] = 1 g/L; $\lambda$ = 254 nm.	AZI	99,7	Mehrdoost, 2021
FH	Catalisador = 0,05 mg/L ZnO; pH = 5 – 13; [AZI] = 110 mg/L; UV = 103 – 163 mW/cm <sup>2</sup> .	AZI	73	Talaiekhosani et al., 2020
FH	Catalisador = filme de TiO <sub>2</sub> ; pH = 3 – 10; [AZI] = 10 mg/L; $\lambda$ = 185, 254 e 365 nm.	AZI	100 ( $\lambda$ = 185/254) 0 ( $\lambda$ = 365)	Čizmić et al., 2019
FH	Catalisador = 0,25 – 2 g/L GO@Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO/SnO <sub>2</sub> ; pH = 3 – 9; [AZI] = 10 – 100 mg/L; $\lambda$ = 254 nm.	AZI	90,06	Sayadi et al., 2019



FH	Catalisador = 2 g/L de nanobarras de ZrO <sub>2</sub> /Ag@TiO <sub>2</sub> ; [AZI] = 2,5 – 20 mg/L; $\lambda$ = luz visível.	AZI	98	Naraginti et al., 2019
FH	Catalisador = sol-gel nanoestruturado de TiO <sub>2</sub> ; pH = 3 – 10; [AZI] = 1 – 10 mg/L; $\lambda$ = 185, 254 e 365 nm.	AZI	100	Čizmić et al., 2017
FH	Catalisador = 2,0 g/L de TiO <sub>2</sub> pulverizado; pH = 3 – 9; [IVM] = 10 mg/L; $\lambda$ = 366 nm.	IVM	90	Havlíková et al., 2016
FA	$\lambda$ = 254 nm; pH = 3 – 9; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 2 – 10 mg/L; [AZI] = 2 – 10 mg/L.	AZI	76	Shokri et al., 2020
FA	$\lambda$ = 254 nm; pH = meio ácido; [AZI] = 2 mg/L.	AZI	91,2	Shokri et al., 2019
FA	$\lambda$ = 254 nm; pH = 6,85; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 50 mg/L; [AZI] = 295 ng/L.	AZI	100	De la Cruz et al., 2012
SO	Ânodo = BDD; Cátodo = aço inoxidável; pH = 7,1; j = 20 mA/cm <sup>2</sup> ; [Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] = 0,05 mol/L; [HCQ] = 250 mg/L; Potência de sonificação = 8,5 W.	HCQ	26	Bensalah et al., 2020
SO	Catalisador = 0,25 – 2 g/L de nanopartículas de ZnO; pH = 3 – 8; [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] = 15 – 100 mg/L; [AZI] = 10 – 100 mg/L; Dispositivo ultrassônico na frequência de 35 kHz.	AZI	98,4	Yazdani e Sayadi, 2018

Fonte: traduzido e adaptado de Albornoz, Soroka e Silva, 2021.

## 4.8 VOSViewer

Os grafos resultantes do processo da análise bibliométrica com o VOSviewer foram divididos em:

- Primeira busca: ("advanced oxidation process" OR "advanced oxidative process") AND (degradation OR treatment) AND effluent;
- Segunda busca: ("advanced oxidation process" OR "advanced oxidative process") AND (degradation OR treatment) AND azithromycin.

Os produtos gerados a partir da primeira busca foram registrados em forma de imagem nas Figuras 16, 17 e 20, enquanto os da segunda busca nas Figuras 18, 19 e 21. Salienta-se que uma grande vantagem do programa se deve ao fato de que os mapas produzidos são interativos, i.e., permitem livre aproximação e afastamento (*zoom*), movimentos translacionais, rotacionais, além da possibilidade de realçar termos específicos na rede de interação. Essas utilidades são inevitavelmente perdidas ao transpor os grafos à imagem estática necessária para a inclusão em um documento de texto. Entretanto, ainda assim é possível destacar pontos interessantes e realizar uma série de avaliações pertinentes.

Na primeira busca, foram obtidas 43 palavras-chave extraídas de 1.666 resultados obtidos no Scopus, após a remoção de termos irrelevantes e redundâncias, agrupadas em seis *clusters*. O número total de *links* entre os termos foi de 903, com força total calculada em 65.738.

A princípio, causa certa estranheza a baixa representação de termos como “concentração” e “radical hidroxila” (Figura 16, Figura 20), mas isso pode ser atribuído a uma questão trivial: é comum a abreviação do radical (em HO<sup>•</sup>, ou formas equivalentes) e a expressão de concentrações é convencionada com o uso de colchetes, tornando a repetição da palavra mais rara. Observa-se clara centralidade de inter-relações dos termos “efluentes”, “oxidação”, “peróxido de hidrogênio”, “processos oxidativos avançados” e “tratamento de esgoto”, indicando que a maioria dos estudos está relacionado a esses temas.

Na rede que classifica as palavras-chave de acordo com a data de publicação (Figura 17), fica nítido que alguns termos são estudados há mais tempo (e.g., “biodegradação”, “gerenciamento de águas residuárias”, “ozonização”, “radiação ultravioleta” e “resíduo industrial”), enquanto outros entraram em voga mais recentemente (e.g., “efluentes”, “poluentes aquáticos”, “poluentes químicos aquáticos”, “purificação da água” e “reação de

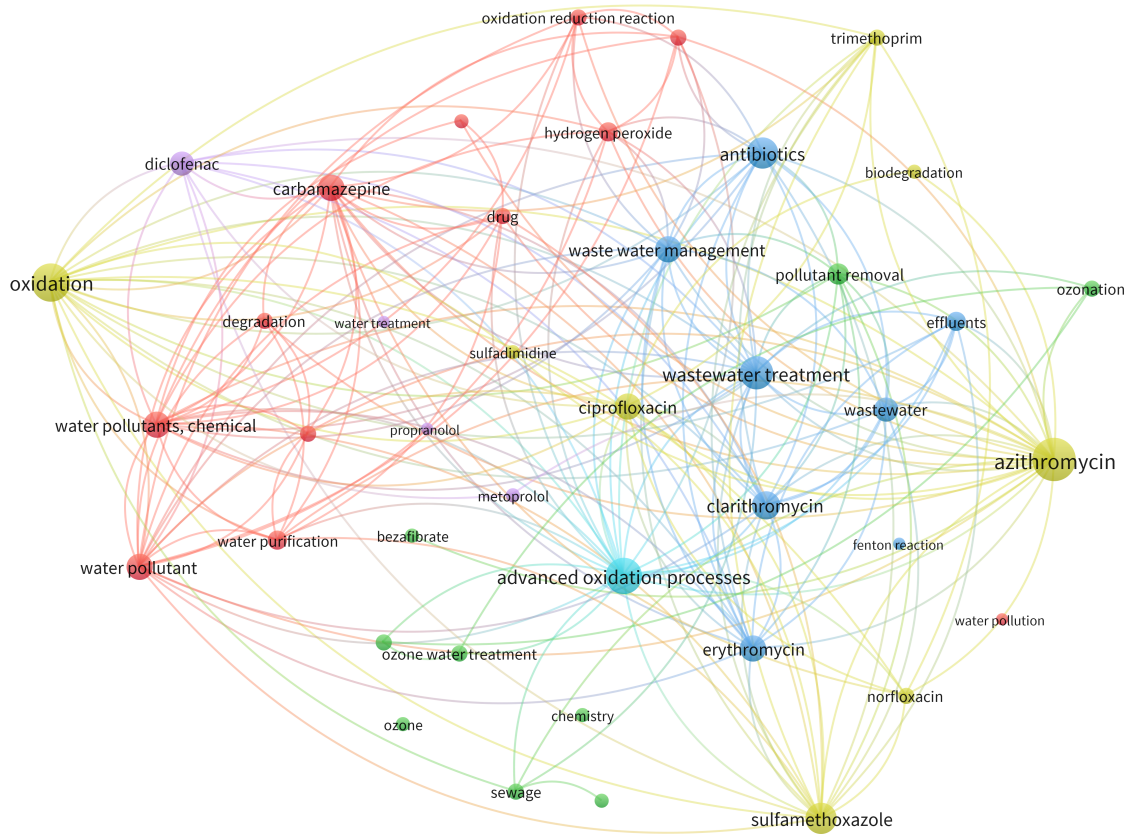
oxirredução”). Esse resultado ajuda a discernir as áreas que já estão mais solidamente estabelecidas das que têm passado por recente expansão. No quesito densidade de citações de palavras-chave (Figura 20), além dos termos já destacados pelo número de conexões, ainda despontam: “degradação”, “demanda química de oxigênio”, “oxirredução”, “ozônio”, “ozonização”, “poluentes químicos da água”, “tratamento de água com ozônio” e “tratamento de efluente”.

Na segunda busca, foram obtidas 42 palavras-chave extraídas de 21 resultados, após a remoção de termos irrelevantes e redundâncias, agrupados em seis *clusters*. O número total de *links* entre os termos foi de 850, com força total calculada em 3.593. Essa baixa força já é esperada, uma vez que os 21 trabalhos analisados representam menos de 1,5% da totalidade de estudos obtidos na primeira busca.

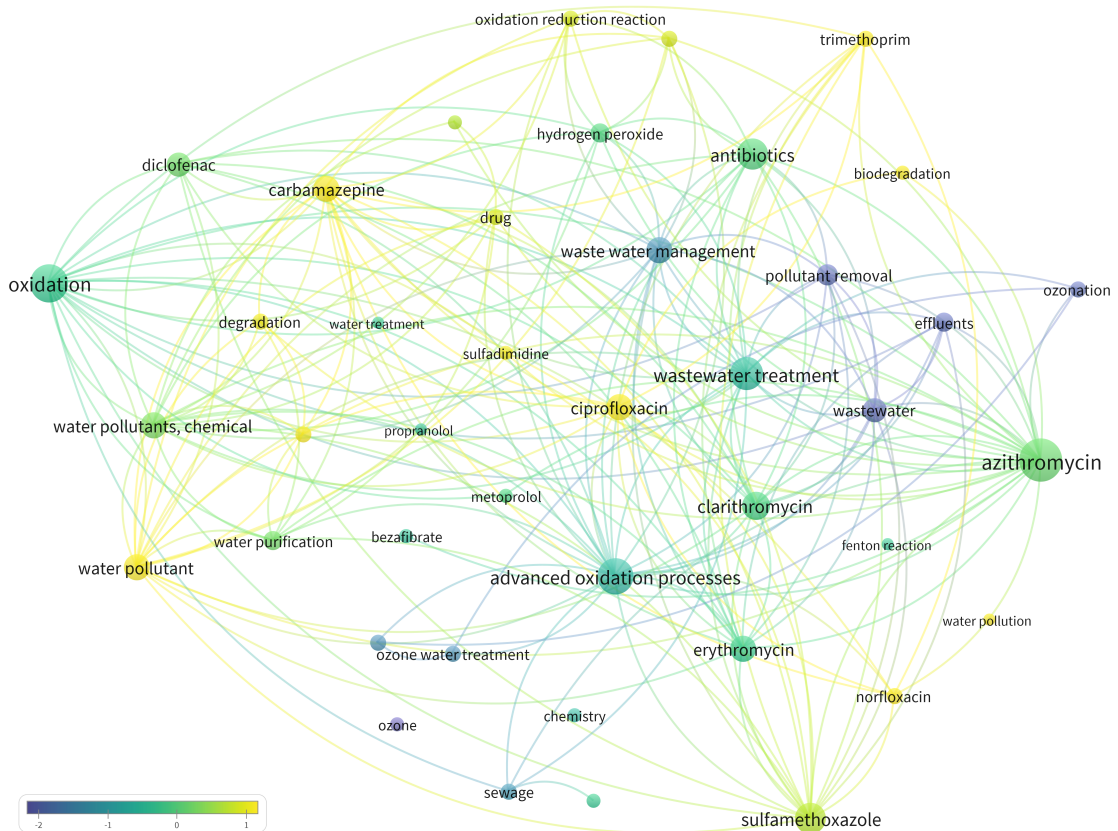
Termos como “azitromicina”, “oxidação”, “processos oxidativos avançados” e “tratamento de esgoto” possuem o maior número de interconexões (Figura 18), mas outros como “antibióticos”, “carbamazepina”, “ciprofloxacina”, “claritromicina”, “eritromicina” e “sulfametoxazol” chegam próximos, indicando a relevância de estudos abordando outros CE, fármacos e, particularmente, antibióticos.

Em relação à temporalidade (Figura 19), pode-se visualizar que os trabalhos recentes têm se concentrado em compostos como “carbamazepina”, “ciprofloxacina”, “norfloxacino” e “trimetropim”, com os termos mais tradicionais sendo “efluente”, “esgoto”, “ozônio”, “ozonização” e “remoção de poluente”. Diferentemente dos resultados da primeira busca, focando-se especificamente na AZI há uma maior distribuição na densidade de citação de termos (Figura 21), sugerindo que ainda não se estabeleceu um conjunto de palavras pervasivas na literatura. Há destaque para a fraca densidade relativa do termo “reação Fenton”, o que pode estar associado à baixa taxa de mineralização total de compostos complexos que a técnica proporciona, além da necessidade de otimizações operacionais ou ainda de combinações metodológicas para o seu emprego (Elmolla e Chaudhuri, 2009).

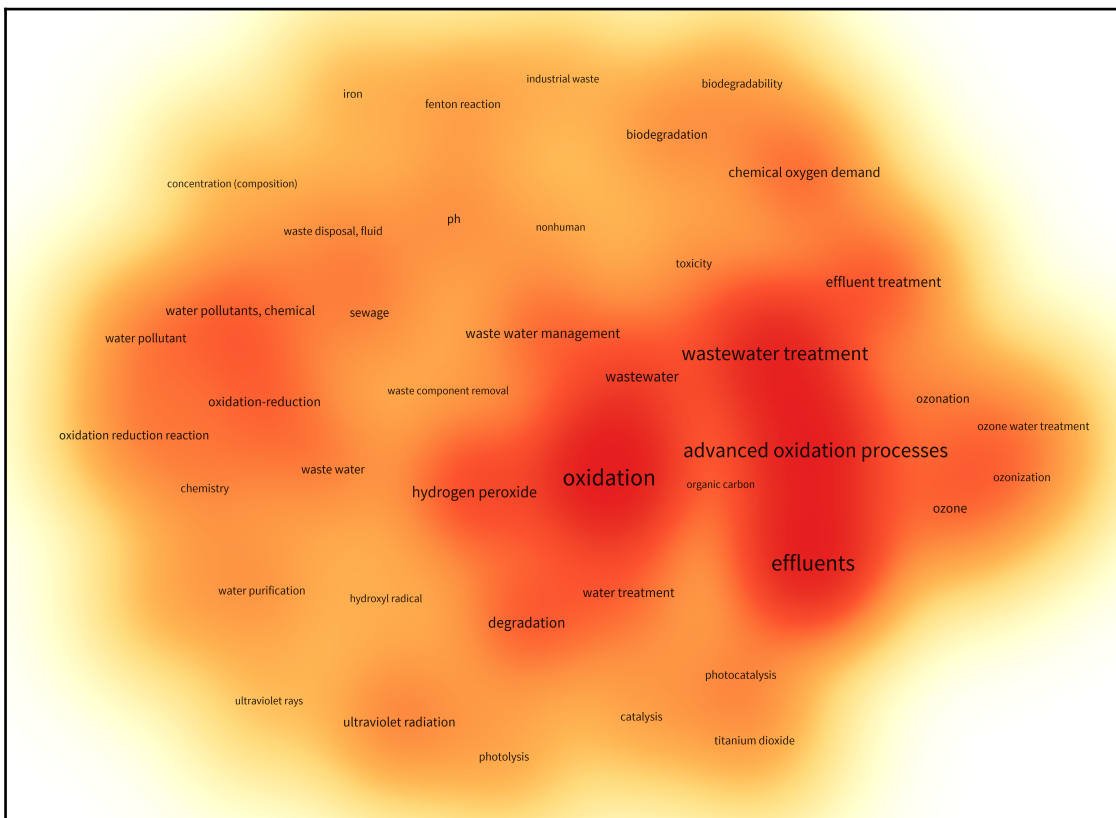




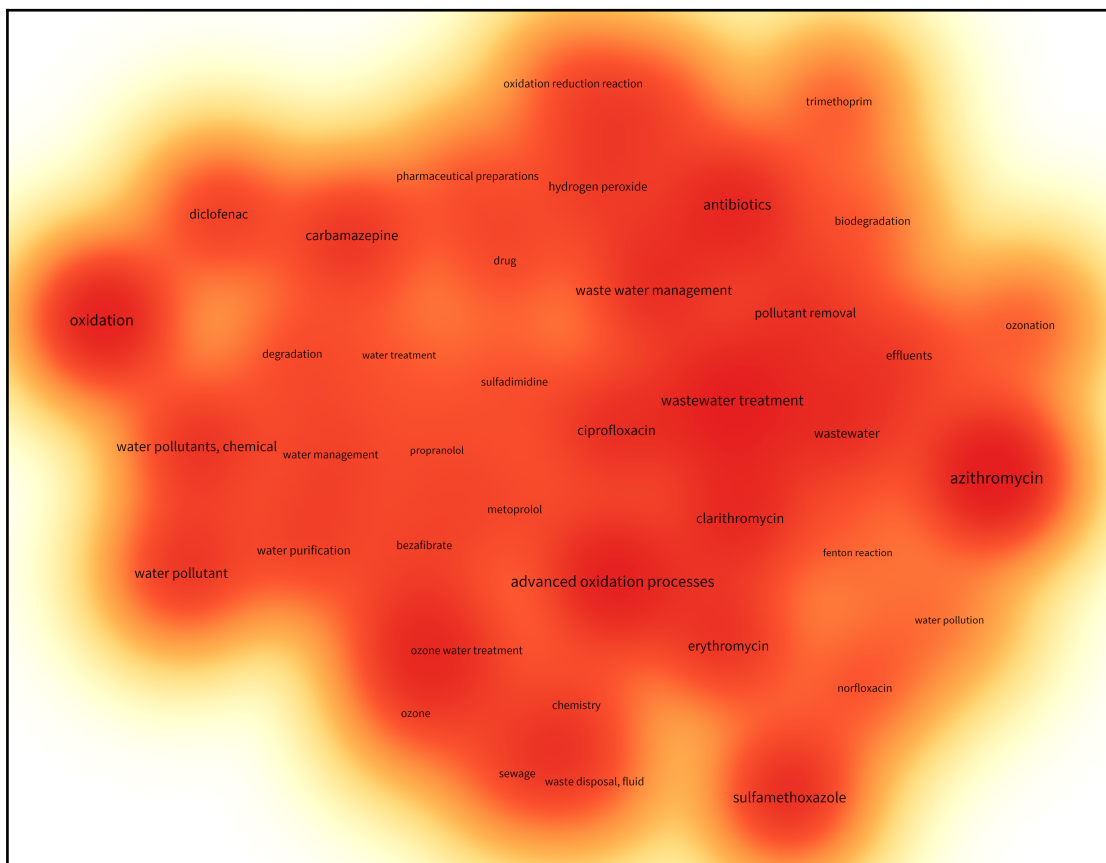
**Figura 18.** Rede tipo “*Network Visualization*” dos 42 termos mais citados na segunda busca. As cores indicam palavras que estão mais relacionadas entre si do que com palavras de outros *clusters*.



**Figura 19.** Rede tipo “*Overlay Visualization*” dos 42 termos mais citados na segunda busca. A escala de cores indica a diferença de anos em relação à média geral de publicação dos termos.



**Figura 20.** Mapa tipo “*Density Visualization*” dos 43 termos mais citados na primeira busca. Cor mais intensa indica um maior número de citações do termo.



**Figura 21.** Mapa tipo “*Density Visualization*” dos 42 termos mais citados na segunda busca. Cor mais intensa indica um maior número de citações do termo.

## 5. Conclusão

Na data de finalização deste trabalho de conclusão, dia 15 de novembro de 2021, o Brasil já carrega a infeliz marca de 611 mil fatalidades em decorrência da COVID-19. Apesar da população do país representar menos de 3% da mundial, o número de óbitos corresponde a 12% do total. Isto significa que centenas de milhares de vidas poderiam ter sido poupadas, caso medidas de contingência efetivas (em especial distanciamento social, uso de máscaras e rápida vacinação em massa) fossem amplamente adotadas em vez da defesa deliberada de pseudo tratamentos e da minimização do poder letal do vírus. Esse desfecho está profundamente relacionado ao analfabetismo científico da população e ao alto grau de politização que o debate assumiu. Não obstante, pouquíssima atenção foi dispensada aos efeitos ambientais resultantes do consumo desenfreado de fármacos e sua liberação no ambiente.

Nesse contexto, POA despontam como uma promissora alternativa para o tratamento de efluentes contendo compostos farmacêuticos. Devido à diversidade de métodos e inúmeras condições operacionais possíveis, esses processos podem ser adequados para tratar não somente efluentes contendo AZI, CQ, HCQ e IVM, mas também uma miríade de outros CE e compostos recalcitrantes. A revisão de literatura e análises no VOSviewer revelam que essas áreas de pesquisa estão em plena expansão e ainda exigem estudos adicionais e mais abrangentes. Enfatiza-se que muitos dos métodos disponíveis atualmente ainda estão em fase experimental, de modo que a transposição para aplicação em ETE e ETA constitui uma das maiores oportunidades e desafios para o futuro.

## 6. Referências Bibliográficas

ABDURAHMAN, M. H.; ABDULLAH, A. Z.; SHOPARWE, N.F.; A comprehensive review on sonocatalytic, photocatalytic, and sonophotocatalytic processes for the degradation of antibiotics in water: Synergistic mechanism and degradation pathway. **Chemical Engineering Journal**. 2021. v. 413. DOI: [10.1016/j.cej.2020.127412](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127412).

Agência Brasil, 25 de outubro de 2021. “Facebook remove live em que presidente associa vacina de covid à aids”. Acesso em 9 de novembro de 2021, disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2021-10/facebook-remove-live-em-que-presidente-associa-vacina-de-covid-aids>.

AHILE, U. J.; WUANA, R. A.; ITODO, A. U.; SHA'ATO, R.; DANTAS, R. F.; A review on the use of chelating agents as an alternative to promote photo-Fenton at neutral pH: Current trends, knowledge gap and future studies. **Science of the Total Environment**. 2020. v. 710. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.134872](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134872).

ALBORNOZ, L. L.; DA SILVA, S. W.; BORTOLOZZI, J. P.; BANÚS, E. D.; BRUSSINO, P.; ULLA, M. A.; BERNARDES, A. M.; Degradation and mineralization of erythromycin by heterogeneous photocatalysis using SnO 2-doped TiO<sub>2</sub> structured catalysts: activity and stability. **Chemosphere**. 2020. v. 268. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.128858](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128858).

ALBORNOZ, L. L.; SOROKA, V. D.; SILVA, M. C. A.; Photo-mediated and advanced oxidative processes applied for the treatment of effluents with drugs used for the treatment of early COVID-19: Review. **Environmental Advances**. 2021. In Press, Journal Pre-proof. DOI: [j.envadv.2021.100140](https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100140).

AMBULKAR, A.; NATHANSON, J. A.; Wastewater treatment. Encyclopedia Britannica. Acesso em 23 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>.

ANDREANI, J.; LE BIDEAU, M.; DUFLOT, I.; JARDOT, P.; ROLLAND, C.; BOXBERGER, M.; WURTZ, N.; ROLAIN, J. M.; COLSON, P.; LA SCOLA, B.; RAOULT, D.; In vitro testing of combined hydroxychloroquine and azithromycin on SARS-CoV-2 shows synergistic effect. **Microbial Pathogenesis**. 2020. v. 145. DOI: [10.1016/j.micpath.2020.104228](https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104228).

ANDREOZZI, R; CAPRIO, V.; INSOLA, A.; MAROTTA, R.; Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. **Catalysis Today**. 1999. v. 53. DOI: [10.1016/S0920-5861\(99\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(99)00102-9).

ANGLADA, A.; URTIAGA, A.; ORTIZ, I.; Contributions of electrochemical oxidation to waste-water treatment: fundamentals and review of applications. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**. 2009. v. 84. DOI: [10.1002/jctb.2214](https://doi.org/10.1002/jctb.2214).

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto. 1987. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=005381>.



Associação dos Especialistas em Políticas Públicas do Estado de São Paulo – AEPPSP, 28 de março de 2020. “O Brasil precisa superar a falsa dicotomia entre salvar vidas ou a economia”. Acesso em 14 de outubro de 2021, disponível em:

<https://aeppsp.org.br/o-brasil-precisa-superar-a-falsa-dicotomia-entre-salvar-vidas-ou-a-economia/>.

BAKER, K. R.; JANA, B.; HANSEN, A. M.; NIELSEN, H. M.; FRANZYK, H.; GUARDABASSI, L.; Repurposing Azithromycin and Rifampicin Against Gram-Negative Pathogens by Combination With Peptidomimetics. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**. 2019. v. 9. DOI: [10.3389/fcimb.2019.00236](https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00236).

BARKS, J. D. E.; LIU, Y.; WANG, L.; PAI, M. P.; SILVERSTEIN, F. S. Repurposing azithromycin for neonatal neuroprotection. **Pediatric Research**. 2019. v. 86. DOI: [10.1038/s41390-019-0408-6](https://doi.org/10.1038/s41390-019-0408-6).

BARRERA-DIÁZ, C.; CAÑIZARES, P.; FERNÁNDEZ, F. J.; NATIVIDAD, R.; RODRIGO, M. A.; Electrochemical Advanced Oxidation Processes: An Overview of the Current Applications to Actual Industrial Effluents. **Journal of the Mexican Chemical Society**. 2014. v. 58. DOI: [10.29356/jmcs.v58i3.133](https://doi.org/10.29356/jmcs.v58i3.133).

BBC News, 3 de setembro de 2020. “O grupo de '10 mil' médicos pró-cloroquina que se aproximou de Bolsonaro com ‘evento histórico’”. Acesso em 26 de setembro de 2021, disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-53994532>.

BBC News, 14 de maio de 2021. “Covid: Médico pode ser processado se receitar tratamento ineficaz, alertam especialistas”. Acesso em 26 de setembro de 2021, disponível: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-57066093>.

BENSALAH, N.; MIDASSI, S.; AHMAD, M. I.; BEDOUI, A.; Degradation of hydroxychloroquine by electrochemical advanced oxidation processes. **Chemical Engineering Journal**. 2020. v. 402. DOI: [10.1016/j.cej.2020.126279](https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126279).

BOLTON, J. R.; BIRCHER, K. G.; TUMAS, W.; TOLMAN, C. A.; Figures-of-Merit for the Technical Development and Application of Advanced Oxidation Processes. **Journal of Advanced Oxidation Technologies**. 1996. v. 1. DOI: [10.1515/jaots-1996-0104](https://doi.org/10.1515/jaots-1996-0104).

BRILLAS, E.; SIRÉS, I.; OTURAN, M. A.; Electro-Fenton process and related electrochemical technologies based on Fenton's reaction chemistry. **Chemical Reviews**. 2009. v. 109. DOI: [10.1021/cr900136g](https://doi.org/10.1021/cr900136g).

CALY, L.; DRUCE, J. D.; CATTON, M. G.; JANS, D. A.; WAGSTAFF, K. M.; The FDA-approved drug ivermectin inhibits the replication of SARS-CoV-2 in vitro. **Antiviral Research**. 2020. v. 178. DOI: [10.1016/j.antiviral.2020.104787](https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104787).

CAMPBELL, W.C.; Ivermectin: An Update. **Parasitology Today**. 1985. v. 1. DOI: [10.1016/0169-4758\(85\)90100-0](https://doi.org/10.1016/0169-4758(85)90100-0).

CAMPRUBÍ, D.; ALMUEDO-RIERA, A.; MARTÍ-SOLER, H.; SORIANO, A.; HURTADO, J. C.; SUBIRÀ, C.; GRAU-PUJOL, B.; KROLEWIECKI, A.; MUÑOZ, J.; Lack of efficacy of standard doses of ivermectin in severe COVID-19 patients. **PLoS One**. 2020. v. 15. DOI: [10.1371/journal.pone.0242184](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242184).

CANO, P. A.; JARAMILLO-BAQUERO, M.; ZÚÑIGA-BENÍTEZ, H.; LONDOÑO, Y. A.; PEÑUELA, G. A.; Use of simulated sunlight radiation and hydrogen peroxide in azithromycin removal from aqueous solutions: Optimization & mineralization analysis. **Emerging Contaminants**. 2020. v. 6. DOI: [10.1016/j.emcon.2019.12.004](https://doi.org/10.1016/j.emcon.2019.12.004).

CAO, H.; ZHANG, W.; WANG, C.; LIANG, Y.; Sonochemical degradation of poly- and perfluoroalkyl substances - A review. **Ultrasonics sonochemistry**. 2020. v. 69. DOI: [10.1016/j.ultsonch.2020.105245](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105245).

Carta Capital, 1 de setembro de 2021. “Bolsonaro é denunciado de novo por genocídio no Tribunal de Haia”. Acesso em 19 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/cartaexpressa/bolsonaro-e-denunciado-de-novo-por-genocidio-no-tribunal-de-haia/>.

Carta Capital, 21 de outubro de 2021. “Com Haddad, Brasil teria passado por lockdown e todos teriam de se vacinar, diz Bolsonaro”. Acesso em 24 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/cartaexpressa/com-haddad-brasil-teria-passado-por-lockdown-e-todos-teriam-de-se-vacinar-diz-bolsonaro/>.

CASTAÑEDA-SABOGAL, A.; CHAMBERGO-MICHILOT, D.; TORO-HUAMANCHO, C. J.; SILVA-RENGIFO, C.; GONZALES-ZAMORA, J.; BARBOZA, J. J.; Outcomes of Ivermectin in the treatment of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. **MedRxiv** (preprint). DOI: [10.1101/2021.01.26.21250420](https://doi.org/10.1101/2021.01.26.21250420).

CAVALCANTI, A. B.; ZAMPIERI, F. G.; ROSA, R. G.; AZEVEDO, L. C. P.; VEIGA, V. C.; AVEZUM, A.; DAMIANI, L. P.; MARCADENTI, A.; KAWANO-DOURADO, L.; LISBOA, T.; JUNQUEIRA, D. L. M.; DE BARROS E SILVA, P. G. M.; TRAMUJAS, L.; ABREU-SILVA, E. O.; LARANJEIRA, L. N.; SOARES, A. T.; ECHENIQUE, L. S.; PEREIRA, A. J.; FREITAS, F. G. R.; GEBARA, O. C. E.; DANTAS, V. C. S.; FURTADO, R. H. M.; MILAN, E. P.; GOLIN, N. A.; CARDOSO, F. F.; MAIA, I. S.; HOFFMANN FILHO, C. R.; KORMANN, A. P. M.; AMAZONAS, R. B.; BOCCHI DE OLIVEIRA, M. F.; SERPA-NETO, A.; FALAVIGNA, M.; LOPES, R. D.; MACHADO, F. R.; BERWANGER, O.; COALITION COVID-19 BRAZIL I INVESTIGATORS; Hydroxychloroquine with or without Azithromycin in Mild-to-Moderate Covid-19. **The New England Journal of Medicine**. 2020, v. 383. DOI: [10.1056/NEJMoa2019014](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2019014).

Centro Brasileiro de Estudos de Saúde – CEBES, 21 de janeiro de 2021. “Pesquisa revela que Bolsonaro executou uma estratégia institucional de propagação do coronavírus”. Acesso em 14 de outubro de 2021, disponível em: <http://cebes.org.br/2021/01/pesquisa-revela-que-bolsonaro-executou-uma-estrategia-institucional-de-propagacao-do-coronavirus/>.

Centro de Pesquisas e Estudos de Direito Sanitário – CEPEDISA/FSP/USP e Conectas Direitos Humanos. Boletim n. 10: mapeamento e análise das normas jurídicas de resposta à COVID-19 no Brasil. 2021. Acesso em 14 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.conectas.org/publicacao/boletim-direitos-na-pandemia-no-10/>.

CHACCOUR, C.; HAMMANN, F.; RAMÓN-GARCÍA, S.; RABINOVICH, N. R.; Ivermectin and COVID-19: Keeping Rigor in Times of Urgency. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. 2020. v. 102. DOI: [10.4269/ajtmh.20-0271](https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-0271).

ČIZMIĆ, M.; LJUBAS, D.; ROŽMAN, M.; AŠPERGER, D.; ČURKOVIĆ, L.; BABIĆ, S.; Photocatalytic degradation of azithromycin by nanostructured tio<sub>2</sub> film: kinetics, degradation products, and toxicity. **Materials**. 2019. v. 12. DOI: [10.3390/ma12060873](https://doi.org/10.3390/ma12060873).

ČIZMIĆ, M.; VRBAT, K.; LJUBAS, D.; ČURKOVIĆ, L.; BABIĆ, S.; Photocatalytic degradation of macrolide antibiotic azithromycin in aqueous sample. **15th International Conference on Environmental Science and Technology**. 2017. Disponível em: [https://cest2017.gnest.org/sites/default/files/presentation\\_file\\_list/cest2017\\_00816\\_poster\\_paper.pdf](https://cest2017.gnest.org/sites/default/files/presentation_file_list/cest2017_00816_poster_paper.pdf).

CNN Brasil, 25 de maio de 2021. “Em simulação, TrateCov indica cloroquina para bebê com febre e congestão nasal”. Acesso em 1 de novembro de 2021, disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/em-simulacao-tratecov-indica-cloroquina-para-bebe-com-febre-e-congestao-nasal/>.

COLSON, P.; ROLAIN, J. M.; LAGIER, J. C.; BROUQUI, P.; RAOULT, D.; Chloroquine and hydroxychloroquine as available weapons to fight COVID-19. **International Journal of Antimicrobial Agents**. 2020. v. 55. DOI: [10.1016/j.ijantimicag.2020.105932](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105932).

Conselho Federal de Farmácia – CFF. Busca de fórmulas milagrosas contra a Covid-19 continua impulsionando vendas de medicamentos. 2021. Acesso em 26 de junho de 2021, disponível em: <https://www.cff.org.br/noticia.php?id=6198>.

Conselho Federal de Farmácia – CFF e IQVIA apud. G1. Venda de remédios sem eficácia comprovada contra a Covid dispara. 2021. Acesso em 25 de junho de 2021, disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/02/04/venda-de-remedios-sem-eficacia-comprovada-contr-a-covid-dispara.ghtml>.

CORMAN, V. M.; MUTH, D.; NIEMEYER, D.; DROSTEN, C.; Hosts and Sources of Endemic Human Coronaviruses. **Advances in Virus Research**. 2020. v. 100. DOI: [10.1016/bs.aivir.2018.01.001](https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2018.01.001).

DABIĆ, D.; BABIĆ, S.; ŠKORIĆ, I.; The role of photodegradation in the environmental fate of hydroxychloroquine. **Chemosphere**. 2019. v. 230. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.05.032](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.032).

DAL BOSCO, S. M.; BARBOSA, I. M.; CANDELLO, F. P.; MANIERO, M. G.; RATH, S.; GUIMARÃES, J. R.; Degradation of Ivermectin by Fenton and Photo-Fenton and Toxicity Test Using *Daphnia similis*. **Journal of Advanced Oxidation Technologies**. 2011. v. 14. DOI: [10.1515/jaots-2011-0215](https://doi.org/10.1515/jaots-2011-0215).

DA SILVA, S. W.; WELTER, J. B.; ALBORNOZ, L. L.; HEBERLE, A. N. A.; FERREIRA, J. Z.; BERNARDES, A. M.; Advanced Electrochemical Oxidation Processes in the Treatment of Pharmaceutical Containing Water and Wastewater: a Review. **Current Pollution Reports**. 2021. v. 7. DOI: [10.1007/s40726-021-00176-6](https://doi.org/10.1007/s40726-021-00176-6).

DAUGHTON, C. G.; Non-regulated water contaminants: emerging research. **Environmental Impact Assessment Review**. 2004. v. 24. DOI: [10.1016/j.eiar.2004.06.003](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.06.003).

DAVID, H. M. S. L.; ACIOLI, S.; SILVA, M. R. F.; BONETTI, O. P.; PASSOS, H.; Pandemics, crisis conjunctures, and professional practices: what is the role of nursing with regard to Covid-19? **Revista Gaúcha de Enfermagem**. 2020. v. 42. DOI: [10.1590/1983-1447.2021.20190254](https://doi.org/10.1590/1983-1447.2021.20190254).

DAVIS, L. In the Time of Pandemic, the Deep Structure of Biopower Is Laid Bare. **Critical Inquiry**. 2021. v. 47. DOI: [10.1086/711458](https://doi.org/10.1086/711458).

DE LA CRUZ, N.; GIMÉNEZ, J.; ESPLUGAS, S.; GRANDJEAN, D.; ALENCASTRO, L. F.; PULGARÍN, C.; Degradation of 32 emergent contaminants by UV and neutral photo-fenton in domestic wastewater effluent previously treated by activated sludge. **Water Research**. 2012. v. 46. DOI: [10.1016/j.watres.2012.01.014](https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.01.014).

DE LUCA, A.; Tese de doutorado: Fenton and Photo-Fenton like at neutral pH for the removal of emerging contaminants in water and wastewater effluents. Departamento de Química Analítica e Engenharia Química, Universitat de Barcelona. 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10803/399786>.

DENG, Y.; ZHAO, R.; Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment. **Current Pollution Reports**. 2015. v. 1. DOI: [10.1007/s40726-015-0015-z](https://doi.org/10.1007/s40726-015-0015-z).

DOAN, T.; WORDEN, L.; HINTERWIRTH, A.; ARZIKA, A. M.; MALIKI, R.; ABDU, A.; ZHONG, L.; CHEN, C.; COOK, C.; LEBAS, E.; O'BRIEN, K. S.; OLDENBURG, C. E.; CHOW, E. D.; PORCO, T. C.; LIPSITCH, M.; KEENAN, J. D.; LIETMAN, T. M.; Macrolide and Nonmacrolide Resistance with Mass Azithromycin Distribution. **The New England Journal of Medicine**. 2020. v. 383. DOI: [10.1056/NEJMoa2002606](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002606).

DURAN, J. M.; AMSDEN, G. W.; Azithromycin: indications for the future? **Expert Opinion on Pharmacotherapy**. 2000. v. 1. DOI: [10.1517/14656566.1.3.489](https://doi.org/10.1517/14656566.1.3.489).

ECHEVERRÍA-ESNAL, D.; MARTIN-ONTIYUELO, C.; NAVARRETE-ROUCO, M. E.; DE-ANTONIO CUSCÓ, M.; FERRÁNDEZ, O.; HORCAJADA, J. P.; GRAU, S.; Azithromycin in the treatment of COVID-19: a review. **Expert Review of Anti-Infective Therapy**. 2021. v.19. DOI: [10.1080/14787210.2020.1813024](https://doi.org/10.1080/14787210.2020.1813024).

ELMOLLA, E.; CHAUDHURI, M.; Optimization of Fenton process for treatment of amoxicillin, ampicillin and cloxacillin antibiotics in aqueous solution. **Journal of Hazardous Materials**. 2009. v. 170. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2009.05.013](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.013).

El País, 30 de junho de 2021. “Ação contra Bolsonaro avança em Haia, e indígenas vão denunciá-lo por genocídio e ecocídio”. Acesso em 19 de outubro de 2021, disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2021-07-01/acao-contra-bolsonaro-da-passo-inedito-no-tribunal-penal-internacional-enquanto-indigenas-se-preparam-para-denuncia-lo-por-genocidio-e-ecocidio-na-corte.html>.

El País, 23 de setembro de 2021. “Prevent Senior, em busca do macabro milagre da cura pela cloroquina que alimentou Bolsonaro”. Acesso em 26 de setembro de 2021, disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2021-09-23/prevent-senior-em-busca-do-macabro-milagre-da-cura-pela-cloroquina-que-alimentou-bolsonaro.html>.

Estadão, 26 de setembro de 2021. “Brasil teve política de infecção em massa, diz juíza que atuou no Tribunal de Haia”. Acesso em 18 de outubro de 2021, disponível em: <https://politica.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-teve-politica-de-infeccao-em-massa-diz-juiza-que-atuou-no-tribunal-de-haia,70003850906>.

EYSENBACH, G. How to Fight an Infodemic: The Four Pillars of Infodemic Management. **Journal of Medical Internet Research**. 2020. v. 22. DOI: [10.2196/21820](https://doi.org/10.2196/21820).

FAUCI, A. S.; LANE, H. C.; REDFIELD, R. R.; Covid-19 - Navigating the Uncharted. **The New England Journal of Medicine**. 2020. v. 382. DOI: [10.1056/NEJMe2002387](https://doi.org/10.1056/NEJMe2002387).

FENTON, H. J. H.; Oxidation of tartaric acid in presence of iron. **Journal of the Chemical Society, Transactions**. 1894. v. 65. DOI: [10.1039/CT8946500899](https://doi.org/10.1039/CT8946500899).

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A.; TiO<sub>2</sub> heterogeneous photocatalysis in secondary wastewater treatment. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2004. v. 9. DOI: [10.1590/S1413-41522004000400011](https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000400011).

FIGUEIREDO, A. M. et al., apud Estadão; Venda de azitromicina aumentou 43,6% em 2020, mostra estudo. 2021. Acesso em 26 de junho de 2021, disponível em: <https://politica.estadao.com.br/blogs/coluna-do-estadao/venda-de-azitromicina-aumentou-436-em-2020-mostra-estudo/>.

FIOLET, T.; GUIHUR, A.; REBEAUD, M. E.; MULOT, M.; PEIFFER-SMADJA, N.; MAHAMAT-SALEH, Y.; Effect of hydroxychloroquine with or without azithromycin on the mortality of coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients: a systematic review and meta-analysis. **Clinical Microbiology and Infection**. 2021. v. 27. DOI: [10.1016/j.cmi.2020.08.022](https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.08.022).

Folha de São Paulo, 28 de março de 2021. “Saúde desviou 2 milhões de comprimidos de cloroquina para Covid, e programa de malária ficou sem estoque”. Acesso em 26 de setembro de 2021, disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2021/03/saude-desviou-2-milhoes-de-comprimidos-de-cloroquina-para-covid-e-programa-de-malaria-ficou-sem-estoque.shtml>.

FOUCAULT, M.; The Birth of Biopolitics: Lectures at the Collège de France, 1978-79. Palgrave Macmillan. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1057/9780230594180>.

FOX, M. A.; DULAY, M. T.; Heterogeneous Photocatalysis. **Chemical Reviews**. 1993. v. 93. DOI: [10.1021/cr00017a016](https://doi.org/10.1021/cr00017a016).

G1, 17 de abril de 2020. “Susam afirma que cloroquina está em falta para pacientes que fazem uso contínuo do medicamento”. Acesso em 29 de setembro de 2021, disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/04/17/susam-afirma-que-cloroquina-esta-em-falta-para-pacientes-que-fazem-uso-continuo-do-medicamento.ghtml>.

G1, 5 de fevereiro de 2021. “Medicamentos sem eficácia contra a Covid se tornam problema adicional para médicos”. Acesso em 26 de junho de 2021, disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2021/05/06/venda-de-remedios-do-kit-covid-dispara-ate-857percent-na-pandemia.ghtml>.

G1, 25 de outubro de 2021. “YouTube remove live de Bolsonaro com mentira sobre vacina da Covid e Aids e suspende canal por uma semana”. Acesso em 9 de novembro de 2021, disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2021/10/25/youtube-live-bolsonaro.ghtml>.

Gaúcha ZH, 24 de outubro de 2021. “Sociedade Brasileira de Infectologia reage a declaração de Bolsonaro ligando vacina contra covid-19 e aids”. Acesso em 24 de outubro de 2021, disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2021/10/sociedade-brasileira-de-infectologia-reage-a-declaracao-de-bolsonaro-ligando-vacina-contr-covid-19-e-aids-ckv57qnsf000d019m3q0mf570.html>.

GAO, J.; TIAN, Z.; YANG, X.; Breakthrough: Chloroquine phosphate has shown apparent efficacy in treatment of COVID-19 associated pneumonia in clinical studies. **BioScience Trends**. 2020. v. 14. DOI: [10.5582/bst.2020.01047](https://doi.org/10.5582/bst.2020.01047).

GARCIA, L. P.; DUARTE, E.; Infodemia: excesso de quantidade em detrimento da qualidade das informações sobre a COVID-19. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. 2020. v. 29. DOI: [10.1590/S1679-49742020000400019](https://doi.org/10.1590/S1679-49742020000400019).

GARCIA-MUÑOZ, P.; FRESNO, F.; LEFEVRE, C.; ROBERT, D.; KELLER, N.; Synergy effect between photocatalysis and heterogeneous photo-Fenton catalysis on Ti-doped LaFeO<sub>3</sub> perovskite for high efficiency light-assisted water treatment. **Catalysis Science & Technology**. 2020. v. 10. DOI: [10.1039/c9cy02269d](https://doi.org/10.1039/c9cy02269d).

GLAZE, W. H.; Drinking-water treatment with ozone. **Environmental Science & Technology**. 1987. v. 21. DOI: [10.1021/es00157a001](https://doi.org/10.1021/es00157a001).

GLAZE, W. H.; KANG, J. W.; CHAPIN, D. H.; The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Radiation. **Ozone: Science & Engineering**. 1987. v. 9. DOI: [10.1080/01919518708552148](https://doi.org/10.1080/01919518708552148).

GOLDIM, J. R.; O uso de drogas ainda experimentais em assistência: extensão de pesquisa, uso passivo e acesso expandido. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 2008. v. 23. DOI: [10.1590/S1020-49892008000300007](https://doi.org/10.1590/S1020-49892008000300007).

GOLDSTEIN, S.; MEYERSTEIN, D.; CZAPSKI, G.; The Fenton reagents. **Free Radical Biology and Medicine**. 1993. v. 15. DOI: [10.1016/0891-5849\(93\)90043-T](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90043-T).

GORITO, A. M.; PESQUEIRA, J. F. J. R.; MOREIRA, N. F. F.; RIBEIRO, A. R.; PEREIRA, M. F. R.; NUNES, O. C.; ALMEIDA, C. M. R.; SILVA, A. M. T.; Ozone-based water treatment (O<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>/UV, O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) for removal of organic micropollutants, bacteria inactivation and regrowth prevention. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. 2021. v. 9. DOI: [10.1016/j.jece.2021.105315](https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105315).

GUO, Y.; QI, P. S.; LIU, Y. Z.; A Review on Advanced Treatment of Pharmaceutical Wastewater. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 2017. v. 63. DOI: [10.1088/1755-1315/63/1/012025](https://doi.org/10.1088/1755-1315/63/1/012025).

HABER, F.; WEISS, J.; The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by iron salts. **Proceedings of the Royal Society London A**. 1934. v. 147. DOI: [10.1098/rspa.1934.0221](https://doi.org/10.1098/rspa.1934.0221).

HAI, H.; XING, X.; LI, S.; XIA, S.; XIA, J.; Electrochemical oxidation of sulfamethoxazole in BDD anode system: Degradation kinetics, mechanisms and toxicity evaluation. *Science of the Total Environment*. 2020. v. 738. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.139909](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139909).

HAVLÍKOVÁ, L.; ŠATÍNSKÝ, D.; SOLICH, P.; Aspects of decontamination of ivermectin and praziquantel from environmental waters using advanced oxidation technology. *Chemosphere*. 2016. v. 144. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2015.08.039](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.039).

Health and Medical Care Administration – Region Stockholm. Hydroxychloroquine. Última atualização em 3 de abril de 2020. Acesso em 23 de outubro de 2021, disponível em: <https://janusinfo.se/beslutsstod/lakemedelochmiljo/pharmaceuticandsandenvironment/databaseenven/hydroxychloroquine.5.30a7505616a041a09b06402f.html>.

HEBERER, T. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicology Letters*. 2002. v. 131. DOI: [10.1016/s0378-4274\(02\)00041-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(02)00041-3).

HOA, P. T.; MANAGAKI, S.; NAKADA, N.; TAKADA, H.; SHIMIZU, A.; ANH, D. H.; VIET, P. H.; SUZUKI, S.; Antibiotic contamination and occurrence of antibiotic-resistant bacteria in aquatic environments of northern Vietnam. *The Science of the Total Environment*. 2011. v. 409. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2011.04.030](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.04.030).

IBHADON, A. O.; FITZPATRICK, P.; Heterogeneous Photocatalysis: Recent Advances and Applications. *Catalysts*. 2013. v. 3. DOI: [10.3390/catal3010189](https://doi.org/10.3390/catal3010189).

IKEHATA, K.; EL-DIN, M. G.; SNYDER, S. A.; Ozonation and Advanced Oxidation Treatment of Emerging Organic Pollutants in Water and Wastewater. *Ozone: Science & Engineering*. 2008. v. 30. DOI: [10.1080/01919510701728970](https://doi.org/10.1080/01919510701728970).

Institute for Economics & Peace. Global Peace Index 2020: Measuring Peace in a Complex World. Sydney, 2020. Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em: <http://visionofhumanity.org/reports>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Governo Federal do Brasil – Ministério da Economia. 2021. Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Atlas da Violência 2020. Governo Federal do Brasil – Ministério da Economia. 2020. DOI: [10.38116.riatlasdaviolencia2020](https://doi.org/10.38116.riatlasdaviolencia2020).

JESUS, D. S. V.; Necropolitics and Necrocapitalism: The Impact of COVID-19 on Brazilian Creative Economy. *Modern Economy*. 2020. v. 11. DOI: [10.4236/me.2020.116082](https://doi.org/10.4236/me.2020.116082).

JI, Y.; ZHOU, L.; ZHANG, Y.; FERRONATO, C.; BRIGANTE, M.; MAILHOT, G.; YANG, X.; CHOVELON, J. M.; Photochemical degradation of sunscreen agent 2-phenylbenzimidazole-5-sulfonic acid in different water matrices. *Water Research*. 2013. v. 47. DOI: [j.watres.2013.07.009](https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.009).

Jornal da Unicamp, 23 de abril de 2021. “É preciso acabar com a farsa do Kit Covid e focar no combate à pandemia”. Acesso em 19 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/artigos/luiz-carlos-dias/e-preciso-acabar-com-farsa-do-kit-covid-e-focar-no-combate-pandemia>.

Jornal da USP, 10 de novembro de 2021. “Brasil 75/25: Cloroquina e terraplanismo estatístico”. Acesso em 12 de novembro de 2021, disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=470383>.

Jornal Nacional, 10 de maio de 2021. “Missionários dizem que falta cloroquina na reserva Yanomami para o combate à malária”. Acesso em 29 de setembro de 2021, disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/05/10/missionarios-dizem-que-falta-cloroquina-na-reserva-yanomami-para-o-combate-a-malaria.ghtml>.

KANAKARAJU, D.; GLASS, B. D.; OELGEMÖLLER, M.; Advanced oxidation process-mediated removal of pharmaceuticals from water: A review. **Journal of Environmental Management**. 2018. v. 219. DOI: [10.1016/j.jenvman.2018.04.103](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.103).

KIM, M. S.; AN, M. H.; KIM, W. J.; HWANG, T. H.; Comparative efficacy and safety of pharmacological interventions for the treatment of COVID-19: A systematic review and network meta-analysis. **PLoS Medicine**. 2020. v. 17. DOI: [10.1371/journal.pmed.1003501](https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003501).

KLATTE, S.; SCHAEFER, H. C.; HEMPEL, M.; Pharmaceuticals in the environment – a short review on options to minimize the exposure of humans, animals and ecosystems. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**. 2017. v. 5. DOI: [10.1016/j.scp.2016.07.001](https://doi.org/10.1016/j.scp.2016.07.001).

KROLEWIECKI, A.; LIFSCHITZ, A.; MORAGAS, M.; TRAVACIO, M.; VALENTINI, R.; ALONSO, D. F.; SOLARI, R.; TINELLI, M. A.; CIMINO, R. O.; ÁLVAREZ, L.; FLEITAS, P. E.; CEBALLOS, L.; GOLEMBA, M.; FERNÁNDEZ, F.; OLIVEIRA, D. F.; ASTUDILLO, G.; BAECK, I.; FARINA, J.; CARDAMA, G. A.; MANGANO, A.; SPITZER, E.; GOLD, S.; Antiviral effect of high-dose ivermectin in adults with COVID-19: A proof-of-concept randomized trial. **EClinicalMedicine**. 2021. v. 37. DOI: [10.1016/j.eclinm.2021.100959](https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100959).

KUMIRSKA, J.; Special Issue "Pharmaceutical Residues in the Environment". **Molecules**. 2020. v. 25. DOI: [10.3390/molecules25122941](https://doi.org/10.3390/molecules25122941).

KÜMMERER, K.; Pharmaceuticals in the environment. **Annual Review of Environment and Resources**. 2010. v. 35. DOI: [10.1146/annurev-environ-052809-161223](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-052809-161223).

LAING, R.; GILLAN, V.; DEVANEY, E.; Ivermectin – Old Drug, New Tricks? **Trends in Parasitology**. 2017. v. 33. DOI: [10.1016/j.pt.2017.02.004](https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.02.004).

LA MERRILL, M. A.; VANDENBERG, L. N.; SMITH, M. T.; GOODSON, W.; BROWNE, P.; PATISAUL, H. B.; GUYTON, K. Z.; KORTENKAMP, A.; COGLIANO, V. J.; WOODRUFF, T. J.; RIESWIJK, L.; SONE, H.; KORACH, K. S.; GORE, A. C.; ZEISE, L.; ZOELLER, R. T.; Consensus on the key characteristics of endocrine-disrupting chemicals as a basis for hazard identification. **Nature Reviews Endocrinology**. 2020. v. 16. DOI: [10.1038/s41574-019-0273-8](https://doi.org/10.1038/s41574-019-0273-8).



LANUSSE, C.; Antiviral effect of high-dose ivermectin in adults with COVID-19: A proof-of-concept randomized trial. **EClinicalMedicine**. 2021. v. 37. DOI: [10.1016/j.eclinm.2021.100959](https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100959).

LEE, A.; Wuhan novel coronavirus (COVID-19): why global control is challenging? **Public Health**. 2020. v. 179. DOI: [10.1016/j.puhe.2020.02.001](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.02.001).

LEE, M. Y.; WANG, W. L.; DU, Y.; JEON, T. W.; SHIN, S. K.; WU, Q. Y.; DAO, G. H.; HU, H. Y.; Applications of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV/persulfate, and UV/persulfate/Cu<sup>2+</sup> for the elimination of reverse osmosis concentrate generated from municipal wastewater reclamation treatment plant: Toxicity, transformation products, and disinfection byproducts. **Science of the Total Environment**. 2021. v. 762. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.144161](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144161).

LEI, Q.; ZHENG, J.; MA, J.; WANG, X.; WU, Z.; WANG, Z.; Simultaneous solid-liquid separation and wastewater disinfection using an electrochemical dynamic membrane filtration system. **Environmental Research**. 2020. v. 180. DOI: [10.1016/j.envres.2019.108861](https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108861).

LIM, M. H.; SNYDER, S. A.; SEDLAK, D. L.; Use of biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) to assess the potential for transformation of wastewater-derived contaminants in surface waters. **Water Research**. 2008. v. 42. DOI: [10.1016/j.watres.2008.03.008](https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.008).

LIN, S. H.; LIN, C. M.; Treatment of textile waste effluents by ozonation and chemical coagulation. **Water Research**. 1993. v. 27. DOI: [10.1016/0043-1354\(93\)90112-U](https://doi.org/10.1016/0043-1354(93)90112-U).

LORENZINI, D.; “Biopolítica nos Tempos do Coronavírus”. **Instituto Humanitas Unisinos**, 14 de abril de 2020. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/598029-biopolitica-nos-tempos-do-coronavirus-artigo-de-daniele-lorenzini>.

LUMARET, J. P.; ERROUISSI, F.; FLOATE, K.; ROMBKE, J.; WARDHAUGH, K.; A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environments. **Current Pharmaceutical Biotechnology**. 2012. v. 13. DOI: [10.2174/138920112800399257](https://doi.org/10.2174/138920112800399257).

LUO, S.; WEI, Z.; SPINNEY, R.; ZHANG, Z.; DIONYSIOU, D. D.; GAO, L.; CHAI, L.; WANG, D.; XIAO, R.; UV direct photolysis of sulfamethoxazole and ibuprofen: An experimental and modelling study. **Journal of Hazardous Materials**. 2018. v. 343. DOI: [10.1016/j.jhazmat.2017.09.019](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.019).

LUO, Y.; GUO, W.; NGO, H. H.; NGHIEM, L. D.; HAI, F. I.; ZHANG, J.; LIANG, S.; WANG, X. C.; A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. **Science of the Total Environment**. 2014. v. 473-474. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2013.12.065](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.065).

LYNTERIS, C.; Yellow Perils: China Narratives in the Contemporary World. Chapter 2 - Yellow Peril Epidemics: The Political Ontology of Degeneration and Emergence. University of Hawaii Press. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1515/9780824876012>.

MACHADO, C. C. V.; SANTOS, J. G.; SANTOS, N.; BANDEIRA, L.; Scientific [self] isolation: international trends in misinformation and the departure from the scientific debate. **Infected Democracy – LAUT**. 2020. Disponível em: <https://laut.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Political-Self-Isolation-vF.pdf>.

MALETIĆ, M.; VUKČEVIĆ, M.; KALIJADIS, A.; JANKOVIĆ-ČASTVAN, I.; DAPČEVIĆ, A.; LAUŠEVIĆ, Z.; LAUŠEVIĆ, M.; Hydrothermal synthesis of TiO<sub>2</sub>/carbon composites and their application for removal of organic pollutants. **Arabian Journal of Chemistry**. 2019. v. 12. DOI: [10.1016/j.arabjc.2016.06.020](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.06.020).

MARMOR, M. F.; KELLNER, U.; LAI, T. Y. Y.; MELLES, R. B.; MIELER, W. F.; Recommendations on Screening for Chloroquine and Hydroxychloroquine Retinopathy (2016 Revision). **Ophthalmology**. 2016. v. 123. DOI: [10.1016/j.ophtha.2016.01.058](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.058).

MATILAINEN, A.; SILANPÄÄ, M.; Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes. **Chemosphere**. 2010. v. 80. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2010.04.067](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.04.067).

MBEMBE, A.; Necropolitics. **Public Culture**. 2003. v. 15. DOI: [10.1215/08992363-15-1-11](https://doi.org/10.1215/08992363-15-1-11).

MEHRDOOST, A.; Comparative Analysis of UV-assisted Removal of Azithromycin and Cefixime from Aqueous Solution Using PAC / Fe / Si / Zn Nanocomposite. **Journal of Health Sciences & Surveillance System**. 2021. v. 9. DOI: [10.30476/jhsss.2020.88564.1149](https://doi.org/10.30476/jhsss.2020.88564.1149).

MELO G. C.; DUPRAT I. P.; ARAÚJO, K. C. G. M.; FISCHER, F. M.; ARAÚJO NETO, R. A.; Prediction of cumulative rate of COVID-19 deaths in Brazil: a modeling study. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. 2020. v. 23. DOI: [10.1590/1980-549720200081](https://doi.org/10.1590/1980-549720200081).

MELO, J. R. R.; DUARTE, E. C.; MORAES, M. V.; FLECK, K.; ARRAIS, P. S. D.; Automedicação e uso indiscriminado de medicamentos durante a pandemia de COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**. 2021. v. 37. DOI: [10.1590/0102-311X00053221](https://doi.org/10.1590/0102-311X00053221).

MIDASSI, S.; BEDOUI, A.; BENSALAH, N.; Efficient degradation of chloroquine drug by electro-Fenton oxidation: Effects of operating conditions and degradation mechanism. **Chemosphere**. 2020. v. 260. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2020.127558](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127558).

MIKLOS, D. B.; REMY, C.; JEKEL, M.; LINDEN, K. G.; DREWES, J. E.; HÜBNER, U.; valuation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment - A critical review. **Water Research**. 2018. v. 139. DOI: [10.1016/j.watres.2018.03.042](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.042).

Ministério da Saúde, Rede Nacional de Dados em Saúde – RNDS. Painel COVID-19 Vacinação Doses Aplicadas. Governo Federal do Brasil, Secretaria de Vigilância Sanitária (SVS). Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em: [https://qsprod.saude.gov.br/extensions/DEMAS\\_C19Vacina/DEMAS\\_C19Vacina.html](https://qsprod.saude.gov.br/extensions/DEMAS_C19Vacina/DEMAS_C19Vacina.html).

Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Acesso em 23 de outubro de 2021, disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/SNIS\\_AE\\_2019.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/SNIS_AE_2019.pdf).

MIZUMOTO, K.; KAGAYA, K.; CHOWELL, G.; Effect of a wet market on coronavirus disease (COVID-19) transmission dynamics in China, 2019-2020. **International Journal of Infectious Diseases**. 2020. v. 97. DOI: [10.1016/j.ijid.2020.05.091](https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.05.091).

MOREIRA, N.; SOUSA, J. M.; MACEDO, G.; RIBEIRO, A. R.; BARREIROS, L.; PEDROSA, M.; FARIA, J. L.; PEREIRA, M.; CASTRO-SILVA, S.; SEGUNDO, M. A.; MANAIA, C. M.; NUNES, O. C.; SILVA, A.; Photocatalytic ozonation of urban wastewater and surface water using immobilized TiO<sub>2</sub> with LEDs: Micropollutants, antibiotic resistance genes and estrogenic activity. **Water Research**. 2016. v. 94.

DOI: [10.1016/j.watres.2016.02.003](https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.003).

MORENS, D. M.; BREMAN, J. G.; CALISHER, C. H.; DOHERTY, P. C.; HAHN, B. H.; KEUSCH, G. T.; KRAMER, L. D.; LEDUC, J. W.; MONATH, T. P.; TAUBENBERGER, J. K.; The Origin of COVID-19 and Why It Matters. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**. 2020. v. 103. DOI: [10.4269/ajtmh.20-0849](https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-0849).

MUJICA, G.; STERNBERG, Z.; SOLIS, J.; WAND, T.; CARRASCO, P.; HENAO-MARTÍNEZ, A. F.; FRANCO-PAREDES, C.; Defusing COVID-19: Lessons Learned from a Century of Pandemics. **Tropical Medicine and Infectious Disease**. 2020. v. 5.

DOI: [10.3390/tropicalmed5040182](https://doi.org/10.3390/tropicalmed5040182).

NARAGINTI, S.; YU, Y. Y.; FANG, Z.; YONG, Y. C.; Visible light degradation of macrolide antibiotic azithromycin by novel ZrO<sub>2</sub>/Ag@TiO<sub>2</sub> nanorod composite: Transformation pathways and toxicity evaluation. **Process Safety and Environmental Protection**. 2019. v. 125. DOI: [10.1016/j.psep.2019.02.031](https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.02.031).

National Geographic, 8 de abril de 2020. “Experts warned of a pandemic decades ago. Why weren't we ready?”. Acesso em 10 de outubro de 2021, disponível em:

<https://www.nationalgeographic.com/science/article/experts-warned-pandemic-decades-ago-why-not-ready-for-coronavirus>.

NEGRIS, A.; Entre Biopolítica e Necropolítica: uma questão de poder. **Ítaca**. 2020. v. 36. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/Itaca/article/view/31835>.

O Globo, 4 de junho de 2021. “Vice-presidente da CPI da Covid diz que governo ignorou 53 e-mails da Pfizer sobre vacina”. Acesso em 19 de outubro de 2021, disponível em:

<https://oglobo.globo.com/politica/vice-presidente-da-cpi-da-covid-diz-que-governo-ignorou-53-mails-da-pfizer-sobre-vacina-25047373>.

OLIVEIRA, B. A.; OLIVEIRA, L. C.; SABINO, E. C.; OKAY, T. S.; SARS-CoV-2 and the COVID-19 disease: a mini review on diagnostic methods. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**. 2020. v. 62: DOI: [10.1590/S1678-9946202062044](https://doi.org/10.1590/S1678-9946202062044).

OLIVEIRA, C.; LIMA, D. L. D.; SILVA, C. P.; CALISTO, V.; OTERO, M.; ESTEVES, V. I.; Photodegradation of sulfamethoxazole in environmental samples: The role of pH, organic matter and salinity. **Science of the Total Environment**. 2019. v. 648. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.08.235](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.235).

Organização Mundial da Saúde (OMS). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report – 76. 2020. Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em:

[https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200405-sitrep-76-covid-19.pdf?sfvrsn=6ecf0977\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200405-sitrep-76-covid-19.pdf?sfvrsn=6ecf0977_2).

Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS, 30 de abril de 2020. “Entenda a infodemia e a desinformação na luta contra a COVID-19”. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52054>.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE. Health at a Glance 2019: OECD Indicators. 2019. DOI: [10.1787/19991312](https://doi.org/10.1787/19991312).

OTTESEN, E. A.; CAMPBELL, W.; Ivermectin in human medicine. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**. 1994. v. 34. DOI: <https://doi.org/10.1093/jac/34.2.195>.

PARNHAM, M. J.; HABER, V. E.; GIAMARELLOS-BOURBOULIS, E. J.; PERLETTI, G.; VERLEDEN, G. M.; VOS, R.; Azithromycin: Mechanisms of action and their relevance for clinical applications. **Pharmacology & Therapeutics**. 2014. v. 143. DOI: [10.1016/j.pharmthera.2014.03.003](https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2014.03.003).

PATEL, M.; KUMAR, R.; KISHOR, K.; MLSNA, T; PITTMAN, C. U.; MOHAN, D.; Pharmaceuticals of Emerging Concern in Aquatic Systems: Chemistry, Occurrence, Effects, and Removal Methods. **Chemical Reviews**. 2019. v. 119. DOI: [10.1021/acs.chemrev.8b00299](https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00299).

PERRY, J. A.; WRIGHT, G. D.; The antibiotic resistance “mobilome”: searching for the link between environment and clinic. **Frontiers in Microbiology**. 2013. v. 4. DOI: [10.3389/fmicb.2013.00138](https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00138).

PETERS, D. H.; FRIEDEL, H. A.; MCTAVISH, D.; Azithromycin. **Drugs**. 1992, v. 44. DOI: [10.2165/00003495-199244050-00007](https://doi.org/10.2165/00003495-199244050-00007).

PETRIKOVA, I.; COLE, J.; FARLOW, A.; COVID-19, wet markets, and planetary health. **The Lancet Planetary Health**. 2020. v. 4. DOI: [10.1016/S2542-5196\(20\)30122-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30122-4).

PIGNATELLO, J. J.; OLIVEROS, E.; MACKAY, A.; Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. 2006. v. 36. DOI: [10.1080/10643380500326564](https://doi.org/10.1080/10643380500326564).

PORTA, A. D.; BORNSTEIN, K.; COYE, A.; MONTRIEF, T.; LONG, B.; PARRIS, M. A.; Porta, A. D., Bornstein, K., Coye, A., Montrief, T., Long, B., & Parris, M. A. (2020). Acute chloroquine and hydroxychloroquine toxicity: A review for emergency clinicians. **The American Journal of Emergency Medicine**. 2020. v. 38. DOI: [10.1016/j.ajem.2020.07.030](https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.07.030).

POURAN, S. R.; RAMAN, A. A. B.; DAUD, W. M. A. W.; Review on the application of modified iron oxides as heterogeneous catalysts in Fenton reactions. **Journal of Cleaner Production**. 2014. v. 64. DOI: [10.1016/j.jclepro.2013.09.013](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.013).

PRINCIPLE TRIAL COLLABORATIVE GROUP. Azithromycin for community treatment of suspected COVID-19 in people at increased risk of an adverse clinical course in the UK (PRINCIPLE): a randomised, controlled, open-label, adaptive platform trial. **The Lancet**. 2021. v. 397. DOI: [10.1016/S0140-6736\(21\)00461-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00461-X).

POZA-NOGUEIRAS, V.; ROSALES, E.; PAZOS, M.; SANROMÁN, M. A.; Current advances and trends in electro-Fenton process using heterogeneous catalysts - A review. **Chemosphere**. 2018. v. 201. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2018.03.002](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.002).

QIAN, M.; YANG, L.; CHEN, X.; LI, K.; XUE, W.; LE, Y.; ZHAO, H.; CAO, G.; GUAN, X.; SHEN, G. The treatment of veterinary antibiotics in swine wastewater by biodegradation and Fenton-like oxidation. **Science of the Total Environment**. 2020. V. 710. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.136299](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136299).

RAJTER, J. C.; SHERMAN, M. S.; FATTEH, N.; VOGEL, F.; SACKS, J.; RAJTER, J. J.; Use of Ivermectin Is Associated With Lower Mortality in Hospitalized Patients With Coronavirus Disease 2019: The Ivermectin in COVID Nineteen Study. **Chest**. 2021. v. 159. DOI: [10.1016/j.chest.2020.10.009](https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.10.009).

REHMAN, M. S.; RASHID, N.; ASHFAQ, M.; SAIF, A.; AHMAD, N.; HAN, J. I.; Global risk of pharmaceutical contamination from highly populated developing countries. **Chemosphere**. 2015. v. 138. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2013.02.036](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.02.036).

ROMAN, Y. M.; BURELA, P. A.; PASUPULETI, V.; PISCOYA, A.; VIDAL, J. E.; HERNANDEZ, A. V.; Ivermectin for the treatment of COVID-19: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical Infectious Diseases**. 2021. DOI: [10.1093/cid/ciab591](https://doi.org/10.1093/cid/ciab591).

ROSA, S. G. V.; SANTOS, W. C.; Clinical trials on drug repositioning for COVID-19 treatment. **Revista Panamericana de Salud Pública**. 2020. v. 44. DOI: [10.26633/RPSP.2020.40](https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.40).

ROSENFELD, P. E.; FENG, L. G. H.; Risk of Hazardous Wastes. Chapter 16: Emerging Contaminants. 2011. William Andrew Publishing. DOI: [10.1016/B978-1-4377-7842-7.00016-7](https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-7842-7.00016-7).

SAHU, R.; KASHYAP, P.; Genotoxic potential of some commonly used antimalarials: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**. 2012. v. 3. DOI: [10.13040/IJPSR.0975-8232.3\(6\).1569-79](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.3(6).1569-79).

SANDSET, T.; The necropolitics of COVID-19: Race, class and slow death in an ongoing pandemic. **Global Public Health**. 2021. v. 16. DOI: [10.1080/17441692.2021.1906927](https://doi.org/10.1080/17441692.2021.1906927).

SANTOS, H. L. P. C. D.; MACIEL, F. B. M.; SANTOS, K. R.; CONCEIÇÃO, C. D. V. S. D.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, N. R. F. D.; PRADO, N. M. B. L.; Necropolitics and the impact of COVID-19 on the Black community in Brazil: a literature review and a document analysis. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2020. v. 25. DOI: [10.1590/1413-812320202510.2.25482020](https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.25482020).

SANTOS-PINTO, C. D. B.; MIRANDA, E. S.; OSORIO-DE-CASTRO, C. G. S.; O “kit-covid” e o Programa Farmácia Popular do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. 2021. v. 37. DOI: [10.1590/0102-311X00348020](https://doi.org/10.1590/0102-311X00348020).

SAUVÉ, S.; DESROSIERS, M.; A review of what is an emerging contaminant. **Chemistry Central Journal**. 2014. v. 8. DOI: [10.1186/1752-153X-8-15](https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-15).

SAYADI, M. H.; SOBHANI, S.; SHEKARI, H.; Photocatalytic degradation of azithromycin using GO@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ ZnO/ SnO<sub>2</sub> nanocomposites. **Journal of Cleaner Production**. 2019. v. 232. DOI: [10.1016/j.jclepro.2019.05.338](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.338).

Secretarias Estaduais de Saúde – Ministério da Saúde. Painel de casos de doença pelo coronavírus 2019 (COVID-19) no Brasil. Brasil, 2021. Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>.

SEGATA, J.; BECK, L.; MUCCILLO, L.; Beyond Exotic Wet Markets: COVID-19 Ecologies in the Global Meat-Processing Industry in Brazil. **ETropic: Electronic Journal of Studies in the Tropics**. 2021. v. 20. DOI: [10.25120/etropic.20.1.2021.3794](https://doi.org/10.25120/etropic.20.1.2021.3794).

Senado Notícias, 22 de dezembro de 2020. “Governo federal já gastou R\$ 509 bilhões no enfrentamento à pandemia”. Acesso em 03 de outubro de 2021, disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/12/22/governo-federal-ja-gastou-r-509-bilhoes-no-enfrentamento-a-pandemia>.

SERNA-GALVIS, E. A.; SILVA-AGREDO, J.; BOTERO-COY, A. M.; MONCAYO-LASSO, A.; HERNÁNDEZ, F.; TORRES-PALMA, R. A.; Effective elimination of fifteen relevant pharmaceuticals in hospital wastewater from Colombia by combination of a biological system with a sonochemical process. **The Science of the Total Environment**. 2019. v. 670. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.03.153](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.153).

SHELDON, R. A.; New catalytic methods for selective oxidation. **Journal of Molecular Catalysis**. 1983. v. 20. DOI: [10.1016/0304-5102\(83\)83011-9](https://doi.org/10.1016/0304-5102(83)83011-9).

SHEN, S.; CHEN, J.; WANG, M.; SHENG, X.; CHEN, X.; FENG, X.; MAO, S.; Titanium dioxide nanostructures for photoelectrochemical applications. **Progress in Materials Science**. 2018. v. 98. DOI: [10.1016/j.pmatsci.2018.07.006](https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2018.07.006).

SHOKRI, R.; YENGEJEH, R. J.; BABEL, A. A.; DERIKVAND, E.; ALMASI, A.; Removal of azithromycin from wastewater using advanced oxidation processes (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) and moving-bed biofilm reactor (MBBR) by the response surface methodology (RSM). **Journal of Advances in Environmental Health Research**. 2019. v. 7. DOI: [10.22102/jaehr.2019.205819.1146](https://doi.org/10.22102/jaehr.2019.205819.1146).

SHOKRI, R.; YENGEJEH, R. J.; BABEL, A. A.; DERIKVAND, E.; ALMASI, A.; UV activation of hydrogen peroxide for removal of azithromycin antibiotic from aqueous solution: determination of optimum conditions by response surface methodology. **Toxin Reviews**. 2020. v. 39. DOI: [10.1080/15569543.2018.1517803](https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1517803).

SHUKLA, U.; SRIVASTAVA, S.; GUPTA, P.; UJJALIYA, N.; A retrospective analysis of the effect of the intervention of Arogya Kashayam in COVID-19 positive cases in Madhya Pradesh. **Ayu**. 2019. v. 40. DOI: [10.4103/ayu.ayu\\_365\\_20](https://doi.org/10.4103/ayu.ayu_365_20).

SIDHU, H.; O’CONNOR, G.; MCAVOY, D.; Risk assessment of biosolids-borne ciprofloxacin and azithromycin. **Science of the Total Environment**. 2019. v. 651. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.10.194](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.194).

SILVA, M.; AZIZE, R. L.; Substâncias sob suspeita: regulações e incitações suscitadas pelo coronavírus. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**. 2020. v. 30.  
DOI: [10.1590/S0103-73312020300204](https://doi.org/10.1590/S0103-73312020300204).

SIWIŃSKA-CIESIELCZYK, K.; BARTLEWICZ, O.; BARTCZAK, P.; PIASECKI, A.; JESIONOWSKI, T.; Functional titania–silica/chlorophyllin hybrids: design, fabrication, comprehensive physicochemical characteristic and photocatalytic test. **Adsorption**. 2019. v. 25. DOI: [10.1007/s10450-019-00035-3](https://doi.org/10.1007/s10450-019-00035-3).

SOLOMON, D. H.; BUCALA, R.; KAPLAN, M. J.; NIGROVIC, P. A.; The “infodemic” of COVID-19. **Arthritis & Rheumatology**. 2020. v. 72. DOI: [10.1002/art.41468](https://doi.org/10.1002/art.41468).

SOUSA, M. A.; GONÇALVES, C.; VILAR, V. J. P.; BOAVENTURA, R.A.R.; ALPENDURADA, M.F.; Suspended TiO<sub>2</sub>-assisted photocatalytic degradation of emerging contaminants in a municipal WWTP effluent using a solar pilot plant with CPCs. **Chemical Engineering Journal**. 2012. v. 198-199. DOI: [10.1016/j.cej.2012.05.060](https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.05.060).

STOKKERMANS T. J.; GOYAL A.; BANSAL P.; TRICHONAS, G.; Chloroquine And Hydroxychloroquine Toxicity. StatPearls Publishing. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537086/>.

TALAIIEKHOZANI, A.; JOUDAKI, S.; BANISHARIF, F.; ESKANDARI, Z.; CHO, J.; MOGHADAM, G.; REZANIA, S.; Comparison of azithromycin removal from water using UV radiation, Fe (VI) oxidation process and ZnO nanoparticles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. 2020. v. 17. DOI: [10.3390/ijerph17051758](https://doi.org/10.3390/ijerph17051758).

TENG, J.; YOU, S.; MA, F.; CHEN, X.; REN, N.; Enhanced electrochemical decontamination and water permeation of titanium suboxide reactive electrochemical membrane based on sonoelectrochemistry. **Ultrasonics Sonochemistry**. 2020. v. 69.  
DOI: [10.1016/j.ultsonch.2020.105248](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105248).

The Wall Street Journal, 27 de janeiro de 2020. “Abolish Asia’s ‘Wet Markets,’ Where Pandemics Breed”. Acesso em 10 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.wsj.com/articles/abolish-asias-wet-markets-where-pandemics-breed-11580168707>.

TONG, L.; EICHHORN, P.; PÉREZ, S.; WANG, Y.; BARCELÓ, D.; Photodegradation of azithromycin in various aqueous systems under simulated and natural solar radiation: kinetics and identification of photoproducts. **Chemosphere**. 2011. v. 83.  
DOI: [10.1016/j.chemosphere.2010.12.025](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.025).

Tribunal de Contas da União – TCU, 4 de agosto de 2021. “Aplicativo TrateCov recomendava tratamento precoce da Covid-19”. Acesso em 1 de novembro de 2021, disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/aplicativo-tratecov-recomendava-tratamento-precoce-da-covid-19.htm>.

UOL Congresso em Foco, 15 de setembro de 2021. “CPI da COVID vai denunciar Bolsonaro ao Tribunal Penal Internacional”. Acesso em 19 de outubro de 2021, disponível em: <https://congressoemfoco.uol.com.br/temas/direitos-humanos/cpi-da-covid-vai-denunciar-bolsonaro-ao-tribunal-penal-internacional/>.

UOL Economia, 13 de março de 2020. “Com R\$ 5 bilhões a gente aniquila o coronavírus”, diz Paulo Guedes”. Acesso em 03 de outubro de 2021, disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/03/13/com-r-5-bilhoes-a-gente-aniquila-o-coronavirus-diz-paulo-guedes.htm>.

U.S. Food and Drug Administration (FDA). Why You Should Not Use Ivermectin to Treat or Prevent COVID-19. Acesso em 20 de junho de 2021, disponível em: <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/why-you-should-not-use-ivermectin-treat-or-prevent-covid-19>.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L.; Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**. 2010. v. 84. DOI: [10.1007/s11192-009-0146-3](https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3).

VERGILI, I.; KAYA, Y.; GÖNDER, Z. B.; BOERGERS, A.; TUERK, J.; Occurrence and Prioritization of Pharmaceutical Active Compounds in Domestic/Municipal Wastewater Treatment Plants. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**. 2019. v. 102. DOI: [10.1007/s00128-019-02550-z](https://doi.org/10.1007/s00128-019-02550-z).

VIGNESH, K.; RAJARAJAN, M.; SUGANTHI, A.; Photocatalytic degradation of erythromycin under visible light by zinc phthalocyanine-modified titania nanoparticles. **Materials Science in Semiconductor Processing**. 2014. v. 23. DOI: [10.1016/j.mssp.2014.02.050](https://doi.org/10.1016/j.mssp.2014.02.050).

VOIGT, M.; JAEGER, M.; On the photodegradation of azithromycin, erythromycin and tylosin and their transformation products – A kinetic study. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**. 2017. v. 5. DOI: [10.1016/j.scp.2016.12.001](https://doi.org/10.1016/j.scp.2016.12.001).

VOKŘÁL, I.; MICHAELA, Š.; RADKA, P.; JIŘÍ, L.; LUKÁŠ, P.; DOMINIKA, S.; KATEŘINA, L.; BARBORA, S.; LENKA, S.; Ivermectin environmental impact: Excretion profile in sheep and phytotoxic effect in *Sinapis alba*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 2019. v. 169. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2018.11.097](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.097).

WALKER, P. G. T.; WHITTAKER C.; WATSON O. J.; BAGUELIN M.; AINSLIE, K. E. C.; BHATIA, S.; BHATT, S.; BOONYASIRI, A.; BOYD, O.; CATTARINO, L.; CUCUNUBÁ, Z.; CUOMO-DANNENBURG, G.; DIGHE, A.; DONNELLY, A. C.; DORIGATTI, I.; VAN ELSLAND, S. L.; FITZJOHN, R.; FLAXMAN, S.; FU, H.; GAYTHORPE, K. A. M.; GEIDELBERG, L.; GRASSLY, N.; GREEN, W.; HAMLET A.; HAUCK, K.; HAW, D.; HAYES, S.; HINSLEY, W.; IMAI, N.; JORGENSEN, D.; KNOCK, E.; LAYDON, D.; MISHRA, S.; NEDJATI-GILANI, G.; OKELL, L. C.; RILEY, S.; THOMPSON, H.; UNWIN, H. J.; VERITY, R.; VOLLMER, M.; WALTERS, C. E.; WANG, H. W.; WANG, Y.; WINSKILL P.; XI, X.; FERGUSON, N. M.; GHANI, A. C.; Report 12: The Global Impact of COVID-19 and Strategies for Mitigation and Suppression. **Imperial College London**. 2020. Acesso em 6 de junho de 2021, disponível em: <https://spiral.imperial.ac.uk:8443/handle/10044/1/77735>.

WANG, M.; CAO, R.; ZHANG, L.; YANG, X.; LIU, J.; XU, M.; SHI, Z.; HU, Z.; ZHONG, W.; XIAO, G.; Remdesivir and chloroquine effectively inhibit the recently emerged novel coronavirus (2019-nCoV) in vitro. **Cell Research**. 2020. v. 30. DOI: [10.1038/s41422-020-0282-0](https://doi.org/10.1038/s41422-020-0282-0).



WANG, M. W.; HELLER, A.; GERISCHER, H.; Palladium catalysis of O<sub>2</sub> reduction by electrons accumulated on TiO<sub>2</sub> particles during photoassisted oxidation of organic compounds. **Journal of the American Chemical Society**. 1992. v. 114. DOI: [10.1021/ja00039a039](https://doi.org/10.1021/ja00039a039).

WARD, C. P.; Dissertação de mestrado: Direct and Indirect Photochemical Degradation of Two Polycyclic Musk Fragrances and Two Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Natural Waters. Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Ohio. 2010. Disponível em: [http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc\\_num=osu1275577426](http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1275577426).

World Health Organization (WHO). WHO advises that ivermectin only be used to treat COVID-19 within clinical trials. Acesso em 20 de junho de 2021, disponível em: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-advises-that-ivermectin-only-be-used-to-treat-covid-19-within-clinical-trials>.

World Health Organization (WHO). WHO Health Emergency Dashboard: Coronavirus (COVID-19) Dashboard. 2020-2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/>.

XIAO, X.; NEWMAN, C.; BUESCHING, C. D.; MACDONALD, D. W.; ZHOU, Z.; Animal sales from Wuhan wet markets immediately prior to the COVID-19 pandemic. **Scientific Reports**. 2020. v. 11. DOI: [10.1038/s41598-021-91470-2](https://doi.org/10.1038/s41598-021-91470-2).

YACOUBA, A.; OLOWO-OKERE, A.; YUNUSA, I.; Repurposing of antibiotics for clinical management of COVID-19: a narrative review. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**. 2021, v. 20. DOI: [10.1186/s12941-021-00444-9](https://doi.org/10.1186/s12941-021-00444-9).

YANG, Y.; PIGNATELLO, J. J.; MA, J.; MITCH, W. A.; Comparison of Halide Impacts on the Efficiency of Contaminant Degradation by Sulfate and Hydroxyl Radical-Based Advanced Oxidation Processes (AOPs). **Environmental Science & Technology**. 2014. v. 48. DOI: [10.1021/es404118q](https://doi.org/10.1021/es404118q).

YASUDA, K.; Sonochemical green technology using active bubbles: Degradation of organic substances in water. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**. 2021. v. 27. DOI: [10.1016/j.cogsc.2020.100411](https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100411).

YAZDANBAKHSH, A. R.; MASSOUDINEGAD, M. R.; ELIASI, S.; MOHAMMADI, A. S.; The influence of operational parameters on reduce of azithromycin COD from wastewater using the peroxi -electrocoagulation process. **Journal of Water Process Engineering**. 2015. v. 6. DOI: [10.1016/j.jwpe.2015.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.03.005).

YAZDANBAKHSH, A. R.; MOHAMMADI, A. S.; MAHDIEH, S.; GODINI, H.; ALMASIAN, M.; Cod removal from synthetic wastewater containing azithromycin using combined coagulation and a fenton-like process. **Environmental Engineering and Management Journal**. 2014. v. 13. DOI: [10.30638/eemj.2014.330](https://doi.org/10.30638/eemj.2014.330).

YAZDANI, A.; SAYADI, M. H.; Sonochemical degradation of azithromycin in aqueous solution. **Environmental Health Engineering and Management**. 2018. v. 5. DOI: [10.15171/EHEM.2018.13](https://doi.org/10.15171/EHEM.2018.13).

YE, Z.; BRILLAS, E.; CENTELLAS, F.; CABOT, P. L.; SIRÉS, I.; Electro-Fenton process at mild pH using Fe(III)-EDDS as soluble catalyst and carbon felt as cathode. **Applied Catalysis B: Environmental**. 2019. v. 257. DOI: [10.1016/j.apcatb.2019.117907](https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2019.117907).

YE, Z.; BRILLAS, E.; CENTELLAS, F.; CABOT, P. L.; SIRÉS, I.; Expanding the application of photoelectro-Fenton treatment to urban wastewater using the Fe(III)-EDDS complex. **Water Research**. 2020. v. 169. DOI: [10.1016/j.watres.2019.115219](https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115219).

YE, Z.; SCHUKRAFT, G.; L'HERMITTE, A.; XIONG, Y.; BRILLAS, E.; PETIT, C.; SIRÉS, I.; Mechanism and stability of an Fe-based 2D MOF during the photoelectro-Fenton treatment of organic micropollutants under UVA and visible light irradiation. **Water Research**. 2020. v. 184. DOI: [10.1016/j.watres.2020.115986](https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115986).

YU, Y.; LI, Y.; ZHANG, Z.; GU, Z.; ZHONG, H.; ZHA, Q.; YANG, L.; ZHU, C.; CHEN, E.; A bibliometric analysis using VOSviewer of publications on COVID-19. **Annals of Translational Medicine**. 2020. v. 8. DOI: [10.21037/atm-20-4235](https://doi.org/10.21037/atm-20-4235).

ZAIDI, A. K.; DEHGANI-MOBARAKI, P.; The mechanisms of action of Ivermectin against SARS-CoV-2: An evidence-based clinical review article. **The Journal of Antibiotics**. 2021. DOI: [10.1038/s41429-021-00430-5](https://doi.org/10.1038/s41429-021-00430-5).

ZAROCOSTAS, J.; How to fight an infodemic. **The Lancet**. 2020. v. 395. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30461-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30461-X).

ZUORRO, A.; LAVECCHIA, R.; Evaluation of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> advanced oxidation process (AOP) for the degradation of diazo dye Reactive Green 19 in aqueous solution. **Desalination and Water Treatment**. 2014. v. 52. DOI: [10.1080/19443994.2013.787553](https://doi.org/10.1080/19443994.2013.787553).

ZURITA, J. L.; JOS, A.; DEL PESO, A.; SALGUERO, M.; LÓPEZ-ARTÍGUEZ, M.; REPETTO, G.; Ecotoxicological evaluation of the antimalarial drug chloroquine. **Aquatic Toxicology**. 2005. v. 75. DOI: [10.1016/j.aquatox.2005.07.009](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.07.009).