



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Camila Cortona Guagliardi Hernandez

COVID E MEIO AMBIENTE: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DE ASPECTOS  
AMBIENTAIS NO CONTEXTO DA PANDEMIA

Sorocaba - SP

2023

**Camila Cortona Guagliardi Hernandes**

**COVID E MEIO AMBIENTE: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DE ASPECTOS  
AMBIENTAIS NO CONTEXTO DA PANDEMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental, à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Hitomi Watanabe Rezende

Co-orientadora: Profa. Dra. Luiza Amalia Pinto Cantão

Sorocaba - SP

2023

H557c                   Hernandes, Camila Cortona Guagliardi  
Covid e meio ambiente : levantamento bibliográfico de aspectos ambientais  
no contexto da pandemia / Camila Cortona Guagliardi Hernandez. -- Sorocaba,  
2023  
73 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia,  
Sorocaba

Orientadora: Cláudia Hitomi Watanabe Rezende  
Coorientadora: Luiza Amalia Pinto Cantão

1. COVID-19. 2. Saúde ambiental. 3. Gestão de resíduos. 4.  
Conscientização. 5. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e  
Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Sorocaba, 24 de julho de 2023.

Para: Conselho de Graduação em Engenharia Ambiental  
Ref: **Resultado** da Banca para homologação

Em 24/07/2023, a aluna Camila Cortona Guagliardi Hernandez, RA 152270671, sob minha orientação, foi arguida sobre o seu **Trabalho de Conclusão de Curso**, pela banca composta por:

Profa. Dra. Cláudia Hitomi Watanabe Rezende (presidente)

Me. Jonilson Michel Fontes Galvão - Unesp - Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba

Me. Murilo Teles Domingues

A banca decidiu (APROVAR) o referido aluno, tendo assim, o mesmo, preenchido os requisitos referentes ao **Trabalho de Conclusão de Curso** (TCC).



Documento assinado digitalmente  
CLAUDIA HITOMI WATANABE REZENDE  
Data: 25/07/2023 09:47:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Assinatura do Presidente da banca*

**Jonilson Galvão**

Assinado de forma digital por Jonilson Galvão  
Dados: 2023.07.24 19:28:16 -03'00'

*Assinatura do membro da banca*



Documento assinado digitalmente  
MURILO TELES DOMINGUES  
Data: 24/07/2023 19:53:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Assinatura do membro da banca*

<p>Para uso da <b>Biblioteca</b>:</p> <p>Recebimento da cópia da monografia em ___/___/___.</p> <hr/> <p><i>Nome e assinatura do servidor da Biblioteca</i></p>	<p>Referendado pelo <b>Conselho do Curso de Engenharia Ambiental</b> em ___/___/___.</p> <hr/> <p><i>Assinatura do(a) Coordenador(a) de Curso</i></p>
---	---

## RESUMO

A pandemia de COVID-19 destacou a interligação entre a saúde humana e o meio ambiente, evidenciando a necessidade de abordagens integradas para enfrentar os desafios ambientais emergentes. Os bloqueios temporários trouxeram uma breve melhoria na qualidade do ar, mas o aumento do uso de plásticos descartáveis resultou em mais resíduos sólidos. A gestão adequada de resíduos médicos e o planejamento urbano sustentável são cruciais nesse contexto, assim como a promoção de materiais biodegradáveis e fontes de energia renovável. A conscientização pública e a educação ambiental são essenciais para promover práticas sustentáveis, e a colaboração entre governos, setor privado e sociedade civil é fundamental para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). A revisão bibliográfica se baseou em buscas por palavras-chave relevantes, limitadas ao período de 2020 a 2023. A metodologia consistiu em quatro etapas: busca, seleção, compilação de informações e discussão. Foram categorizados 50 artigos relacionados a aspectos como gerenciamento de resíduos, poluição e sustentabilidade. A revisão também explorou a conexão entre os ODS da ONU, o meio ambiente e a pandemia de COVID-19, destacando a importância de abordagens holísticas e práticas sustentáveis para um futuro resiliente e saudável. A análise também revelou que a Índia e a China lideraram as pesquisas sobre COVID-19 e meio ambiente.

Palavras-chave: Pandemia; COVID-19; saúde ambiental; poluição; conscientização pública; educação ambiental; práticas sustentáveis; gestão de resíduos; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU).

## **ABSTRACT**

The COVID-19 pandemic has highlighted the interconnectedness between human health and the environment, underscoring the need for integrated approaches to address emerging environmental challenges. Temporary lockdowns led to a brief improvement in air quality, but the surge in disposable plastics resulted in increased solid waste generation. Proper management of medical waste and sustainable urban planning are crucial in this context, along with the promotion of biodegradable materials and renewable energy sources. Public awareness and environmental education are essential in promoting sustainable practices, and collaboration among governments, the private sector, and civil society is vital to achieve the United Nations' Sustainable Development Goals. The literature review was based on searches for relevant keywords, limited to the period from 2020 to 2023. The methodology involved four stages: search, selection, information compilation, and discussion. Fifty articles were categorized, covering aspects such as waste management, pollution, and sustainability. The review also explored the link between the UN Sustainable Development Goals, the environment, and the COVID-19 pandemic, emphasizing the importance of holistic approaches and sustainable practices for a resilient and healthy future. The analysis revealed that India and China led research on COVID-19 and the environment, while the emphasis on public policies, new ecological alternatives, and the pursuit of the SDGs demonstrates a growing concern for building a more resilient and sustainable future.

**Keywords:** Pandemic; COVID-19; environmental health; pollution; public awareness; environmental education; sustainable practices; waste management; United Nations' Sustainable Development Goals.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Metodologia .....	13
Figura 2 - Categorias escolhidas.....	14
Figura 3 - Quadro de exclusões .....	16
Figura 4 - Relação de artigos distribuídos por tempo.....	18
Figura 5 - Distribuição Espacial dos 50 artigos incluídos na revisão.....	18
Figura 6 - Total cumulativo de casos de COVID no mundo, por país.....	19
Figura 7 - Ranking cumulativo de total de casos de COVID. ....	20
Figura 8 - Total cumulativo de mortes por COVID no mundo, por país.....	20
Figura 9 - Ranking cumulativo de total de mortes de COVID.....	21
Figura 10 - Contagem fracionária de publicação de artigos por países. ....	22
Figura 11 - Contagem inteira de publicação de artigos por países .....	23
Figura 12 - Distribuição das Categorias dos 50 artigos escolhidos .....	24
Figura 13 - Distribuição espacial das categorias mais recorrentes .....	28
Figura 14 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	28
Figura 15 - Distribuição dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1	Geral.....	12
2.2	Específicos.....	12
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>16</b>
4.1	Seleção dos artigos.....	16
4.2	Análise Temporal.....	17
4.3	Análise Geográfica.....	18
4.4	Categorização.....	24
4.4.1	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	28
4.4.2	Ar.....	32
4.4.3	Água.....	35
4.4.4	Solo.....	39
4.4.5	Resíduos.....	40
4.4.6	Tratamento de Esgoto.....	47
4.4.7	Setor Econômico.....	48
4.4.8	Setor Energético.....	50
4.4.9	Biodiversidade.....	51
4.4.10	Relação bidirecional entre a pandemia de COVID-19 e o meio ambiente.....	53
4.4.11	Novas Alternativas Ecológicas.....	54
4.4.12	Educação Ambiental, Envolvimento público e Conscientização.....	58
4.4.13	Políticas Públicas.....	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>64</b>

REFERÊNCIAS.....	65
------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

Além dos efeitos diretos na saúde humana, a pandemia também trouxe à tona a importância crucial de estudar e relacionar o meio ambiente nesse contexto (Rai *et al.*, 2023).

Uma revisão bibliográfica abrangente sobre a relação entre a pandemia de COVID-19, o meio ambiente e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), permite explorar estudos e pesquisas que investigam as interações entre a saúde humana, a ecologia e as questões ambientais em diferentes contextos (Rai *et al.*, 2023). A revisão de literatura sobre os impactos da COVID-19 é um sistema que permite avaliar diferentes contextos que vão desde estudos do papel da poluição do ar na propagação do vírus, da contaminação de corpos d'água e solos e dos efeitos da gestão inadequada de resíduos na disseminação da doença. O fortalecimento de ideias unificadas por uma revisão é importante para explorar novas alternativas e soluções ecológicas para enfrentar os desafios ambientais em meio à pandemia, contribuindo para alcançar os ODS relacionados à saúde, meio ambiente e desenvolvimento sustentável (Silva *et al.*, 2020).

A educação ambiental desempenha papel fundamental na adoção de comportamentos sustentáveis e na busca de soluções inovadoras. Fator este que corrobora na interconexão entre saúde humana e meio ambiente, com vista no fortalecimento de ações de mitigação de impactos futuros e colaborando com o progresso Global (Chand, *et al.*, 2021).

O meio ambiente desempenha um papel fundamental na ocorrência e propagação de doenças, incluindo pandemias (Gatti *et al.*, 2021). A degradação ambiental, a perda de biodiversidade, o desmatamento e a destruição de habitats naturais podem aumentar o contato entre animais selvagens, animais domésticos e seres humanos, facilitando a transmissão de patógenos zoonóticos para a população humana (Ekanayake *et al.*, 2023). Além disso, a poluição do ar e da água pode comprometer a saúde respiratória e imunológica das pessoas, tornando-as mais suscetíveis a infecções respiratórias, como a COVID-19 (Serpa *et al.*, 2022).

Durante os períodos de *lockdown* e restrições de mobilidade, houve uma redução significativa na atividade humana, resultando em uma diminuição temporária

da poluição do ar e das emissões de gases de efeito estufa. No entanto, em razão das medidas sanitárias e a seriedade de conter infecções, houve um aumento no uso de plásticos descartáveis, assim como um aumento do uso de EPIs, como máscaras e luvas, resultando no aumento na geração de resíduos sólidos, especialmente resíduos plásticos e médicos, o que representa um desafio para a gestão adequada de resíduos e pode ter consequências ambientais negativas (Mauri *et al.*, 2023).

Dessa forma, reconhecer a necessidade de estudos com vista à proteção e conservação dos ecossistemas, a gestão sustentável dos recursos naturais, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e a adoção de políticas públicas que incentivem a transição para uma economia verde são fundamentais para prevenir futuras pandemias e garantir um futuro saudável e sustentável para todos. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura com relação aos efeitos e impactos causados pela pandemia pelo vírus COVID no meio ambiente.

### **1.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

ODS é uma sigla para “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, que é uma iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), que teve seu início em 2015 como parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. As ODS são divididas em 17 objetivos globais, cada um com suas metas específicas, que visam erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que todas as pessoas tenham paz e prosperidade até o ano de 2030.

Esses objetivos foram elaborados para abordar os desafios mais urgentes que o ser humano enfrenta atualmente, sendo as 17 interconectadas e abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento sustentável.

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são:

1. Erradicação da Pobreza: Erradicar a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
2. Fome Zero e Agricultura Sustentável: Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável
3. Saúde e Bem-Estar: Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;

4. Educação de Qualidade: Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
5. Igualdade de Gênero: Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas;
6. Água Limpa e Saneamento: Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos;
7. Energia Limpa e Acessível: Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos;
8. Trabalho Decente e Crescimento Econômico: Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos;
9. Indústria, Inovação e Infraestrutura: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
10. Redução das Desigualdades: Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países;
11. Cidades e Comunidades Sustentáveis: Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis;
12. Consumo e Produção Responsáveis: Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis;
13. Ação contra a Mudança Global do Clima: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos;
14. Vida na Água: Conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
15. Vida Terrestre: Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade;
16. Paz, Justiça e Instituições Eficazes: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas a todos os níveis;

17. Parcerias e Meios de Implementação: Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

- Realizar uma revisão da literatura com relação aos impactos/ efeitos da pandemia pelo vírus COVID no meio ambiente.

### 2.2 Específicos

- Filtrar e selecionar artigos relevantes em base de dados de periódicos, relacionados aos termos COVID e Meio ambiente;
- Realizar uma categorização quanto à relevância dos artigos com base nas abordagens ambientais mais frequentes e quanto aos ODS's;
- Analisar os trabalhos tendo em vista a distribuição geográfica, temporal e áreas do conhecimento com base nos critérios de categorização estabelecidos.

## 3 METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos propostos neste estudo de revisão bibliográfica sistemática, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão e exclusão. Neste mesmo sentido, Gil (2007, p. 44) explica que os exemplos mais característicos desse tipo de pesquisa são: investigações sobre ideologias ou pesquisas que se propõem à análise das diversas posições sobre um problema.

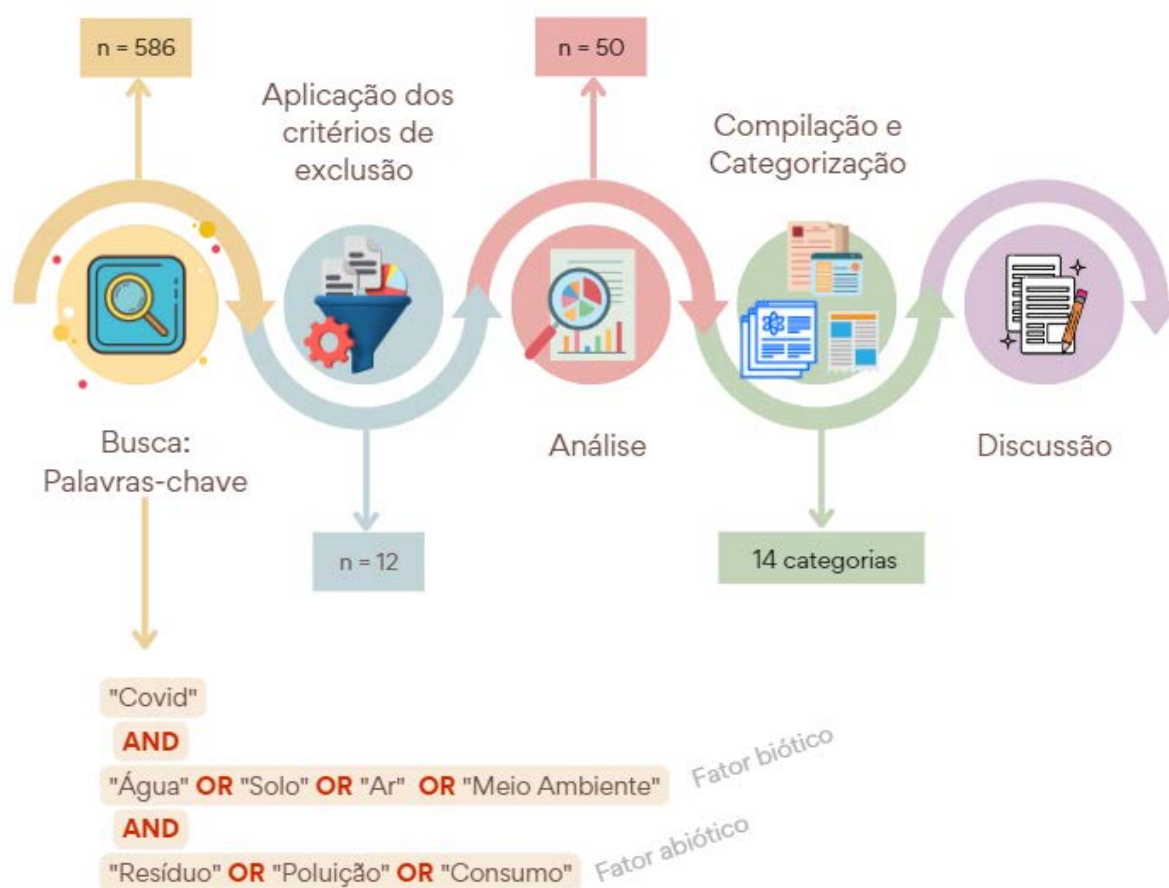
Para os critérios de inclusão, foi realizada uma busca por palavras-chave e operadores booleanos relevantes para o tema em questão. A pesquisa foi restrita a artigos publicados na plataforma *Science Direct*, no período entre 2020 e 2023. Além disso, apenas artigos com conteúdo completo disponível para leitura foram considerados. Já os critérios de exclusão foram aplicados para filtrar os artigos que não atendiam aos requisitos do estudo. Além disso, artigos com sem conclusões definidas ou incoerentes com o tema da revisão foram descartados. Também foram excluídos aqueles que mencionavam a palavra-chave "covid" menos de 10 vezes, pois a busca priorizou artigos diretamente relacionados à pandemia de COVID-19.

O procedimento adotado neste estudo consistiu em quatro etapas principais. Primeiramente, foi realizada a busca pelos artigos utilizando os critérios de inclusão mencionados. Em seguida, os artigos selecionados foram analisados para verificar sua relevância e adequação aos objetivos do estudo. Os dados e informações pertinentes foram compilados a partir dos artigos selecionados. Por fim, ocorreu a

discussão dos principais achados e conclusões extraídos dos artigos revisados. A Figura 1 mostra as etapas executadas.

Por meio dessa metodologia, foi possível obter uma revisão abrangente e atualizada sobre o tema proposto, fornecendo uma base sólida para a discussão dos aspectos relacionados à pandemia de COVID-19 e seus impactos ambientais.

Figura 1 - Metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na estratégia de busca, foram utilizadas palavras-chave relacionadas às perguntas de pesquisa. Foram utilizados operadores booleanos 'OR' e 'AND'. O próximo passo consistiu na análise dos artigos científicos e projetos dos últimos anos por meio de acesso a bases científicas.

A primeira busca foi realizada no dia 15 de março de 2023. As combinações dos termos foram inseridas na busca avançada, utilizando o parâmetro para busca dos termos em qualquer lugar do artigo (não somente no título).

Os filtros aplicados foram de tipo de artigo, sendo selecionados apenas os artigos de pesquisa e revisão (*research* e *review articles*) resultando num total de 586 resultados.

Os artigos foram organizados por ordem de relevância e os 50 primeiros artigos disponíveis para *download* foram baixados. De todos os artigos analisados, foram escolhidos os artigos de confluência com o tema, obedecendo aos critérios de inclusão, que foram incluídos na pesquisa.

O processo metodológico consiste em duas etapas de pesquisa na plataforma de base de dados de artigos periódicos. A primeira, conforme citado acima, consistiu no *download* de 50 artigos. A segunda etapa de pesquisa ocorreu após a exclusão dos artigos que integraram os critérios de exclusão, no dia 12 de maio, em que foi realizada uma nova busca, com as mesmas palavras-chave e operadores booleanos utilizados. Foram baixados em ordem de relevância os artigos disponíveis para completar novamente a base de 50 artigos.

Para a categorização dos artigos, foram escolhidas 14 categorias, conforme Figura 2, abaixo:

Figura 2 - Categorias escolhidas

Categorias
Ar
Solo
Água
Biodiversidade
Setor Econômico
Resíduo
Setor Energético
Novas Alternativas Ecológicas
Políticas Públicas
Educação Ambiental, Envolvimento Público e Conscientização
Monitoramento Ambiental
Tratamento de esgoto
ODS
Relação bidirecional entre a pandemia de COVID-19 e o meio ambiente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram incluídas na revisão também, relações com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A relação entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o meio ambiente e a pandemia da COVID-19 é de extrema convergência. Ao explorar essa conexão, podemos compreender as interconexões entre esses elementos, como a destruição de habitats naturais que aumenta o risco de doenças zoonóticas. Isso nos permite adotar uma abordagem holística para abordar as causas fundamentais das doenças emergentes, promovendo a colaboração global e incentivando a cooperação entre países e organizações para enfrentar desafios comuns.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A metodologia foi aplicada e os dados foram compilados, sendo os principais resultados referentes à distribuição temporal e espacial dos artigos, assim como a análise a partir da categorização e sua consequente análise relativa ao contexto teórico dos artigos analisados.

### 4.1 Seleção dos artigos

Seguindo a metodologia explicitada, na validação dos artigos, alguns critérios de exclusão foram utilizados. Foram excluídos 12 artigos desta revisão, principalmente os incoerentes com o tema da revisão. A Figura 3, mostra o quadro dos artigos excluídos, sendo todos eles com “COVID” aparecendo no artigo menos de 10 vezes.

Os 50 artigos integrantes desta revisão foram descritos em uma tabela (Apêndice), com as informações pertinentes de cada um, que fundamentaram as análises posteriores.

Figura 3 - Quadro de exclusões

ID	Título	Jornal	Local	Ano	Palavra-chave*
1	Air pollution mitigation assessment to inform Cambodia's first clean air plan	Environmental Research	Cambodia	C	1
2	Application of Biochar Derived from Crops Residues for Biofuel Production	Fuel Communications	África do Sul	C	5
3	A review of the factors affecting the emission of the ozone chemical precursors VOCs and NOx from the soil	Environment International	China	C	5
4	Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity	Environment International	Austrália, Reino Unido	A	3
5	Environmental impact and mitigation of micro(nano)plastics pollution using green catalytic tools and green analytical methods	Green Analytical Chemistry	México	B	4
6	Environmental pollution, a hidden culprit for health issues	Eco-Environment & Health	China	B	5
7	From monitoring to treatment, how to improve water quality: The pharmaceuticals case	Chemical Engineering Journal Advances	Itália, Portugal	B	4
8	Health costs of environmental pollution faced by underground coal miners: Evidence from Balochistan, Pakistan	Resources Policy	Paquistão, Polônia, China	B	1
9	Impacts of heavy metals and medicinal crops on ecological systems, environmental pollution, cultivation, and production processes in China	Ecotoxicology and Environmental Safety	China, Polônia	A	2
10	Microplastics in the soil environment: A critical review	Environmental Technology & Innovation	China	B	4
11	Plastic pollution and the open burning of plastic wastes	Global Environmental Change	Ddenmark, EUA, Países Baixos, Zâmbia, Indonésia, Filipinas	C	1
12	Widespread occurrence of quaternary alkylammonium disinfectants in soils of Hesse, Germany	Science of the Total Environment	Alemanha	B	4
13	Spatial change in glomalin-related soil protein and its relationships with soil enzyme activities and microbial community structures during urbanization in Nanchang, China	Geoderma	China, Reino Unido	C	1

\* Número de vezes que aparece a palavra COVID no artigo.

Legenda: ID: Identificador do artigo; A: 2021; B: 2022; C: 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## **4.2 Análise Temporal**

A partir dos artigos incluídos nesta revisão, foi possível analisar a distribuição dos 50 artigos mais relevantes pesquisados em uma escala de tempo, conforme Figura 4.

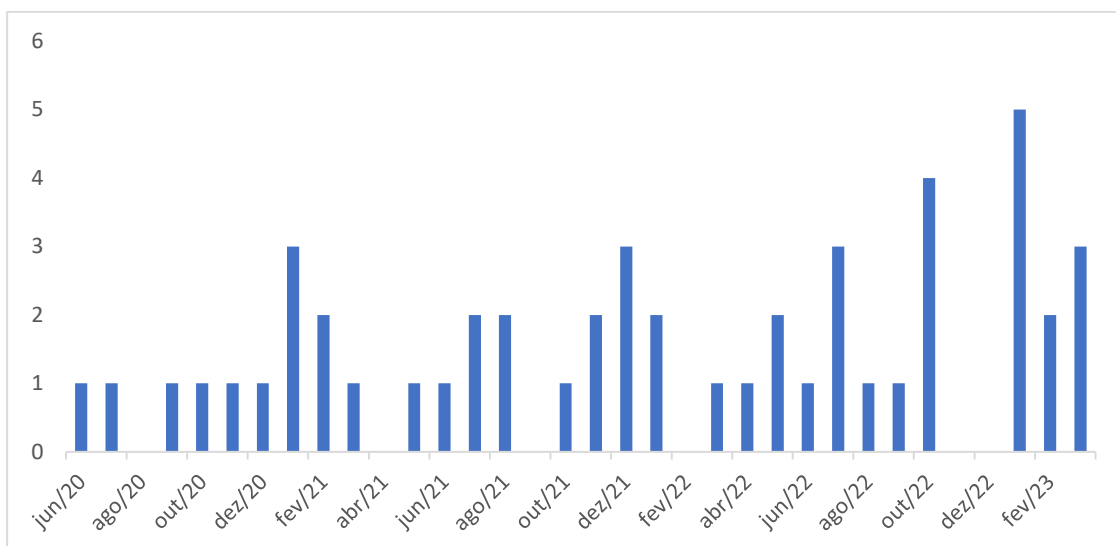
Existem algumas razões possíveis para que o maior número de publicações que relacionam COVID-19 e meio ambiente tenham ocorrido em janeiro de 2023 (5 artigos), seguido de outubro de 2022 (4 artigos) e, posteriormente, com publicação de 3 artigos, janeiro e dezembro de 2021, julho de 2022 e março de 2023 na plataforma utilizada. À medida que a pandemia de COVID-19 se desenvolveu e teve duração, mais pesquisas foram conduzidas para explorar suas diferentes facetas e impactos, incluindo aqueles relacionados ao meio ambiente. Conforme a pandemia continuava a afetar diferentes aspectos da sociedade, a preocupação com a interseção entre saúde humana e meio ambiente também cresceu. Isso pode ter incentivado mais pesquisadores a investigarem essa relação e a publicarem seus estudos.

Além disso, o aumento da conscientização sobre a relação entre a pandemia de COVID-19 e questões ambientais pode ter estimulado mais pesquisas sobre o tema. À medida que os efeitos da pandemia se tornaram mais evidentes, houve uma crescente necessidade de encontrar soluções sustentáveis para enfrentar os desafios ambientais gerados pela crise de saúde. Essa demanda pode ter impulsionado mais pesquisas sobre práticas ambientalmente conscientes para lidar com a pandemia.

Também é possível que a emergência de novos dados e descobertas relacionados à COVID-19 e meio ambiente tenha motivado os pesquisadores a publicarem seus resultados e compartilharem informações atualizadas.

Conclui-se que os picos de publicações ao longo do tempo podem ser atribuídos à maturidade da pandemia, conscientização crescente, emergência de novos dados e descobertas, necessidade de soluções sustentáveis e influência das políticas e financiamento para pesquisa. As dinâmicas complexas da pandemia, da pesquisa científica e das preocupações ambientais podem ter influenciado os padrões de publicações ao longo do tempo.

Figura 4 - Relação de artigos distribuídos por tempo

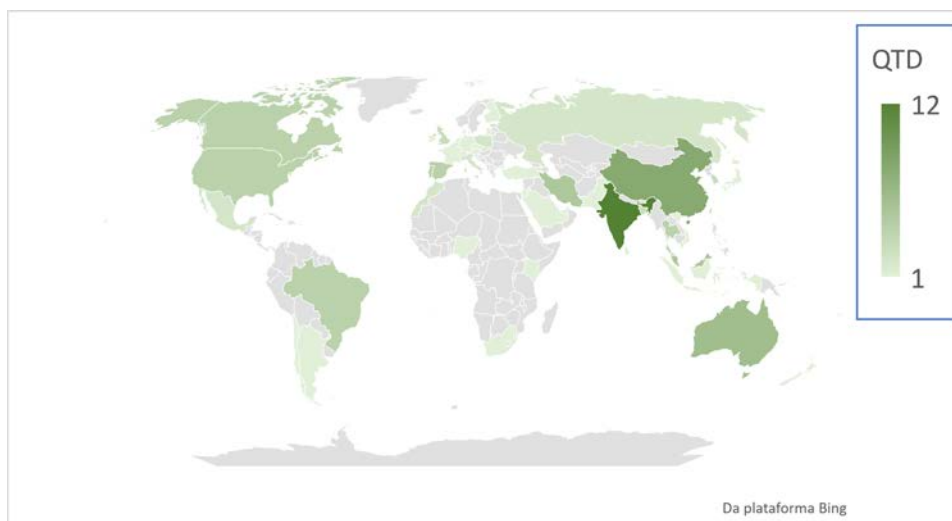


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Análise Geográfica

A partir dos artigos incluídos nesta revisão, foi possível analisar a distribuição geográfica dos 50 artigos mais relevantes pesquisados, como mostrado na Figura 5. É notável que o maior número de publicações foi na Índia, com 12 artigos, seguido pela China, com 10.

Figura 5 - Distribuição Espacial dos 50 artigos incluídos na revisão. Destaque para a Índia e China que tiveram um número mais expressivo de publicações (Índia com 12 artigos (verde mais intenso) e China com 10 (um tom a menos))

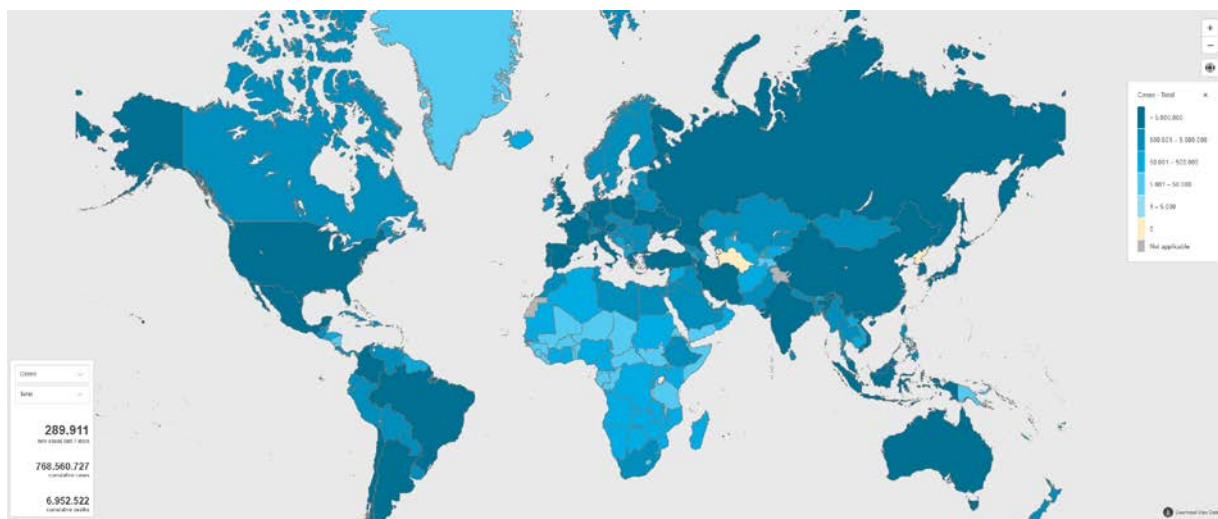


Fonte: Adaptado de Bing (2023), Australian Bureau of Statistics (2023), GeoNames (2023), Geospatial Data Edit (2023), Microsoft (2023), Navinfo (2023), OpenStreetMap (2023), TomTom (2023), Wikipedia (2023) e Zenrin (2023).

O maior número de publicações que relacionam COVID-19 e meio ambiente na Índia e na China pode ser explicado por vários fatores. Em primeiro lugar, tanto a Índia quanto a China foram severamente afetadas pela pandemia de COVID-19 principalmente em termos de número de casos, e no caso da Índia, de número de mortes totais também, o que pode ter gerado um interesse maior da comunidade científica em estudar a relação entre a doença e o meio ambiente.

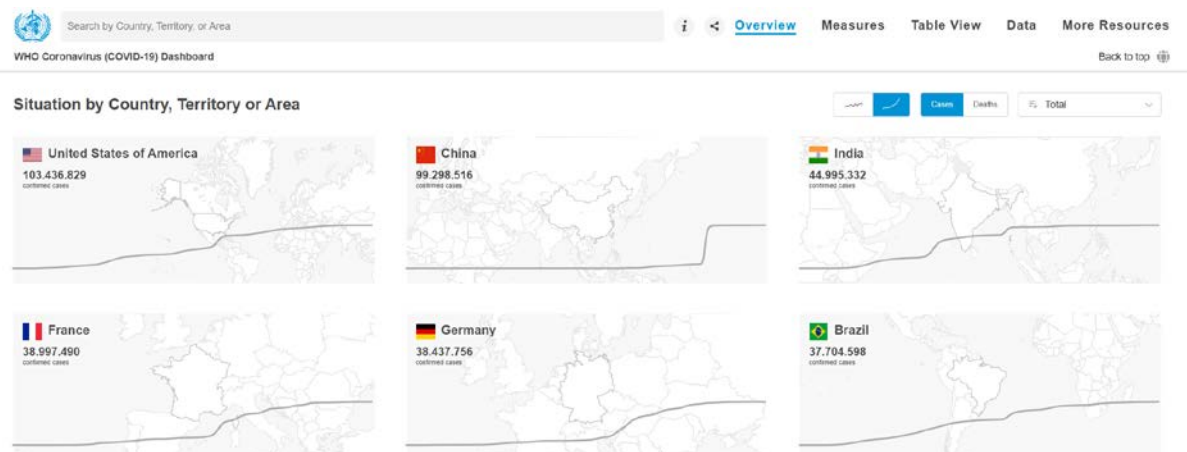
A Figura 6 mostra o número total de casos de COVID por país e a Figura 7, detalha os 6 países com o maior número de casos cumulativos, em que se observa que a China está em segundo lugar, com 99.298.516 casos confirmados e a Índia em terceiro, com 44.995.332 casos.

Figura 6 - Total cumulativo de casos de COVID no mundo, por país, sendo o tom mais escuro com mais de 5.000.000 casos no país.



Fonte: WHO (2023).

Figura 7 - Ranking cumulativo de total de casos de COVID.



Fonte: WHO (2023).

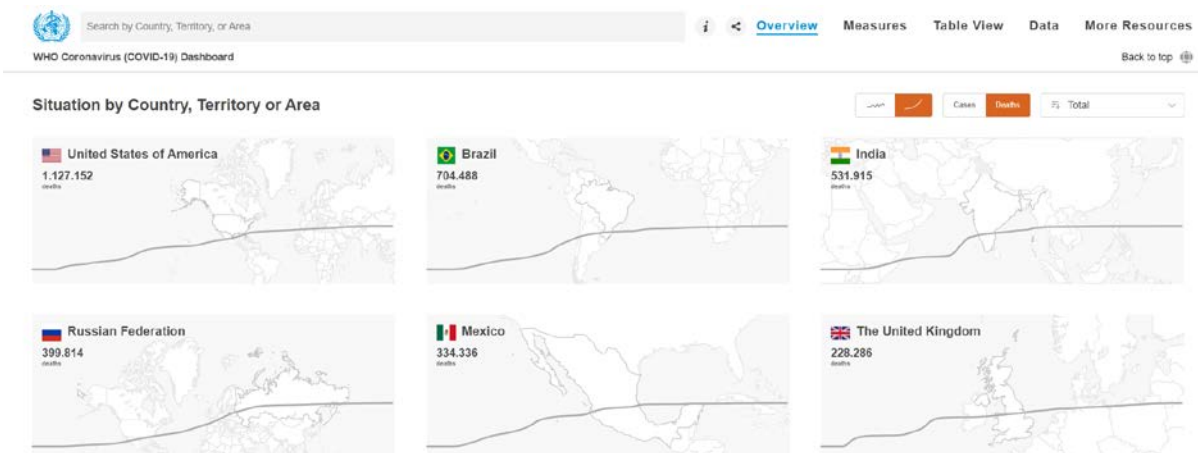
Em relação aos números de mortes, a Figura 8 mostra o número total de mortes por COVID por país e a Figura 9 detalha os 6 países com o maior número de mortes cumulativas, em que se observa que a Índia está em terceiro lugar, com 531.915 casos.

Figura 8 - Total cumulativo de mortes por COVID no mundo, por país, sendo o tom mais escuro com mais de 500.000 mortes no país.



Fonte: WHO (2023).

Figura 9 - Ranking cumulativo de total de mortes de COVID.



Fonte: WHO (2023).

Além disso, esses dois países possuem recursos significativos de pesquisa e capacidade científica *bem* desenvolvidos, o que lhes permite conduzir estudos relevantes e publicar seus resultados em revistas científicas respeitadas.

No estudo publicado em 2020, no Portal da FAPESP, que trata das publicações de artigos no mundo, mostra que a China está em 1º lugar no *ranking* de contagem fracionário (quando se conta proporcionalmente o número de autores de cada país), enquanto a Índia está em 3º, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Contagem fracionária de publicação de artigos por países.



Fonte: Publicações [...] (2020).

Ainda no estudo publicado pela FAPESP (2020), na contagem inteira do número de publicações, a China se destaca em primeiro no ano de 2018 e observa-se o crescimento da Índia, de 13º em 2000 até a 5º posição do ranking em 2018. A Figura 11 mostra a classificação dos artigos contabilizados integralmente para cada país, representados pelos autores.

Figura 11 - Contagem inteira de publicação de artigos por países



Fonte: Publicações [...] (2020).

Outro fator importante pode ser o interesse e o financiamento governamental em questões de saúde pública e meio ambiente. Governos engajados nessas áreas podem fornecer apoio financeiro e incentivar pesquisas sobre a conexão entre COVID-19 e meio ambiente.

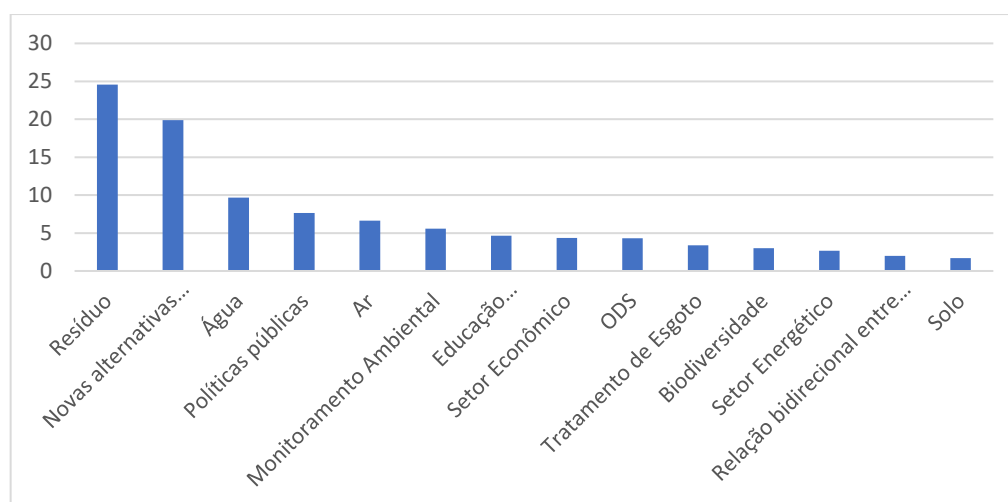
Além disso, as características geográficas e demográficas únicas da Índia e da China podem influenciar como a pandemia de COVID-19 afetou suas populações. Por exemplo, altos níveis de poluição do ar em áreas urbanas densamente povoadas podem ter impactos na saúde respiratória dos indivíduos infectados pelo vírus, o que pode ter motivado pesquisadores a investigar essa relação específica em seus contextos nacionais.

Por fim, a relevância global desses países, dada sua população e destaque econômico, pode ter estimulado um maior interesse em pesquisas sobre a pandemia e o meio ambiente nesses locais, pois suas descobertas podem ter implicações significativas para suas populações e, também, para a comunidade internacional.

#### 4.4 Categorização

Os artigos foram incluídos nas categorias pertinentes a cada um. Cada artigo foi classificado em até 7 categorias diferentes, dependendo do seu conteúdo. Assim, a distribuição das categorias foi feita de modo proporcional, sendo “Resíduo” a categoria mais recorrente e “Solo”, a menos (Figura 12).

Figura 12 - Distribuição das Categorias dos 50 artigos escolhidos (Destaque para a geração de resíduos e as novas alternativas ecológicas, que foram as categorias mais expressivas)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Relacionando as quatro categorias mais recorrentes (Resíduo, Novas alternativas ecológicas, Água e Políticas Públicas) com a distribuição espacial, foi notável que, enquanto as novas alternativas ecológicas se destacam na Índia e China, no Brasil a principal categoria abordada foi o meio físico água (Figura 13).

A Índia e a China são países que demonstram uma preocupação significativa com as novas alternativas ecológicas, especialmente em relação à pandemia de COVID-19. Existem várias razões que podem explicar essa ênfase maior nesses países.

Primeiramente, a Índia e a China possuem populações muito numerosas, com mais de 1 bilhão de habitantes cada uma. Isso as coloca diante de desafios complexos em termos de saúde pública, sustentabilidade e bem-estar social. A pandemia agravou essas questões e destacou a necessidade de buscar soluções ecológicas para garantir a saúde e o futuro dessas populações em larga escala.

Além disso, tanto a Índia quanto a China enfrentam desafios ambientais significativos, como poluição do ar, gestão de resíduos e escassez de água. A rápida urbanização e o crescimento industrial nesses países têm exacerbado esses problemas. Conseqüentemente, eles têm uma urgência de adotar alternativas ecológicas para enfrentar essas questões e reduzir seu impacto no meio ambiente e na saúde das pessoas.

Outro fator importante é o potencial econômico. A Índia e a China são duas das economias que mais crescem no mundo. Ao buscar alternativas ecológicas, esses países enxergam oportunidades para impulsionar suas economias por meio do desenvolvimento e implementação de tecnologias limpas e sustentáveis. Isso inclui investimentos em energias renováveis, transporte sustentável, eficiência energética e outras soluções inovadoras que possam contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e a transição para uma economia de baixo carbono.

Por fim, tanto a Índia quanto a China são signatárias do Acordo de Paris, um tratado internacional que busca limitar o aquecimento global e promover ações para enfrentar as mudanças climáticas. Esse compromisso com a sustentabilidade global pode influenciar as políticas e prioridades desses países, levando a uma maior ênfase nas novas alternativas ecológicas, inclusive durante a pandemia.

Por outro lado, o Brasil demonstra uma maior preocupação com a água em relação à pandemia. A causa pode estar relacionado a alguns fatores específicos que destacam a importância desse recurso natural para a saúde pública e a necessidade de garantir acesso adequado à água potável durante esse período desafiador.

A poluição da água representa uma ameaça direta à saúde humana. A contaminação de corpos d'água por poluentes pode resultar na disseminação de doenças transmitidas pela água, afetando a população que depende dessas fontes para consumo, higiene e agricultura. Nesse contexto, a pandemia de COVID-19 trouxe à tona a indispensabilidade de garantir a qualidade e a disponibilidade de água potável, bem como de promover práticas sustentáveis de gestão de resíduos e prevenção da poluição.

Além disso, o Brasil possui uma rica diversidade de ecossistemas aquáticos, como rios, lagos e aquíferos, que desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e do equilíbrio dos ecossistemas. A poluição da água afeta

negativamente esses ecossistemas e compromete a saúde dos organismos que deles dependem. A pandemia serviu como um lembrete da necessidade de proteger e preservar esses recursos naturais, reconhecendo seu valor intrínseco e os serviços ecossistêmicos que eles fornecem.

Outro fator relevante é o aumento na geração de resíduos durante a pandemia em conjunto com má gestão desses resíduos. A preocupação com a poluição da água está diretamente relacionada à necessidade de implementar práticas adequadas de descarte de resíduos e promover a conscientização sobre os impactos negativos da poluição nos ecossistemas aquáticos.

Ademais, o Brasil possui legislações e políticas ambientais voltadas para a proteção dos recursos hídricos, como a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei de Crimes Ambientais. Essas regulamentações reforçam a preocupação do país com a poluição da água e estabelecem diretrizes para a preservação e o uso sustentável desse recurso.

O Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, aprovado em 2020, tem uma relação importante com a pandemia de COVID-19 e a preocupação com a qualidade da água. O saneamento básico engloba serviços como abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos. Esses serviços são essenciais para a saúde pública e a prevenção de doenças, como no caso do coronavírus, em que ainda não se sabe com precisão seu comportamento na água. A possibilidade de o novo coronavírus ser transmitido pela água ou pelo esgoto é diferente do fato de ele ser detectado nesses ambientes. A engenheira sanitária Andreza Thiesen Laureano, professora do curso técnico em Saneamento do Câmpus Florianópolis do IFSC (IFSC, 2020), explicou que o vírus pode sobreviver e seu RNA viral pode ser detectado em exames específicos quando entra em contato com a água. No entanto, ainda não está claro se ele permanece ativo ou viável na água.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), em um documento de abril com orientações para a gestão da água e do saneamento durante a pandemia, o vírus da Covid-19, por ser encapsulado, é menos estável no ambiente hídrico em comparação a outros vírus humanos conhecidos por serem transmitidos pela água, como os rotavírus e a hepatite A. Estudos mostraram que outros coronavírus humanos

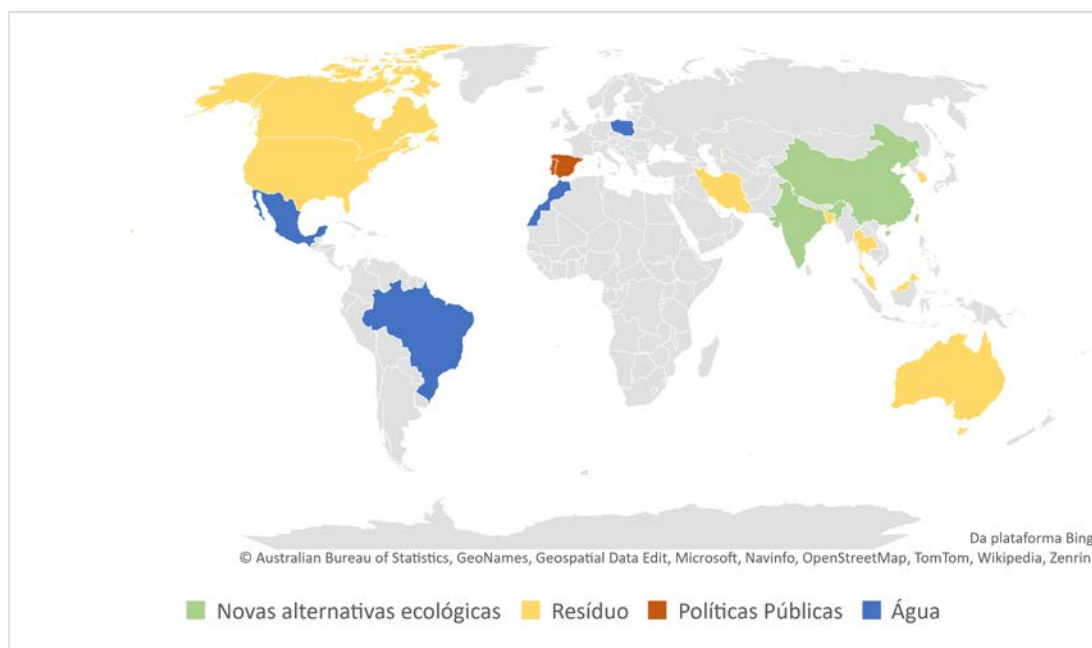
sobreviveram apenas dois dias em água da torneira sem cloro e nas águas residuais hospitalares a 20°C. Portanto, métodos de tratamento de água que utilizam filtração e desinfecção podem inativar o novo coronavírus.

Quanto à presença do SARS-CoV-2 nas fezes, ela foi confirmada por pesquisadores da cidade de *Zhuhai*, na China. Em um estudo realizado entre janeiro e março deste ano, examinaram 98 pacientes com Covid-19 e constataram que em mais da metade dos pacientes, suas amostras fecais permaneceram positivas para o RNA da SARS-CoV-2 por uma média de 11,2 dias após as amostras do trato respiratório se tornarem negativas para o RNA da SARS-CoV-2. Isso implica que o vírus se replica ativamente no trato gastrointestinal do paciente e que a transmissão fecal-oral pode ocorrer após a liberação viral no trato respiratório.

Com a pandemia, a imprescindibilidade do acesso à água potável e ao saneamento adequado tornou-se ainda mais evidente. O saneamento básico desempenha um papel crucial na proteção da saúde e no combate à propagação de doenças infecciosas, pois contribui para a redução do risco de contaminação e transmissão de vírus e bactérias.

Portanto, a maior preocupação do Brasil com a poluição da água durante a pandemia está relacionada à sua relevância para a saúde humana, a conservação dos ecossistemas aquáticos e a necessidade de implementar medidas efetivas de prevenção da poluição e gestão sustentável dos recursos hídricos. A crise sanitária trouxe à tona a demanda de políticas públicas que promovam a preservação da qualidade da água, a conscientização sobre os impactos da poluição e a adoção de práticas sustentáveis para garantir a disponibilidade desse recurso vital.

Figura 13 - Distribuição espacial das categorias mais recorrentes



Fonte: Adaptado de Bing (2023), Australian Bureau of Statistics (2023), GeoNames (2023), Geospatial Data Edit (2023), Microsoft (2023), Navinfo (2023), OpenStreetMap (2023), TomTom (2023), Wikipedia (2023) e Zenrin (2023).

#### 4.4.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda global estabelecida pelas Nações Unidas para orientar esforços de desenvolvimento sustentável em diferentes áreas (Figura 14).

Figura 14 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ONU (2023).

Analisando os artigos, o ODS que mais apareceu foi o ODS nº 3, seguido do nº 12, conforme Figura 15. Ambos apareceram em mais da metade dos artigos analisados. A revisão dos artigos pertinentes aos temas de COVID-19 e meio ambiente revelou que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 (Saúde e Bem-Estar) e 12 (Consumo e Produção Sustentáveis) foram os mais abordados. Essa prevalência pode ser atribuída a diversas razões.

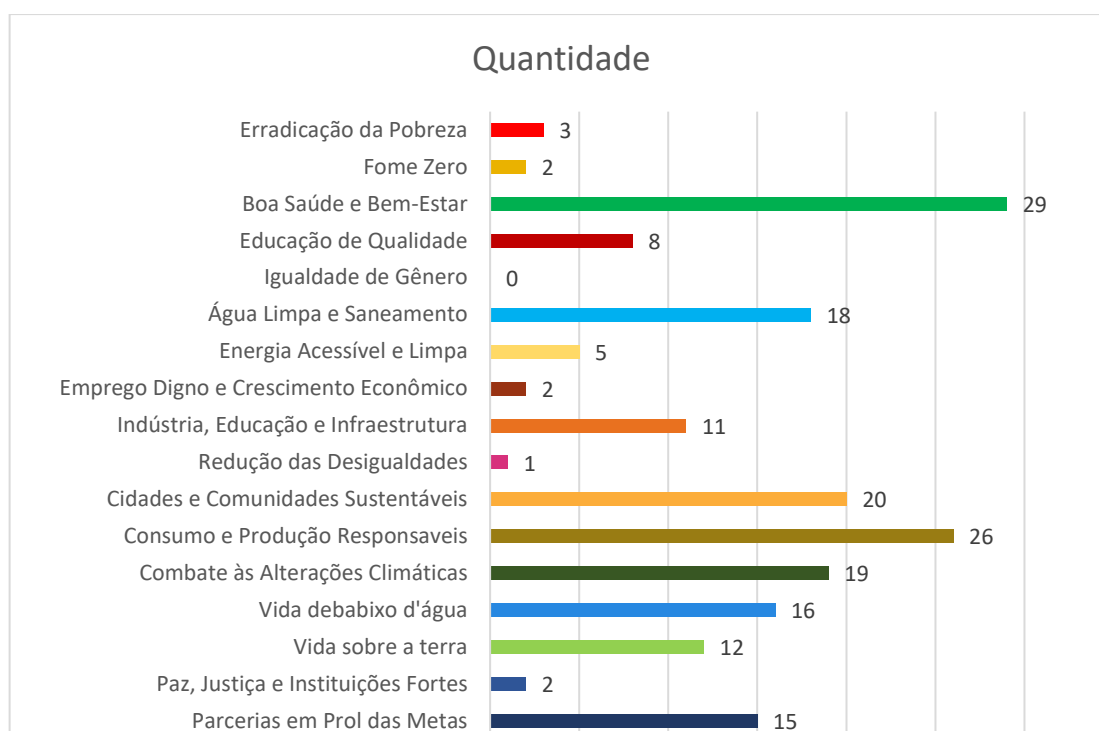
O ODS 3 busca garantir uma vida saudável e promover o bem-estar para todos. Durante a pandemia, esse objetivo tornou-se ainda mais relevante, pois a COVID-19 afetou a saúde global, resultando em milhões de casos e mortes. A pandemia destacou a necessidade de fortalecer os sistemas de saúde, prevenir doenças, garantir acesso a cuidados de saúde de qualidade e promover a saúde mental e emocional das pessoas.

O ODS 12 promove o consumo e a produção responsáveis, buscando reduzir o impacto ambiental negativo das atividades humanas. Durante a pandemia, houve um aumento significativo no uso de produtos descartáveis, como máscaras e luvas, o que contribuiu para a geração de resíduos sólidos. Esse aumento na produção de resíduos representa um desafio para a gestão adequada de resíduos e destaca a importância de adotar práticas de consumo mais sustentáveis, como a redução, reutilização e reciclagem de materiais.

Além disso, a interação entre a saúde humana e o meio ambiente foi um tema central. A qualidade do meio ambiente afeta a saúde das pessoas, tornando-as mais suscetíveis a doenças respiratórias e infecciosas, enquanto a saúde humana também influencia o meio ambiente, como visto no aumento da geração de resíduos descartáveis durante a pandemia.

Esses ODS são globalmente relevantes e urgentes, não se limitando apenas à pandemia de COVID-19, mas também a questões mais amplas de desenvolvimento sustentável. Portanto, a prioridade dada a esses temas pode ser justificada pela sua relevância para a sociedade e o meio ambiente.

Figura 15 - Distribuição dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Elaborado pelo autor.

A pandemia de COVID-19 está intrinsecamente relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), pois afeta áreas cruciais para o desenvolvimento sustentável. Diversos ODS são impactados pela pandemia e suas ramificações:

A saúde e o bem-estar (ODS 3) são diretamente afetados pela pandemia, que resultou em uma crise global de saúde, com milhões de casos e mortes. Isso destaca a necessidade de fortalecer os sistemas de saúde, prevenir doenças e garantir acesso a cuidados de saúde de qualidade. A erradicação da pobreza (ODS 1) também é impactada pela pandemia, que exacerbou a pobreza em muitos países, especialmente entre os mais vulneráveis. A perda de empregos, a interrupção das cadeias de abastecimento e os impactos econômicos resultaram em um aumento da pobreza e da desigualdade, ressaltando o carência de fortalecer a proteção social e criar oportunidades econômicas inclusivas.

O trabalho decente e o crescimento econômico (ODS 8) enfrentaram desafios significativos devido à pandemia, com a perda de empregos, fechamento de empresas e instabilidade econômica. É fundamental proteger os direitos dos trabalhadores, criar

empregos dignos e promover resiliência econômica para alcançar o crescimento econômico sustentável e inclusivo. A pandemia também afetou a produção e o consumo responsáveis (ODS 12), com a interrupção das cadeias de suprimentos, demanda por produtos essenciais e a necessidade de reduzir o desperdício. É essencial promover padrões sustentáveis de produção e consumo, buscando eficiência no uso de recursos, redução do desperdício e adoção de práticas sustentáveis.

Embora a pandemia não esteja diretamente relacionada às mudanças climáticas, ela trouxe lições importantes para a ação climática (ODS 13). A resposta à pandemia pode ser um modelo para ação climática, destacando as medidas globais, resiliência e adaptação. É urgente tomar medidas para combater a mudança climática e seus impactos.

Sharma *et al.* (2021) mencionam o impacto significativo da pandemia de COVID-19 no progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O estudo explora como o estímulo à recuperação verde, por meio do gerenciamento de resíduos sólidos baseado na economia circular, pode contribuir para alcançar as metas dos ODS. O texto destaca a indispensabilidade de redirecionar o financiamento e apoiar os serviços de coleta de resíduos em países em desenvolvimento, melhorando as condições de vida e contribuindo para os ODS relacionados à erradicação da pobreza e ao trabalho decente.

Mousazadeh *et al.* (2022) abordam a preocupação com a contaminação viral em corpos d'água devido à pandemia de COVID-19 e destacam a seriedade de encontrar métodos eficazes de tratamento de águas residuais para combater o vírus e melhorar a qualidade da água. O estudo está relacionado aos ODS de saúde e bem-estar, água limpa e saneamento, e sistemas de tratamento eficazes.

Yin *et al.* (2022) discutem a relação entre comida, energia e água (FEW) para alcançar os ODS. O estudo enfatiza a necessidade de identificar soluções eficazes para recuperar o equilíbrio entre oferta e demanda e acelerar os ODS relacionados à fome zero, água limpa e acessível, e energia acessível e limpa.

Chong *et al.* (2022) destacam os avanços recentes em setores emergentes de energia, com foco na neutralidade de carbono e sustentabilidade energética. O estudo ressalta a importância de inovações em sistemas inteligentes de energia, novos

materiais de energia e tecnologias de baixo carbono, alinhadas aos ODS relacionados à energia acessível e limpa, erradicação da pobreza, trabalho decente, cidades e comunidades sustentáveis, ação climática, vida terrestre e parcerias em prol dos ODS.

Snigdha *et al.* (2023) abordam o impacto do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) descartáveis na pandemia de COVID-19 e destaca a necessidade de adotar alternativas sustentáveis e promover a reutilização segura dos EPIs. O estudo enfatiza os "3 Rs" (Reduzir, Reutilizar, Reciclar) no gerenciamento de resíduos plásticos na área da saúde e destaca que é fundamental substituir a eletricidade convencional por energia solar na fabricação e tratamento dos EPIs para maximizar os benefícios ambientais, contribuindo para o ODS de consumo responsável e produção sustentável.

Esses artigos abordam diversos aspectos relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico, igualdade de gênero, erradicação da pobreza, mudanças climáticas, produção e consumo responsáveis, água limpa e saneamento, energia acessível e limpa, entre outros. Cada estudo contribui com perspectivas e recomendações relevantes para avançar em direção às metas dos ODS e promover um futuro sustentável.

#### 4.4.2 Ar

A pandemia de COVID-19 trouxe impactos significativos em diversas áreas, incluindo o meio ambiente e, mais especificamente, a qualidade do ar. As medidas de bloqueio impostas durante a pandemia resultaram em reduções notáveis nas emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos, proporcionando uma breve melhoria na qualidade do ar em muitas regiões ao redor do mundo. No entanto, há preocupações de que esses ganhos sejam perdidos durante a recuperação econômica pós-pandemia, caso não sejam adotadas estratégias sustentáveis (Rita *et al.*, 2021). Nesse contexto, uma série de estudos tem sido realizada para avaliar os efeitos da pandemia na qualidade do ar, abordando tanto os impactos imediatos quanto as medidas necessárias para manter um ambiente limpo e saudável no futuro.

A importância dos ambientes internos apontadas em Filho *et al.* (2021), quanto à exposição humana aos poluentes atmosféricos, especialmente a poluição do ar doméstico proveniente de combustíveis poluentes. De acordo com os autores, a má

qualidade do ar está associada a doenças crônicas, e o papel dos profissionais de saúde na gestão da exposição à poluição do ar é enfatizado. É necessário adotar abordagens complementares em diferentes níveis para evitar a exposição à poluição do ar.

Dihan *et al.* (2023) ressaltam a necessidade da gestão adequada dos resíduos médicos para evitar a poluição do ar. Embora os autores não abordem diretamente a relação com a COVID-19, é mencionado que o descarte inadequado dos resíduos médicos pode ter impactos negativos na qualidade do ar e que a adoção de técnicas de tratamento seguras e sustentáveis é fundamental para minimizar os impactos no meio físico do ar.

Um estudo mais amplo, com foco não apenas na qualidade do ar, mas também ao consumo de energia, é feito pelos autores Jamei *et al.* (2022). No estudo é destacado o planejamento urbano sustentável para enfrentar os desafios relacionados à qualidade do ar. A pandemia proporcionou uma oportunidade de estabelecer uma nova linha de base para esses parâmetros e evidenciou o impacto do comportamento humano na qualidade do ar.

Kim *et al.* (2022) investigam a geração de resíduos e a poluição atmosférica na região nordeste da Ásia, com foco nas partículas finas de Material Particulado (MP 2,5).

Makkonen *et al.* (2023) analisam a composição química do MP 2,5 em Hanói, Vietnã. Ambos os estudos destacam a necessidade da cooperação regional para melhorar a qualidade do ar na região e a relevância de estratégias de controle para enfrentar os desafios da poluição atmosférica. As concentrações médias anuais de MP2,5 determinadas pelo método gravimétrico durante todo o período de medição foram de 49 e 46  $\mu\text{g m}^{-3}$  nos locais próximos ao tráfego e da área urbana, respectivamente. A regulamentação técnica nacional da qualidade do ar ambiente no Vietnã estabelece valores limites para PM<sub>2,5</sub> de 50  $\mu\text{g m}^{-3}$  e 25  $\mu\text{g m}^{-3}$  para a média de 24 horas e anual, respectivamente, e as mais recentes diretrizes da qualidade do ar da OMS estabelecem valores para PM<sub>2,5</sub> de 15  $\mu\text{g m}^{-3}$  e 5  $\mu\text{g m}^{-3}$  para a média de 24 horas e anual, respectivamente. As médias anuais de PM<sub>2,5</sub> medidas em Hanói foram cerca de duas vezes o valor limite nacional e 9 a 10 vezes mais altas do que os valores da OMS para 2021. De agosto a setembro de 2019 e de maio a agosto de

2020, as concentrações diárias de PM<sub>2,5</sub> permaneceram abaixo do estabelecido (WHO, 2021) em de 24 horas do Vietnã, mas durante os meses de inverno, o valor orientador diário foi frequentemente excedido em ambos os locais (Makkonen *et al.*, 2023).

Diante da busca por tecnologias sustentáveis e medidas convencionais para enfrentar a propagação do vírus, Dharmaraj *et al.* (2021) mencionam a pirólise como uma alternativa de tratamento de resíduos médicos que pode reduzir a liberação de poluentes no ar. Mukherjee *et al.* (2021) abordam a transmissão do coronavírus pelo ar e destaca a relevância de pesquisar e implementar medidas preventivas contra a poluição do ar perigosa.

Kumar *et al.* (2020) analisam os efeitos das medidas de mitigação da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar em cinco cidades indianas. Destaca as reduções temporárias nas concentrações de MP 2,5 durante o bloqueio, ressaltando a necessidade de abordar a poluição do ar de forma contínua e buscar soluções sustentáveis. Rita *et al.* (2021) destacam o impacto ambiental positivo do bloqueio durante a pandemia de COVID-19, enfatizando o investimento em recursos de energia renovável e adoção de medidas de conservação para garantir um ambiente limpo e sustentável.

Alguns estudos, como Filho *et al.* (2021); Dihan *et al.* (2023); Jamei *et al.* (2022); Kim *et al.* (2022); Makkonen *et al.* (2023) abordam questões como a poluição do ar doméstico, gerenciamento de resíduos médicos, impacto dos bloqueios na qualidade do ar e geração de resíduos. Em comum, eles ressaltam a necessidade de adotar medidas sustentáveis durante a recuperação pós-pandemia, visando manter um ambiente limpo e saudável para a população. Essas pesquisas enfatizam o planejamento urbano sustentável, cooperação regional, gestão adequada de resíduos e redução da poluição do ar para promover a saúde e o bem-estar das comunidades, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao ODS 3 de Saúde e Bem-Estar (Rita *et al.*, 2021).

Em resumo, os estudos mencionados fornecem percepções sobre a relação entre a COVID-19 e a qualidade do ar, abordando a gestão dos resíduos, planejamento urbano sustentável e cooperação regional para enfrentar os desafios da poluição atmosférica. Essas pesquisas destacam a necessidade de adotar medidas

sustentáveis durante a recuperação econômica pós-pandemia, visando manter um ambiente limpo e saudável para a população.

#### 4.4.3 Água

A relação da água com a pandemia de COVID-19 envolve diversos aspectos. O descarte inadequado de máscaras faciais, descartáveis e resíduos médicos pode levar à poluição hídrica, ameaçando a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos (Tesfaldet & Ndeh, 2023). A gestão adequada de resíduos sólidos é essencial para preservar a disponibilidade de água limpa e segura. Além disso, a presença do vírus SARS-CoV-2 nas águas residuais destaca o tratamento de águas residuais para melhorar a qualidade da água. Por isso, é necessário adotar medidas de proteção e gestão para preservar os recursos hídricos durante a pandemia.

Tesfaldet & Ndeh (2023) ressaltam a necessidade de implementar estratégias de gerenciamento de resíduos eficazes, como a remoção de microplásticos e o tratamento adequado de resíduos médicos, para proteger a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos. Além disso, destaca-se a indispensabilidade de desenvolver tecnologias avançadas de tratamento de águas residuais para inativar o vírus SARS-CoV-2 e eliminar compostos farmacêuticos presentes nas águas residuais hospitalares. A preservação da qualidade da água requer a adoção de práticas de turismo sustentável, a implementação de políticas de gestão de resíduos sólidos adequadas e a coordenação regional para proteger os corpos hídricos. Essas ações são essenciais para enfrentar os desafios relacionados à pandemia e garantir a segurança e a sustentabilidade dos sistemas hídricos.

O artigo enfatiza a necessidade de implementar estratégias de gerenciamento de resíduos eficazes para lidar com o descarte de máscaras faciais, contribuindo para a preservação da qualidade da água (Jiang *et al.*, 2022). Para Sharma *et al.* (2021), as implicações ambientais e a gestão inadequada de resíduos sólidos na qualidade da água. A poluição causada pelo descarte inadequado de resíduos sólidos afeta a disponibilidade de água limpa e segura para consumo humano e outros usos. Para os autores, a demanda da abordagem de economia circular e do gerenciamento sustentável de resíduos sólidos, bem como o investimento em setores verdes e a coordenação regional em relação ao meio ambiente e aos recursos naturais. Essas medidas contribuem para a preservação dos recursos hídricos e a promoção da

sustentabilidade em todas as áreas relacionadas à água (Abuwatfa *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2021). Abuwatfa *et al.* (2021) também destacam o carência de desenvolver estratégias de remoção de microplásticos na água para preservar os ecossistemas aquáticos. Eles enfatizam a necessidade de pesquisa sobre a ocorrência, detecção, toxicidade e remoção de microplásticos, visando a proteção e preservação dos recursos hídricos.

Jiang *et al.* (2022) abordam a geração de resíduos e poluição relacionados ao uso de máscaras faciais descartáveis durante a pandemia de COVID-19, destacando sua influência no ciclo da água. O estudo identifica as máscaras como uma fonte significativa de poluição por microplásticos na água e examina os fatores ambientais que afetam sua liberação. Foi estimado que a China fabricou 450 milhões de máscaras descartáveis por dia em 2020 (Tabatabaei *et al.*, 2021), e o mundo consumiu 129 bilhões de máscaras descartáveis por dia durante a epidemia de COVID-19 (Li *et al.*, 2022). As máscaras descartáveis são eficazes na prevenção da propagação da COVID-19, porém, devido à falta de orientação, as máscaras descartadas pelo público podem resultar em grave poluição plástica (Kutralam-Muniasamy *et al.*, 2022). A cada ano, aproximadamente 1,59 bilhão de máscaras penetram no ecossistema marinho, de acordo com uma pesquisa da *OceansAsia* (Mghili *et al.*, 2022).

Para obter informações mais detalhadas sobre o tipo de microplásticos (MPs), Jiang *et al.* (2022) utilizaram a análise por Espectroscopia Infravermelha Direta por Laser (LDIR) no lixiviado de uma máscara facial médica usada, em que as fibras de PU (poliuretano) e PP (polipropileno) representam 57,1% e 24,5% das microfibras liberadas, respectivamente. As microfibras liberadas eram compostas de PS (poliestireno), PA (poliamida), PE (polietileno) e PET (tereftalato de polietileno). Uma máscara médica liberou  $1043 \pm 155$  partículas/(peça x dia) de microplásticos em água pura. Fatores externos, como temperatura, tempo de incubação e tempo de uso, promovem significativamente a liberação de microplásticos das máscaras descartáveis. Além disso, espécies solúveis relacionadas à acidez, alcalinidade, NaCl (cloreto de sódio) e HA (ácido hialurônico) também contribuíram para a liberação de microplásticos das máscaras. A abrasão mecânica, erosão, expansão e descolagem das fibras nas máscaras agravaram a liberação de microplásticos.

As fibras médias (100–500  $\mu\text{m}$ ) e as partículas mais finas ( $\leq 100$   $\mu\text{m}$ ) foram as principais microplásticos liberadas. Também, Jiang *et al.* (2022) simularam a liberação de microplásticos das máscaras em água doce, água do mar e fluido intestinal. Em termos de controle da poluição dos microplásticos liberados pelas máscaras, um processo de flotação por espuma combinado com CAPB (cocamidopropil betaína) de 4 mg/L foi proposto de forma inovadora, e 86,6% dos microplásticos foram removidos. A cinética de flotação confirmou que o CAPB melhorou a taxa de remoção final e a velocidade de flotação.

Zambrano *et al.* (2022) relacionam os impactos da pandemia de COVID-19 com o setor de abastecimento de água no Brasil. O artigo destaca os desafios enfrentados pelo setor, como a inadimplência e as medidas de emergência relacionadas ao vírus, afetando a disponibilidade e a qualidade da água fornecida à população. A resiliência e o desempenho organizacional do setor de água são destacados como importantes para lidar com os impactos da pandemia e fortalecer a gestão e a infraestrutura de água (Mousazadeh *et al.*, 2022).

Boron *et al.* (2022), que discorrem sobre o impacto do turismo na qualidade da água, destaca a necessidade de monitorar e preservar a qualidade da água, implementar políticas e práticas de gestão adequadas para proteger os recursos hídricos.

Os autores Hernández *et al.* (2021) ressaltam a influência da pressão antrópica relacionada ao turismo na qualidade da água, destacando as práticas de turismo sustentável e políticas públicas que visem minimizar os impactos do turismo na qualidade da água.

Zhao *et al.* (2022) enfatizam a gestão e o descarte seguros de resíduos médicos durante a pandemia de COVID-19, relacionando-se diretamente ao tema da água. O descarte inadequado de resíduos médicos pode contaminar a água potável e os recursos hídricos. A necessidade de gestão apropriada desde a coleta até o descarte final, com tecnologias de eliminação de emergência, como a incineração e a desinfecção, é mencionada por Achak *et al.*, 2021, além de tratar das vantagens da compatibilidade dos resíduos e da adoção de medidas adequadas de separação para garantir a segurança e eficiência do descarte.

Ardusso *et al.* (2021) relacionam a poluição plástica em praias e ambientes costeiros durante a pandemia de COVID-19 com o uso crescente de equipamentos

de proteção individual descartáveis. Junto com Wiktorczyk *et al.* (2021), destacam a necessidade de reduzir o uso de plásticos, melhorar o tratamento de esgoto e a gestão de resíduos para proteger a qualidade da água e preservar os ecossistemas aquáticos.

Chirani *et al.* (2021) abordam a urgência de evitar a inclusão de materiais perigosos em águas residuais e lamas provenientes do uso de sabonetes tradicionais. Os autores destacam as alternativas sustentáveis para a produção de sabonetes, visando reduzir os impactos negativos na qualidade da água e proteger os recursos hídricos.

Bandala *et al.* (2021) discutem os impactos da pandemia de COVID-19 no ciclo da água, com ênfase nas águas residuais e superficiais, e sua relação com a geração de resíduos e poluição. Destaca a necessidade de abordagens emergentes, como a epidemiologia baseada em águas residuais, para complementar a identificação e quantificação do vírus. Os autores ressaltam o desenvolvimento de sensores precisos e acessíveis para monitorar o vírus em águas residuais e superficiais (Lahrich *et al.*, 2021).

Parida *et al.* (2022) discutem a geração de águas residuais e resíduos biomédicos por hospitais e os desafios na gestão de água. Ressaltam a necessidade de métodos avançados de tratamento para remover contaminantes emergentes presentes nas águas residuais hospitalares. Albornoz *et al.* (2021) citam a importância de descrever todas as etapas do manuseio e descarte de resíduos biomédicos para minimizar os riscos à saúde e ressaltam a necessidade de medidas adequadas para o descarte seguro desses resíduos.

Mousazadeh *et al.* (2022) discutem a necessidade do tratamento de águas residuais para remover o vírus SARS-CoV-2 e melhorar a qualidade da água. Eles exploram diferentes técnicas de tratamento, como processos avançados de oxidação, destacando sua eficácia na inativação do vírus. O estudo ressaltam a necessidade de procedimentos adequados de tratamento antes de reintroduzir a água tratada em corpos d'água.

Albornoz *et al.* (2021) abordam os desafios relacionados ao uso de medicamentos como cloroquina, hidroxicloroquina, ivermectina e azitromicina no tratamento da COVID-19. Hernández *et al.* (2021) também abordam a poluição de ambientes aquáticos devido ao descarte inadequado de antibióticos e seus resíduos, ressaltando

os impactos no meio ambiente, na cadeia alimentar e na saúde humana. Os autores destacam as preocupações ambientais decorrentes do descarte inadequado dessas substâncias nos efluentes e enfatizam a necessidade de métodos avançados de tratamento, como a foto catálise, para remover completamente esses compostos, assim como a necessidade de estabelecer políticas regulatórias globais.

Achak *et al.* (2021) discutem a presença do SARS-CoV-2 em águas residuais hospitalares e a importância de tecnologias eficazes de desinfecção para inativar o vírus. Lahrach *et al.* (2021) destacam a detecção do material genético do SARS-CoV-2 nas águas residuais e sua relevância na monitorização da propagação da COVID-19. Wiktorczyk *et al.* (2021) discutem os desafios na detecção e concentração do SARS-CoV-2 nas águas residuais, ressaltando a demanda de entendimento da degradação e persistência do vírus no ambiente aquático. Eles enfatizam a necessidade contínua de desenvolver tecnologias mais seguras e eficientes para monitorar e limitar a transmissão do vírus por meio das águas residuais hospitalares.

#### 4.4.4 Solo

O descarte inadequado de máscaras faciais no meio ambiente terrestre, conforme discutido por Tesfaldet e Ndeh (2022), pode levar à contaminação do solo. As máscaras faciais são compostas principalmente por materiais plásticos que levam muito tempo para se decompor, o que pode resultar na acumulação de resíduos no solo. Isso representa uma fonte de poluição e pode contribuir para a degradação da qualidade do solo. Para Tesfaldet e Ndeh (2022) há o risco de emaranhamento de animais terrestres e marinhos nessas máscaras, representando uma ameaça à vida e à biodiversidade do solo, uma vez que organismos do solo desempenham um papel crucial na saúde e fertilidade do solo.

Em relação aos impactos da pandemia de COVID-19 nos sistemas agrícolas, Stephens *et al.* (2022) analisaram os efeitos iniciais da pandemia em oito regiões globais. A pesquisa revelou que a pandemia teve impactos significativos e, por vezes, surpreendentes nos sistemas agrícolas. A segurança alimentar das populações de baixa renda foi afetada e houve ameaças ao capital humano, natural, institucional e econômico a longo prazo.

Embora tenham sido identificados casos de resiliência em alguns sistemas agrícolas, para Stephens *et al.* (2022), essa capacidade não era universalmente acessível. Diante disso, é evidente a necessidade de fortalecer os grupos vulneráveis, os sistemas agrícolas e as populações mais afetadas pela pandemia, a fim de mitigar perdas e preservar a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

#### 4.4.5 Resíduos

A geração de resíduos durante a pandemia de COVID-19 se tornou uma preocupação global devido ao aumento do uso de equipamentos de proteção individual, como máscaras faciais, e a interrupção na gestão adequada desses resíduos (Jiang *et al.*, 2022). Essa situação contribuiu para a poluição plástica e outros problemas ambientais, afetando a saúde humana e animal. Nesse contexto, diversos estudos abordam a poluição e os resíduos relacionados à pandemia, discutindo desafios, impactos ambientais e possíveis soluções. Os artigos exploram diferentes aspectos dessa problemática e propõem estratégias para mitigar a poluição e melhorar a gestão de resíduos durante a pandemia.

Os dois anos que a COVID 19 mais impactou o mundo, o descarte inadequado de máscaras faciais no meio ambiente tem se tornado uma preocupação crescente. Estudos, como o de Oliveira *et al.* (2023), apontam para os problemas relacionados à biodegradabilidade das máscaras, a liberação de contaminantes e seus potenciais efeitos ecotoxicológicos. Para os autores esses descartes inadequados contribuíram para a poluição global, os quais afetaram negativamente ecossistemas terrestres e aquáticos. Ainda para Oliveira *et al.* (2023), a falta de pesquisas abrangentes sobre a biodegradação e a eco toxicidade das máscaras faciais e seus contaminantes associados dificulta a compreensão completa de seu impacto ambiental. Por isso, é crucial incentivar estudos que investiguem a quantidade e composição desses contaminantes, tanto antes como depois da pandemia. Além disso, testes de biodegradação e eco toxicidade devem ser realizados em ambientes relevantes.

Estudos, como o de Jiang *et al.* (2022), investigam a geração de resíduos e poluição relacionados ao uso de máscaras faciais descartáveis durante a pandemia. No trabalho, são identificados o polipropileno (PP) e o poliuretano (PU) presentes nas máscaras como as principais fontes de microplásticos liberados. De acordo com os autores, esses materiais contribuem significativamente para a poluição por

microplásticos. O estudo também analisa como fatores ambientais, como temperatura, tempo de uso e composição química, afetam a liberação de microplásticos pelas máscaras. Esses fatores ambientais são identificados como influenciadores significativos na dispersão das fibras e na liberação de microplásticos no ambiente. Os resultados indicam que a contaminação de ecossistemas aquáticos pela poluição de microplásticos provenientes das máscaras faciais descartáveis é uma preocupação, sendo mais pronunciada em águas marinhas. O estudo propõe uma estratégia inovadora de remoção de microplásticos que combina flotação com cocoamidopropil betaína, alcançando uma eficiência de remoção de 86% dos microplásticos na água, visando controlar a poluição por microplásticos e mitigar seus impactos negativos no meio ambiente e na saúde dos ecossistemas aquáticos.

Shekoohiyan *et al.* (2023) analisam a quantidade e composição dos resíduos sólidos urbanos durante a pandemia de COVID-19. O estudo destaca a importância de melhorar o plano de gestão de resíduos para reduzir os impactos ambientais, propondo o aumento da taxa de reciclagem como uma opção favorável.

A abordagem de Tesfaldet e Ndeh (2022) quanto ao descarte inadequado de máscaras faciais durante a pandemia e os impactos ambientais resultantes, destaca a necessidade de adotar estratégias para mitigar esse impacto, como o gerenciamento de resíduos, a diversificação de materiais ecologicamente corretos para as máscaras e a conscientização pública sobre o descarte adequado.

O enfoque de Rowan (2023) é a gestão adequada dos resíduos durante a pandemia, com foco na reutilização segura de equipamentos de proteção individual. O artigo destaca a promoção de abordagens sustentáveis para a gestão de resíduos e dispositivos médicos descartáveis, a fim de proteger o meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Zhao *et al.* (2022) discutem a geração e eliminação de resíduos médicos durante a pandemia, destacando o cuidado de realizar um descarte adequado e seguro. Os autores exploram diversas tecnologias de eliminação emergencial e ressaltam a necessidade de ações em todas as etapas do ciclo de vida dos resíduos médicos,

[...] Com base no risco ambiental e na adaptabilidade técnica, são recomendadas seis tecnologias de eliminação de resíduos médicos em emergências, em ordem de prioridade: esterilização por micro-ondas móvel, esterilização a vapor móvel, incineração móvel, co-incineração com resíduos perigosos, co-incineração com resíduos sólidos urbanos (médicos) e co-

disposição em fornos de cimento. Os resíduos médicos e infecciosos devem ter prioridade para serem eliminados usando instalações centrais e móveis de eliminação, enquanto os resíduos médicos não infecciosos podem ser eliminados usando instalações de co-disposição.

Boron *et al.* (2022) analisam a influência da pressão antrópica relacionada ao turismo na qualidade da água e destaca a urgência de estratégias sustentáveis para dispositivos médicos descartáveis.

A pandemia de COVID-19 também trouxe um aumento significativo no uso de plásticos descartáveis, como luvas e frascos de desinfetantes, como avaliado por Mohana *et al.* (2023), que relatam que se estima que cerca de 1,6 milhão de toneladas de resíduos plásticos tenham sido gerados durante esse período. Para os autores, esses resíduos, juntamente com outros plásticos domésticos, contribuem para a poluição ambiental. Apontam os autores também que conforme esses resíduos plásticos se decompõem, eles se transformam em microplásticos e nanoplásticos, que são prejudiciais aos ecossistemas e podem carregar contaminantes patogênicos.

A poluição por plásticos, especialmente a formação de microplásticos, tornou-se uma preocupação global comparável ao aquecimento global. A contaminação de ecossistemas aquáticos é um dos principais impactos, considerando a grande quantidade de máscaras e outros equipamentos de proteção individual descartados que contêm plásticos não facilmente degradáveis.

Para enfrentar o problema da poluição plástica, é necessário adotar medidas como a promoção de alternativas biodegradáveis, educação sobre o uso responsável, reutilização, reciclagem e gestão adequada de plásticos. A ação governamental também desempenha um papel fundamental na implementação de regras e regulamentos relacionados ao uso de plásticos.

Rai *et al.* (2023) discute os impactos ambientais e à saúde dos resíduos plásticos durante a pandemia de COVID-19. O estudo enfatiza a importância de adotar uma abordagem adequada de gestão de resíduos e explorar tecnologias que promovam uma economia circular sustentável. Abuwatfa *et al.* (2021), Silva *et al.* (2020) e Khoo *et al.* (2021) discutem a geração de resíduos e poluição relacionados aos microplásticos, com ênfase no acúmulo proveniente do uso de máscaras faciais descartáveis durante a pandemia de COVID-19. O estudo destaca a adsorção como

um método eficiente para remover microplásticos e explora o potencial do *biochar* como adsorvente emergente.

Dey *et al.* (2023) destacam o aumento da poluição por resíduos plásticos devido ao uso generalizado de equipamentos de proteção individual (EPI), como máscaras faciais feitas de polipropileno (PP). Junto com Dharmaraj *et al.* (2021), eles propõem a pirólise como uma abordagem integrada para a reciclagem desses resíduos plásticos de PP, destacando seus benefícios em termos de menor impacto climático e de uso de energia em comparação com a geração tradicional de energia a partir de resíduos plásticos brutos. Abhilash e Inamdar (2021) discutem a degradação microbiana como uma opção ecologicamente vantajosa para o tratamento de resíduos plásticos contaminados.

Silva *et al.* (2021) discutem os desafios relacionados aos resíduos plásticos durante a pandemia de COVID-19, destacando o aumento do descarte de resíduos potencialmente infecciosos, como máscaras, que agravam a poluição plástica e ameaçam a saúde humana e animal. O artigo propõe estratégias inovadoras e políticas eficazes para melhorar a gestão de resíduos, reduzir a poluição plástica e alcançar a sustentabilidade ambiental.

A abordagem de Dharmaraj *et al.* (2022) menciona o aumento no uso de plásticos durante a pandemia e destaca a pirólise e a gaseificação como alternativas eficientes de gerenciamento de resíduos plásticos. Esses processos termoquímicos oferecem uma solução para o tratamento adequado dos resíduos plásticos, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e contribuindo para a produção de energia.

Ali *et al.* (2023) discorre sobre a poluição plástica e os desafios adicionais decorrentes da pandemia de COVID-19. O artigo destaca a importância de se concentrar na biodegradação do plástico como alternativa para lidar com a poluição plástica, mencionando a aplicação de ferramentas como a biologia sintética e a engenharia metabólica.

A geração de resíduos médicos durante a pandemia de COVID-19 também se tornou uma preocupação, principalmente em países como Bangladesh. Dihan *et al.* (2023) destacam que o aumento na geração de resíduos médicos relacionados aos processos de tratamento, testagem e vacinação da COVID-19 tem um impacto significativo na poluição ambiental. O estudo propõe o uso de técnicas de tratamento

mais adequadas, como a incineração com recuperação de energia e a esterilização por micro-ondas, para minimizar o impacto ambiental desses resíduos. Além disso, enfatiza o treinamento adequado em gerenciamento de resíduos de saúde, implementação de regulamentos rígidos e colaboração entre organizações de saúde e o governo.

Parida *et al.* (2022) abordam a geração de águas residuais e resíduos biomédicos por hospitais, que se intensificou durante a pandemia de COVID-19. Países de alta renda geram cerca de 466 m<sup>3</sup>/dia de resíduos de serviços de saúde e de 2 a 4 kg de resíduos médicos de cuidados de saúde por leito/dia, enquanto países de baixa renda geram cerca de 95 m<sup>3</sup>/dia de resíduos de serviços de saúde e de 4 a 6 kg de resíduos médicos de cuidados de saúde por leito/dia. Os autores destacam a importância do tratamento adequado desses resíduos para evitar impactos negativos no meio ambiente. Os métodos convencionais de tratamento geralmente removem apenas uma porcentagem limitada (de 50 a 70%) dos contaminantes emergentes presentes nas águas residuais hospitalares, e muitos países ainda não implementaram técnicas avançadas de tratamento. É ressaltada a necessidade de adotar técnicas.

Ojha *et al.* (2022) abordam os desafios relacionados aos resíduos biomédicos durante a pandemia de COVID-19. O estudo destaca a necessidade de microgerenciar esses resíduos e explorar novas tecnologias de tratamento, além de melhorar a infraestrutura existente. Albornoz *et al.* (2021) aborda os possíveis impactos ambientais dos resíduos que contêm medicamentos utilizados no tratamento da COVID-19. O estudo destaca a importância de pesquisas sobre os processos de tratamento de efluentes para remover completamente esses compostos. Mukherjee *et al.* (2021) discutem a disseminação do vírus em diferentes ambientes e a essencialidade de medidas de controle verde para prevenir a propagação adicional do vírus, bem como a implementação de tecnologias verdes para a remoção, controle e monitoramento sistemático de poluentes atmosféricos e cargas virais. Wiktorczyk *et al.* (2021) destacam a necessidade de estudos epidemiológicos baseados na água para avaliar a contaminação do ambiente pelo SARS-CoV-2, a seleção adequada de equipamentos em ambientes hospitalares e o gerenciamento de resíduos para limitar a propagação do vírus.

Filho *et al.* (2021) destacam que intervenções para reduzir a poluição doméstica são imprescindíveis, incluindo a gestão adequada de resíduos e a promoção de práticas sustentáveis.

Chen *et al.* (2021) destacam que a sustentabilidade energética e da neutralidade de carbono como prioridades futuras são extremamente importantes. O estudo analisa o impacto da pandemia de COVID-19 na energia, meio ambiente e custos, enfatizando a necessidade de repensar os padrões de consumo de energia no setor doméstico e promover alternativas ecológicas no setor de transportes. São mencionadas iniciativas e objetivos para reduzir as emissões atmosféricas, a pegada de carbono e o consumo de energia.

Chirani *et al.* (2021) destacam as preocupações ambientais decorrentes do aumento na demanda por produtos de higiene, como sabonetes, durante a pandemia de COVID-19. Eles ressaltam a presença de ingredientes tóxicos nos sabonetes tradicionais e o uso de embalagens descartáveis, o que agrava os impactos ambientais desses produtos. O estudo defende a busca por alternativas sustentáveis na produção e embalagem de sabonetes, enfatizando o uso de matérias-primas biodegradáveis e sustentáveis, como cascas de amêndoas, óleos extraídos de sementes e gordura reciclada da indústria do couro. Esses sabonetes biodegradáveis são formulados sem o uso de matérias-primas auxiliares sintéticas e ingredientes tóxicos, tornando-os mais amigáveis ao meio ambiente.

Os artigos analisados abordam diferentes aspectos da poluição e dos resíduos relacionados à pandemia de COVID-19. Eles destacam desafios, impactos ambientais e propõem soluções e estratégias para mitigar a poluição plástica, melhorar a gestão de resíduos e promover práticas mais sustentáveis. A contaminação por microplásticos e a liberação de contaminantes emergentes nas águas residuais e resíduos médicos também são questões abordadas. Os artigos enfatizam a urgência de encontrar alternativas sustentáveis, como materiais biodegradáveis, reciclagem adequada, implementação de regulamentos e colaboração entre diferentes partes interessadas para mitigar os impactos ambientais e promover uma gestão mais adequada e responsável dos resíduos durante a pandemia de COVID-19. Diversos artigos se relacionam ao abordar a geração de resíduos e poluição durante a pandemia de COVID-19, com foco especial nos impactos EPIs de plástico. Eles

exploram soluções sustentáveis, como a pirólise e a degradação microbiana, para o tratamento e reciclagem desses resíduos plásticos. Além disso, destacam a melhoria da gestão de resíduos, promoção da conscientização pública e implementação de medidas de controle ambiental para minimizar os danos causados pela poluição e a propagação do vírus em diferentes ambientes. Em conjunto, esses estudos fornecem considerações valiosas para lidar com os desafios ambientais e de saúde pública relacionados à pandemia de COVID-19.

As discussões estão alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destacando a importância de abordar essas questões para alcançar metas de sustentabilidade e proteger o meio ambiente. A conscientização, a educação, a adoção de tecnologias inovadoras e a implementação de políticas adequadas são elementos-chave para lidar com a poluição e os resíduos durante a pandemia e após.

#### 4.4.6 Tratamento de Esgoto

O tratamento de esgoto desempenha um papel de extrema relevância durante a pandemia de COVID-19. Ele é fundamental para proteger a saúde pública e prevenir a propagação de patógenos, incluindo o vírus SARS-CoV-2.

Uma das principais razões pela qual o tratamento de esgoto é tão relevante durante a pandemia é a capacidade de remover patógenos, como vírus, bactérias e parasitas, presentes nas fezes humanas (Borón *et al.*, 2022). Segundo os autores, isso é crucial para evitar a disseminação de doenças infecciosas por meio da água contaminada. Além disso, o tratamento adequado de esgoto é essencial para proteger os trabalhadores que atuam no setor de saneamento. Esses profissionais estão expostos a riscos de contaminação, e o tratamento de esgoto reduz a presença de patógenos nas águas residuais, minimizando o risco de exposição e protegendo sua saúde.

O monitoramento do esgoto também se mostrou uma ferramenta valiosa para rastrear a propagação do vírus. Segundo estudo de Achak *et al.* (2021), a detecção do material genético do SARS-CoV-2 em amostras de esgoto pode fornecer informações importantes sobre a presença e a extensão da infecção em uma comunidade, permitindo a implementação de medidas de saúde pública e a alocação adequada de recursos. Além dos benefícios diretos para a saúde pública, o tratamento adequado de esgoto também previne a contaminação ambiental. Para os autores, isso é essencial para proteger corpos d'água, solos e lençóis freáticos de patógenos e substâncias químicas nocivas, preservando o meio ambiente e evitando fontes potenciais de infecção.

Sharma *et al.* (2021) mencionam a importância do gerenciamento adequado de resíduos sólidos, que está intimamente relacionado à gestão sustentável dos recursos hídricos e ao tratamento de esgoto. O texto destaca a necessidade de adotar uma abordagem de economia circular no sistema de gestão de resíduos sólidos, valorizando os recursos e prolongando a vida útil dos produtos. Isso reduz a geração de resíduos e minimiza a poluição causada pelo descarte inadequado. Além disso, o texto ressalta a indispensabilidade do acesso a serviços adequados e seguros de coleta de resíduos sólidos para evitar a poluição e a contaminação da água. Fortalecer o investimento em setores verdes e descentralizar os sistemas de resíduos também são ações relevantes para a gestão de água e tratamento de esgoto.

Zambrano, Imani e Cunha (2022) destacam temas como conscientização ambiental, envolvimento público, capacitação e educação contínua. O artigo ressalta a importância da conscientização sobre a resiliência do setor de água e os desafios enfrentados durante a pandemia de COVID-19. Além disso, enfatiza a necessidade de envolvimento público na melhoria da resiliência do setor, envolvendo a sociedade civil, usuários de água e outros atores relevantes na tomada de decisões e implementação de práticas sustentáveis. A capacitação e educação ambiental são essenciais para desenvolver habilidades e conhecimentos necessários para enfrentar desafios ambientais e promover a participação ativa do público na gestão sustentável da água.

Zhao *et al.* (2022) e Parida *et al.* (2022) dissertam sobre a gestão e o descarte de resíduos médicos durante a pandemia de COVID-19. Os autores destacam a necessidade de eliminação segura de resíduos médicos, considerando a contaminação da água e do meio ambiente. Também mencionam a necessidade de tecnologias de tratamento adequadas e a coordenação inter-regional de resposta a emergências para garantir a gestão adequada dos resíduos e evitar a contaminação da água.

Bandala *et al.* (2021) abordam os impactos da pandemia de COVID-19 no ciclo da água, com foco nas águas residuais e superficiais. O estudo destaca os desafios relacionados à qualidade da água, presença da carga viral nos efluentes de águas residuais e medidas necessárias para proteger os recursos hídricos. Também ressalta que compreender a transmissibilidade do vírus em diferentes condições ambientais é fundamental, assim como desenvolver tecnologias para monitorar e tratar a água de maneira segura.

#### 4.4.7 Setor Econômico

A aplicação de novas alternativas ecológicas tem implicações econômicas significativas, pois a transição para práticas mais sustentáveis pode levar a benefícios econômicos a longo prazo. A economia circular, baseada na redução, reutilização e reciclagem de materiais, pode criar oportunidades de negócios inovadores e sustentáveis, impulsionando o desenvolvimento de setores econômicos relacionados (Rai *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2021).

A gestão adequada dos resíduos plásticos também pode gerar empregos na indústria de reciclagem e no setor de gestão de resíduos. Além disso, a aplicação de novas alternativas ecológicas ajuda a reduzir os custos associados à poluição e aos impactos ambientais negativos causados pela geração de resíduos plásticos (Rai *et al.*, 2023).

A abordagem de Khoo *et al.* (2021) conclui que a economia circular sustentável é necessária para lidar com a geração de resíduos plásticos. Isso envolve repensar os padrões de consumo, reduzindo o uso excessivo de plásticos descartáveis e promovendo a reutilização, reciclagem e o uso de materiais mais sustentáveis.

Para Dharmaraj *et al.* (2021), a pirólise é uma alternativa ecológica que pode transformar esses resíduos em produtos de valor agregado, contribuindo para a economia circular. Além disso, a adoção de práticas sustentáveis de gerenciamento de resíduos, como a pirólise, pode levar à redução de custos a longo prazo e diminuir a dependência de aterros sanitários e incineração.

Para os autores Stephens *et al.* (2022), a pandemia de COVID-19 teve impactos significativos nos sistemas agrícolas, ameaçando a segurança alimentar e o capital humano, natural, institucional e econômico a longo prazo. Segundo eles, a transformação dos sistemas agroalimentares é essencial para enfrentar futuros desafios e garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade econômica a longo prazo. Isso inclui a implementação de medidas que tornem os sistemas agrícolas mais resilientes e capazes de lidar com crises, como a pandemia.

A pandemia de COVID-19 também teve um impacto profundo na economia global, resultando em restrições, *lockdowns* e consequências negativas para a atividade econômica. Setores como turismo, hospitalidade, aviação e entretenimento foram especialmente afetados, enfrentando dificuldades financeiras e perda de empregos.

Além disso, a pandemia também acentuou as desigualdades econômicas existentes, afetando trabalhadores informais e setores de baixa remuneração. Governos implementaram pacotes de estímulo econômico para mitigar os impactos, estimulando a demanda e mantendo a atividade econômica (Jebaranjitham *et al.*, 2022). A má gestão de resíduos sólidos pode ter custos significativos para a sociedade em termos de saúde pública, degradação ambiental e limpeza de áreas contaminadas. Investimentos em tecnologias, infraestrutura e políticas são necessários para melhorar

a gestão de resíduos, o que pode ter um impacto econômico positivo, como a criação de empregos na indústria de reciclagem e o desenvolvimento de setores econômicos relacionados à economia circular.

Durante a pandemia de COVID-19, o gerenciamento de resíduos médicos tornou-se ainda mais desafiadora. A aplicação de conceitos como a avaliação do ciclo de vida e a economia circular pode minimizar o impacto ambiental dos resíduos médicos. Técnicas de tratamento adequadas, como a incineração com recuperação de energia e a esterilização por micro-ondas, são recomendadas para reduzir o impacto ambiental. A implementação de regulamentos rigorosos e a colaboração entre organizações de saúde e o governo são essenciais para controlar a geração de resíduos médicos (Dihan *et al.* (2023)).

Em resumo, a gestão adequada de resíduos sólidos, incluindo resíduos plásticos e médicos, durante a pandemia de COVID-19 é essencial para reduzir os impactos econômicos e ambientais. Abordagens como a economia circular e a pirólise de resíduos plásticos apresentam oportunidades econômicas e podem contribuir para a sustentabilidade econômica a longo prazo. Além disso, a transformação dos sistemas agrícolas é necessária para garantir a segurança alimentar e a resiliência econômica.

#### 4.4.8 Setor Energético

A pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo em diferentes setores da economia global, incluindo o setor energético. Durante esse período desafiador, foram observadas mudanças nos padrões de consumo, restrições de mobilidade e interrupções nas cadeias de abastecimento, resultando em consequências econômicas e ambientais. Nesse contexto, diversos estudos têm explorado as implicações da pandemia no setor energético, examinando aspectos como o consumo de energia, as emissões atmosféricas, as fontes de energia renovável e as soluções sustentáveis. A análise desses estudos proporciona uma compreensão mais abrangente dos desafios enfrentados e das oportunidades emergentes no caminho para uma transição energética mais limpa e resiliente.

Chen *et al.* (2021) analisaram o impacto da pandemia de COVID-19 na energia, meio ambiente e custos, utilizando Portugal como estudo de caso. O artigo destacou a redução no consumo de energia, nas emissões atmosféricas, na pegada de carbono e nos custos associados a diferentes setores, como Transportes, Serviços, Indústria

e Agricultura e Pescas. Como resultado, tornou-se evidente a necessidade de repensar os padrões de consumo de energia e promover o uso de fontes de energia renováveis para alcançar a neutralidade de carbono e um crescimento sustentável da economia.

Jamei *et al.* (2022) examinaram especificamente o consumo de energia de iluminação durante os bloqueios impostos durante a pandemia em Melbourne. O estudo revelou uma oportunidade de análise do consumo de energia nesse contexto específico, fornecendo insights sobre os padrões de uso de energia durante períodos de restrição de movimento. Além disso, o artigo destacou a importância da transição para fontes de energia limpas como parte de estratégias de planejamento urbano sustentável, enfatizando a descarbonização do setor elétrico como uma medida crucial para reduzir o impacto ambiental e promover uma maior sustentabilidade energética.

Rai *et al.* (2023) discutiram o potencial das tecnologias de conversão termoquímica, como a pirólise e a gaseificação, na gestão dos resíduos plásticos durante a pandemia. Essas tecnologias permitem a transformação dos resíduos plásticos em energia, como combustíveis e calor, e em produtos de valor agregado. Além de reduzir o volume de resíduos, essas tecnologias contribuem para a diversificação da matriz energética, a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis e a redução das emissões de gases de efeito estufa.

A pandemia de COVID-19 gerou desafios sem precedentes para o setor energético, mas também abriu oportunidades para a adoção de soluções mais sustentáveis. Os estudos discutidos destacam que é essencial repensar os padrões de consumo de energia, promover fontes de energia renováveis, investir em tecnologias de conversão e gerenciar de forma eficiente os resíduos. A transição para um sistema energético mais limpo e resiliente não apenas contribuirá para a mitigação das mudanças climáticas, mas também impulsionará o desenvolvimento econômico e social a longo prazo. É fundamental que governos, indústrias e sociedade como um todo colaborem para enfrentar os desafios e construir um futuro energético mais sustentável.

#### 4.4.9 Biodiversidade

A relação entre a pandemia de COVID-19 e a biodiversidade é explorada em diferentes artigos. Gatti *et al.* (2021) destacam como a pressão sobre a diversidade,

tanto humana quanto biológica e geológica, contribuiu para o surgimento da pandemia e agravou seus impactos. O artigo ressalta que as políticas públicas são cruciais na proteção e promoção da diversidade como parte das intervenções eficazes para enfrentar as pandemias. Para recuperar a diversidade humana, biológica e geológica, é fundamental adotar uma série de políticas públicas abrangentes e integradas.

Algumas dessas políticas incluem a conservação e restauração de ecossistemas, a proteção de áreas naturais por meio da criação e expansão de áreas protegidas, o estímulo à agricultura ecológica e sustentável, a promoção do uso responsável de recursos naturais, a proteção de espécies ameaçadas por meio de programas de conservação específicos, a implementação de programas educacionais para aumentar a conscientização sobre a importância da biodiversidade, o desenvolvimento de políticas de planejamento urbano e rural que considerem o meio ambiente, o investimento em pesquisa científica e monitoramento para avaliar o estado da biodiversidade, a promoção do turismo sustentável e a integração de conhecimentos tradicionais sobre a biodiversidade e gestão de recursos naturais. A aliança entre justiça ambiental e justiça social é enfatizada como essencial para a recuperação da diversidade e a segurança da saúde.

Por outro lado, Ekanayake *et al.* (2023) abordam a interconexão entre a pandemia de COVID-19 e a biodiversidade, destacando como as pressões humanas contribuíram para o surgimento da pandemia e afetaram a diversidade em diferentes esferas. O estudo também destaca os impactos ambientais da pandemia, como a poluição da água e o aumento da geração de resíduos, que podem afetar negativamente os ecossistemas e a biodiversidade. A proteção e promoção da diversidade são enfatizadas como essenciais para enfrentar a pandemia e futuras crises de saúde e ambientais.

Além disso, Wang *et al.* (2022) ressaltam que os fatores ambientais são primordiais nas respostas de emergência em saúde pública. O artigo destaca a necessidade de considerar os aspectos ambientais na preparação e resposta a emergências relacionadas a infecções virais, como a pandemia de COVID-19. A proteção ambiental, a vigilância viral em animais e locais críticos e o aprimoramento dos sistemas de alerta precoce são mencionados como medidas fundamentais. O conceito

de *One Health* é enfatizado como uma abordagem abrangente que reconhece a interconexão entre saúde humana e ambiental.

Esses estudos ressaltam a importância da biodiversidade e sua relação com a pandemia de COVID-19. Eles destacam a necessidade de políticas públicas e estratégias de gestão que protejam e restaurem a diversidade, levando em consideração os aspectos sociais, ambientais e de saúde. A conservação da biodiversidade e a adoção de práticas sustentáveis são essenciais para a saúde do planeta e para lidar com futuras crises. Além disso, reconhecem que os fatores ambientais são essenciais, assim como a interconexão entre saúde humana e meio ambiente nas respostas de emergência em saúde pública.

#### 4.4.10 Relação bidirecional entre a pandemia de COVID-19 e o meio ambiente

A pandemia afetou o meio ambiente de várias formas, como a redução da poluição do ar durante os *lockdowns* e restrições de mobilidade. Por outro lado, o meio ambiente também influencia a pandemia, por exemplo, através da transmissão do vírus por meio de animais ou da contaminação de águas e solos. Além disso, a pandemia resultou em um aumento na geração de resíduos, principalmente plásticos descartáveis, o que pode ter impactos ambientais negativos. É importante reconhecer essa relação e buscar abordagens que promovam a saúde humana e a conservação do meio ambiente de forma integrada.

A pandemia de COVID-19 não apenas afetou a saúde pública e a economia global, mas também teve implicações significativas para o meio ambiente. A relação entre a pandemia de COVID-19 e o meio ambiente é discutida em dois artigos. Gatti *et al.* (2021) enfatizam a crucialidade da diversidade nas esferas geológica, biológica e humana e destaca como as pressões humanas, como o esgotamento da diversidade, contribuíram para o surgimento da pandemia e agravaram seus impactos. Além disso, destaca a importância da aliança entre justiça ambiental e justiça social na busca pela recuperação da diversidade e fortalecimento da segurança da saúde.

Por outro lado, Ekanayake *et al.* (2023) investigam a presença do vírus SARS-CoV-2 no ambiente, reconhecendo o papel do meio ambiente na transmissão do vírus. Embora ainda não tenha sido confirmada a infectividade dos genomas virais encontrados, ressalta-se a necessidade de uma abordagem epidemiológica baseada em dados concretos para entender melhor a transmissão do vírus por vias ambientais.

O artigo de Ekanayake *et al.* (2023) também destaca os impactos ambientais da pandemia, como a poluição da água, contaminação química e aumento da geração de resíduos não biodegradáveis. Medidas eficientes, como o uso de tecnologias de desinfecção ecológicas e estratégias de redução de resíduos plásticos, são mencionadas como formas de enfrentar esses desafios. Além disso, enfatiza-se a importância dos cientistas como intermediários do conhecimento, promovendo ações sustentáveis e reconhecendo a interconexão entre saúde humana e meio ambiente.

#### 4.4.11 Novas Alternativas Ecológicas

A pandemia de COVID-19 abriu caminho para a emergência de novas tecnologias e abordagens sustentáveis que visam enfrentar esses problemas de maneira mais eficiente e ecologicamente consciente. A necessidade de encontrar soluções alternativas ecológicas tornou-se ainda mais evidente durante esse período, à medida que a geração de resíduos médicos e plásticos aumentou consideravelmente.

Pesquisadores, especialistas e governos têm direcionado seus esforços para desenvolver e implementar estratégias que possam promover uma gestão mais sustentável dos recursos e reduzir os impactos ambientais negativos. Durante a pandemia de COVID-19, houve um aumento na geração de resíduos médicos, destacando a necessidade de encontrar alternativas ecológicas para o seu descarte adequado (Zhao *et al.*, 2022).

Nesse contexto, instalações móveis de descarte têm sido consideradas como uma opção viável, embora com capacidade limitada, para eliminar resíduos médicos infecciosos no local. No entanto, é necessário reformar essas instalações, garantindo sistemas de separação adequados (Zhao *et al.*, 2022). Além disso, as instalações de incineração de resíduos sólidos municipais (RSU) mostram um potencial promissor para melhorar a capacidade de eliminação emergencial de resíduos médicos.

Durante a pandemia de COVID-19, várias pesquisas têm destacado a importância das novas alternativas ecológicas para enfrentar os desafios ambientais, especialmente no contexto da gestão de resíduos e poluição. Essas alternativas visam reduzir a dependência de materiais plásticos, promover a reutilização e a reciclagem, e buscar uma economia circular. Diversos estudos ressaltam a necessidade de adotar abordagens mais sustentáveis, incluindo o uso de alternativas ecológicas, para reduzir a poluição do ar, a demanda energética e a geração de resíduos.

Os microplásticos representam sérios riscos tóxicos, pois seus efeitos prejudiciais se estendem pela maioria dos compartimentos das cadeias ecológicas. Sua toxicidade decorre de sua estrutura física, natureza química e capacidade de sorver e transportar microorganismos e toxinas. Com a utilização de sistemas de adsorção de baixo custo feitos a partir de biomassa, como resíduos agrícolas, cavacos de madeira ou resíduos sólidos municipais, a adsorção de *biochar* tem se destacado como uma técnica emergente de remoção que tem despertado grande interesse de pesquisa. Seu uso oferece várias vantagens, incluindo aprimoramento da eficiência de remoção, processo potencialmente de baixo custo e forte imobilização desses microplásticos. Isso pode ser especialmente alcançado quando o *biochar* é combinado com outros materiais, que podem envolver ainda mais os microplásticos e aumentar seu tamanho, tornando-os imóveis (Abuwatfa *et al.*, 2021).

No gerenciamento de resíduos, propõem-se diferentes cenários, como o aumento da taxa de reciclagem e a combinação de compostagem, reciclagem e incineração, como opções com menores impactos ambientais (Shekoohiyan *et al.*, 2023). O estudo destaca a necessidade de considerar abordagens mais sustentáveis e ecológicas no gerenciamento de resíduos, visando a redução da poluição e a promoção da economia circular.

No tratamento de resíduos biomédicos, Ojha *et al.*, 2022 mencionam a busca por métodos mais eficientes e sustentáveis, como tratamento de micro-ondas, hidrólise alcalina, esterilização a vapor, tratamento biológico, desinfecção solar catalítica e nanotecnologia, como alternativas mais ecológicas e eficientes em comparação com os métodos tradicionais. Além disso, os autores destacam a importância de reavaliar políticas de gestão de resíduos biomédicos considerando diferentes parâmetros, como tipos de resíduos, volume diário de geração e proximidade das instalações.

A economia circular é mencionada como uma abordagem que visa transformar resíduos plásticos em produtos de maior valor agregado, como combustíveis e materiais de construção, por meio de tecnologias avançadas de recuperação e reciclagem (Khoo *et al.*, 2021). Essas alternativas incluem a redução do consumo de plásticos descartáveis, a promoção de embalagens sustentáveis, o incentivo ao uso de materiais biodegradáveis e compostáveis, e a implementação de políticas de gestão de resíduos mais sustentáveis (Khoo. *et al.*, 2021). Para países de baixa renda

afetados por situações de emergência, como a pandemia da COVID-19, uma boa opção para a valorização de máscaras faciais pode ser a estabilização (preparação de materiais de construção), carbonização e métodos de produção de combustível (Assim *et al.*, 2021).

A avaliação do ciclo de vida (LCA) é mencionada como uma ferramenta importante para orientar a escolha de alternativas ecológicas no gerenciamento de resíduos plásticos (Rai *et al.*, 2023). No tratamento de resíduos plásticos, a utilização da pirólise é proposta como uma alternativa mais sustentável, convertendo resíduos plásticos de PP em subprodutos valiosos, como bio-óleo bruto, carvão sólido e gases de hidrocarbonetos (Dey *et al.*, 2023). O uso de revestimentos autolimpantes e inteligentes nos EPIs é mencionado por Dey *et al.* (2023) como uma forma de reduzir a quantidade de resíduos plásticos descartados.

Snigdha *et al.* (2023) mostram que os EPIs reutilizáveis têm melhor desempenho ambiental e para a saúde humana em comparação com os descartáveis, sendo necessário minimizar o consumo de água associado à produção desses materiais. A geração e o gerenciamento de resíduos sólidos são discutidos por Jebaranjitham *et al.* (2022). O artigo destaca a necessidade de novas alternativas ecológicas, como melhores técnicas de gestão e estratégias de reciclagem, para lidar com o desafio da poluição e geração de resíduos sólidos. Políticas públicas efetivas, investimentos, conscientização e o uso de tecnologias são mencionados como aspectos importantes para melhorar a gestão de resíduos (Jebaranjitham *et al.*, 2022).

No contexto da gestão de resíduos durante a pandemia de COVID-19, destaca-se a importância de encontrar alternativas ecológicas para reduzir a dependência de plásticos de uso único, como o uso de materiais biodegradáveis e embalagens compostáveis (Abhilash e Inamdar, 2022). A aplicação de novas alternativas ecológicas pode ajudar a reduzir a geração de resíduos plásticos, minimizar os impactos ambientais e promover a transição para uma economia mais circular (Abhilash e Inamdar, 2022).

A necessidade de novas abordagens no contexto da poluição por microplásticos é abordada por Mohana *et al.* (2023) e Abuwatfa *et al.* (2021). Mohana *et al.* (2023) destacam o uso de *biochar* como um adsorvente emergente para a remoção de microplásticos. A problemática da poluição plástica decorrente da pandemia de

COVID-19 também é discutida em um artigo de Arduso *et al.* (2021), que destaca a necessidade de buscar alternativas ecológicas para lidar com esse problema. A conscientização sobre o descarte adequado de resíduos e a melhoria na gestão e tratamento de esgoto são mencionadas como estratégias necessárias para enfrentar a poluição e preservar a qualidade da água (Arduso *et al.*, 2021).

Oliveira *et al.* (2023) enfatizam a que é fundamental encontrar novas alternativas ecológicas, como materiais biodegradáveis de base biológica, que possam reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de máscaras faciais convencionais. Além disso, a pesquisa e o desenvolvimento de opções sustentáveis também são mencionados como formas de enfrentar esse problema. Ali *et al.* (2023) destacam a importância da biodegradação do plástico e das abordagens biotecnológicas para lidar com a poluição plástica. O artigo menciona a capacidade de certas bactérias de degradar polímeros sintéticos e destaca a aplicação de ferramentas como a biologia sintética e a engenharia metabólica para aumentar a capacidade de degradação microbiana.

No contexto do setor FEW (*Food-Energy-Water*), as novas alternativas ecológicas desempenham um papel fundamental na busca por uma gestão mais sustentável e na redução da pressão sobre os recursos naturais. Práticas sustentáveis, como a agricultura regenerativa, a produção de alimentos orgânicos e o uso de energias renováveis, são mencionadas como medidas para promover uma economia circular e reduzir os impactos ambientais (Yin *et al.*, 2022).

No tratamento das águas residuais hospitalares, destaca-se a necessidade de adotar alternativas ecológicas para reduzir a poluição e minimizar a transmissão do vírus para o ambiente aquático (Achak *et al.*, 2021). O estudo de Achak *et al.* (2021) menciona uma combinação de diferentes tecnologias (processos biológicos e físico-químicos), como uma abordagem promissora para garantir a desativação completa do vírus e a remoção eficaz de poluentes.

Chirani *et al.* (2021) abordam a produção de sabonetes e destaca a importância de utilizar matérias-primas biodegradáveis e sustentáveis como uma alternativa ecológica. A utilização de materiais naturais e resíduos na fabricação de sabonetes é incentivada como uma forma de reduzir os impactos ambientais.

Rowan (2023) abordam a bioeconomia circular como uma abordagem para a reutilização segura de EPIs e a redução do impacto ambiental. O autor destaca a necessidade de reintroduzir resíduos de EPI na cadeia produtiva, promovendo práticas mais sustentáveis. A implementação dessas alternativas é essencial para preservar o meio ambiente e garantir um futuro mais sustentável.

A transmissão do coronavírus pelo ar e a poluição atmosférica são questões interligadas. Nesse contexto, a busca por alternativas ecológicas é fundamental. Tecnologias e medidas de controle verde são exploradas para prevenir a propagação do vírus e reduzir a poluição do ar, levando em consideração a sustentabilidade ambiental (Mukherjee *et al.*, 2021). A adoção de protocolos de engenharia e tecnologias verdes para a remoção e controle de poluentes atmosféricos é destacada, assim como a importância de medidas convencionais e modificadas, como distanciamento social e uso de EPIs (Mukherjee *et al.*, 2021).

Em conclusão, as novas alternativas ecológicas desempenham um papel fundamental na redução dos impactos ambientais decorrentes da pandemia de COVID-19. Elas contribuem para a minimização da geração de resíduos, a promoção de práticas sustentáveis e a proteção do meio ambiente, estando alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável (Wiktorczyk *et al.*, 2021).

#### 4.4.12 Educação Ambiental, Envolvimento público e Conscientização

A conscientização ambiental, a educação pública e o envolvimento da sociedade desempenham um papel fundamental na promoção de práticas sustentáveis e na mitigação dos impactos ambientais, especialmente em tempos de pandemia, como a COVID-19. A pandemia ressaltou a interconexão entre o meio ambiente e a saúde humana, tornando ainda mais evidente a imprescindibilidade da conscientização e da educação ambiental para enfrentar os desafios atuais. Através da educação, cooperação e envolvimento do público, é possível abordar diversas questões ambientais relacionadas à pandemia, como a poluição do ar, a gestão de resíduos, a poluição plástica e a contaminação da água.

Tanto os governos quanto as organizações não governamentais devem informar os cidadãos sobre os riscos de propagação de infecções e a poluição por micro e nanopartículas plásticas, incentivando práticas de descarte e desinfecção adequadas. A educação pública é uma forma eficiente de melhorar a gestão de resíduos,

enfatizando a importância da segregação de fontes. Incentivos adicionais podem ser considerados para promover uma atitude de disposição de resíduos adequada por parte dos cidadãos. É necessário fornecer sistemas adicionais de desinfecção e instalações de valorização de resíduos para superar esse desafio (Assim *et al.*, 2021).

Filho *et al.* (2021) discutem a pertinência entre educação ambiental e do envolvimento público na gestão da exposição à poluição do ar. Destacam a necessidade de conscientização e engajamento dos profissionais de saúde na promoção da saúde e na adoção de métodos de atendimento, prevenção e ação coletiva. Salientam que abordagens para evitar a exposição à poluição do ar devem envolver diferentes níveis, desde residências até a comunidade global, enfatizando a participação da comunidade, escolas, clínicas, instituições de saúde, municípios e governos nacionais para implementar medidas eficazes de gestão da poluição do ar e garantir a qualidade do ar em ambientes internos.

Assim *et al.* (2021) ressaltam a relação essencial da educação ambiental, do envolvimento público e da conscientização na gestão de resíduos e poluição, enfatizando que é fundamental informar e conscientizar a sociedade sobre os riscos associados ao descarte inadequado de resíduos e promover práticas adequadas de gestão de resíduos.

Silva *et al.* (2021) discutem os desafios relacionados aos resíduos plásticos e aos aterros sanitários durante a pandemia de COVID-19, destacando a conscientização e a responsabilidade do público em geral, partes interessadas e indústrias na gestão adequada de resíduos. Embora não se concentrem especificamente na educação ambiental e no envolvimento público, ressaltam a necessidade de aumentar a conscientização sobre o impacto ambiental dos resíduos plásticos e enfatizam a o envolvimento público em atividades de reciclagem.

Tesfalddede e Ndeh (2023) abordam o descarte inadequado de máscaras faciais durante a pandemia de COVID-19 e os impactos ambientais resultantes. Embora não abordem diretamente a educação ambiental e o envolvimento público, destacam a importância de educar o público sobre os riscos ambientais associados ao descarte inadequado de máscaras faciais e enfatizam a essencialidade do envolvimento público para enfrentar os desafios relacionados à poluição e ao descarte de resíduos.

Silva *et al.* (2020) discutem a essencialidade das políticas de redução de plástico e o fortalecimento dos sistemas de gestão de resíduos para combater a poluição plástica e os danos ambientais e à saúde humana. Destacam a necessidade de informar e conscientizar a população sobre os impactos negativos dos resíduos plásticos e como as práticas mais sustentáveis são fundamentais, além do desenvolvimento de soluções sustentáveis e da promoção de alternativas reutilizáveis. Arduso *et al.* (2021) também destacam a importância da educação ambiental e do envolvimento público na luta contra a poluição plástica, ressaltando a necessidade de conscientizar e mobilizar a sociedade civil, ONGs, comunidades locais e outros atores relevantes para pressionar por políticas públicas mais rigorosas, ações de limpeza e conservação, e promoção de práticas sustentáveis.

Boron *et al.* (2022) ressaltam o papel do envolvimento público na promoção de práticas sustentáveis e responsáveis no setor do turismo, destacando a que é fundamental conscientizar os turistas sobre o impacto ambiental de suas ações e envolver a comunidade na implementação de práticas de gerenciamento de resíduos eficientes e no descarte adequado de resíduos.

Hernández *et al.* (2021) destacam a urgência de aumentar a conscientização sobre o controle do uso e descarte adequado de antibióticos e seus resíduos, envolvendo a população, indústria agroalimentar e farmacêutica. Enfatizam a necessidade de educar as pessoas sobre os impactos negativos da contaminação por antibióticos na água e na cadeia alimentar, além de conscientizar a indústria sobre a adoção de práticas sustentáveis no uso de antibióticos.

A conscientização e a educação ambiental, juntamente com o envolvimento público, são componentes-chave na busca por soluções sustentáveis durante a pandemia da COVID-19. Através da educação, é possível informar a população sobre os riscos e impactos ambientais associados à pandemia, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis. A participação ativa do público, das comunidades, das escolas, das instituições de saúde e dos governos é essencial para implementar medidas eficazes de gestão de resíduos, promoção da saúde e conservação do meio ambiente.

A conscientização ambiental e a educação pública desempenham um papel crucial na promoção de práticas sustentáveis e no enfrentamento dos desafios ambientais

durante a pandemia da COVID-19. O envolvimento ativo do público, a implementação de políticas adequadas e o incentivo a práticas responsáveis são fundamentais para garantir um futuro mais sustentável e resiliente para todos. A conscientização e a educação ambiental são ferramentas poderosas que podem capacitar as pessoas a tomar ações individuais e coletivas em prol do meio ambiente, promovendo a saúde e a sustentabilidade para as gerações presentes e futuras.

#### 4.4.13 Políticas Públicas

Jebaranjitham *et al.* (2022) abordam a necessidade de políticas públicas eficazes no contexto da gestão de resíduos sólidos. Isso inclui investimentos em infraestrutura, treinamento adequado dos trabalhadores e adoção de práticas de gestão sustentáveis. Wang *et al.* (2022) ressaltam a importância de considerar os fatores ambientais nas respostas de emergência em saúde pública, incluindo a pandemia de COVID-19. Isso inclui fortalecer a proteção ambiental, realizar vigilância viral em animais e locais críticos e aprimorar os sistemas de alerta precoce.

As políticas públicas desempenham um papel fundamental nesse processo. Assim *et al.* (2021) destacam o fortalecimento das políticas existentes e implementação de medidas efetivas para lidar com os desafios ambientais decorrentes da pandemia de COVID-19. Isso inclui fortalecer a proteção ambiental, informar os governos sobre as vantagens econômicas e ambientais da valorização de resíduos e melhorar os sistemas de alerta precoce.

Assim *et al.* (2021) recomendam aprimorar a gestão e valorização dos resíduos de máscaras faciais descartadas, levando em consideração práticas governamentais, infraestrutura, e conscientização da sociedade. A comunidade científica deve apresentar as vantagens econômicas e ambientais da valorização de resíduos aos governos autorizados para auxiliar em decisões de política com múltiplos critérios. Os governos devem estabelecer infraestruturas para coleta segura, segregação eficaz, transporte e valorização adequada de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) descartados. É importante armazenar os resíduos adequadamente e permitir um período de descanso de pelo menos 72 horas antes do descarte e desinfecção para minimizar a propagação de infecções.

De acordo com Chen *et al.* (2021), é necessário implementar políticas públicas claras e efetivas para incentivar a redução do uso de veículos com combustíveis

convencionais e promover fontes de energia renováveis nas cidades. Além disso, políticas que visem melhorar o desempenho energético das construções e promover práticas sustentáveis no setor doméstico são importantes para reduzir o impacto ambiental nas cidades.

Silva *et al.* (2021) mencionam a necessidade de implementar políticas eficazes em relação aos resíduos plásticos durante a pandemia de COVID-19. Isso inclui a substituição por alternativas sustentáveis, melhoria da gestão de resíduos e aumento da conscientização do público, partes interessadas e indústrias. Embora o artigo não se aprofunde em políticas públicas, destaca a necessidade da intervenção governamental para enfrentar os desafios relacionados aos resíduos plásticos.

Ardusso *et al.* (2021) ressaltam o papel das políticas públicas na abordagem da problemática ambiental causada pelo aumento no uso de plásticos descartáveis durante a pandemia de COVID-19. Isso inclui a implementação de regulamentações mais rígidas, incentivos à reciclagem e investimentos em infraestrutura de tratamento de resíduos.

Oliveira *et al.* (2023) destacam a necessidade de medidas e estratégias para mitigar os impactos ambientais do descarte inadequado de máscaras faciais durante a pandemia de COVID-19. As políticas públicas desempenham um papel fundamental na regulamentação e implementação de práticas sustentáveis de gestão de resíduos.

Ojha *et al.* (2022) tratam da relevância das políticas públicas na gestão eficiente de resíduos biomédicos. Isso envolve a promoção da segregação adequada dos resíduos, a atualização de políticas existentes e a implementação de tecnologias sustentáveis. Hernández *et al.* (2021) ressaltam a indispensabilidade das políticas públicas na regulamentação do uso de antibióticos e implementação de tecnologias de tratamento de águas residuais. Isso contribui para proteger a saúde pública e o meio ambiente, garantindo a qualidade da água e a segurança alimentar. Zambrano *et al.* (2022) destacam a importância de políticas públicas eficazes para lidar com desafios financeiros e emergenciais no setor de água durante a pandemia de COVID-19. Isso inclui medidas de apoio financeiro, melhorias na resiliência organizacional e replicação de experiências internacionais. As políticas públicas desempenham um papel crucial na garantia do acesso à água e no funcionamento adequado do setor.

Em resumo, os artigos destacam a necessidade das políticas públicas para enfrentar desafios relacionados à transição energética, gestão de resíduos, acesso à água, proteção ambiental, saúde pública e segurança alimentar. As políticas eficazes podem incentivar práticas sustentáveis, promover a conscientização e cooperação entre governos, setor privado e sociedade civil, e implementar soluções inovadoras para alcançar um desenvolvimento mais sustentável. A pandemia de COVID-19 destacou a necessidade de ações governamentais efetivas para enfrentar os desafios ambientais. As políticas públicas desempenham um papel crucial na promoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos, redução de poluição e proteção ambiental. É fundamental que os governos implementem regulamentações, diretrizes e incentivos que favoreçam a transição para alternativas mais sustentáveis, a adoção de tecnologias eficientes e a conscientização pública sobre a importância da sustentabilidade. A cooperação entre governos, setor privado e sociedade civil é essencial para enfrentar os desafios ambientais relacionados à pandemia e construir um futuro mais resiliente e equilibrado.

## 5 CONCLUSÕES

A conscientização pública e a educação ambiental são fundamentais para entender e reduzir os impactos da pandemia no meio ambiente. Alternativas como materiais biodegradáveis, economia circular e energias renováveis oferecem oportunidades para enfrentar os desafios ambientais e econômicos de forma equilibrada. Proteger a diversidade humana, biológica e geológica é essencial para garantir um futuro mais resiliente.

Medidas práticas, como o uso de instalações móveis para descarte de resíduos médicos e a adoção de materiais biodegradáveis, bem como a redução, reutilização, reciclagem, combinados com a compostagem, são propostas viáveis para gerenciar os resíduos. Também foram destacados métodos como a valorização de recursos e prolongamento da vida útil dos materiais, além de tratamentos específicos para resíduos médicos, como a utilização de micro-ondas, hidrólise alcalina, esterilização a vapor, tratamento biológico, uso de *biochar*, desinfecção solar catalítica e nanotecnologia.

Na indústria alimentícia, a adoção de práticas sustentáveis, como a agricultura regenerativa e o uso de energias renováveis, é fundamental para alcançar a sustentabilidade. A transformação dos sistemas agroalimentares é importante para torná-los mais resilientes e capazes de enfrentar futuros desafios, garantindo a segurança alimentar e a sustentabilidade a longo prazo.

A complexa relação entre a saúde humana e o meio ambiente destaca a importância de compreender e abordar essa conexão. A degradação ambiental pode aumentar a propagação de doenças, tornando essencial proteger a saúde pública, preservar o meio ambiente e prevenir futuras pandemias.

O crescente número de publicações sobre COVID-19 e meio ambiente reflete o crescente interesse na relação entre saúde humana e ambiente. Índia e China estão no centro dessas publicações devido ao impacto significativo da pandemia e à capacidade científica desenvolvida nesses países. As principais categorias de artigos incluem a geração de resíduos e o estudo de novas alternativas ecológicas, com destaque para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 3 e 12, relacionados à saúde, bem-estar e consumo sustentável, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ABHILASH; INAMDAR, I. **Recycling of plastic wastes generated from COVID-19: A comprehensive illustration of type and properties of plastics with remedial options.** *Science of The Total Environment*, v. 838, Part 1, p. 155895, 2022. Elsevier.
- ABUWATFA, W. H.; AL-MUQBEL, D.; AL-OTHMAN, A.; HALALSHEH, N., TAWALBEH, M. **Insights into the removal of microplastics from water using biochar in the era of COVID-19: A mini review.** *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4, p. 100151, 2021. Elsevier.
- ACHAK, M.; BAKRI, S. A.; CHHITI, Y.; ALAOUI, F. E. M.; BARKA, N.; BOUMYA, W. **SARS-CoV-2 in hospital wastewater during outbreak of COVID-19: A review on detection, survival and disinfection technologies.** *Science of The Total Environment*, [S.I.], v. 761, p. 143192, 2021. Elsevier.
- 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*, [S.I.], v. 6, p. 100140, 2021. Elsevier.
- ALI, S.; BUKHARI, D. A.; REHMAN, A. **Call for biotechnological approach to degrade plastic in the era of COVID-19 pandemic.** *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 30, n. 3, p. 103583, 2023. Elsevier.
- ARDUSSO, M.; FORERO-LÓPEZ, A. D.; BUZZI, N. S.; SPETTER, C. V.; FERNÁNDEZ-SEVERINI, M.D. **COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America.** *Science of The Total Environment*, [S.I.], v. 763, p. 144365, 2021. Elsevier.
- ASIM, N; BADIEI, M; SOPIAN, K. **Review of the valorization options for the proper disposal of face masks during the COVID-19 pandemic.** *Environmental Technology & Innovation*, v. 23, p. 101797, 2021. Elsevier.
- AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS. **Australian Bureau of Statistics.** Versão 3.1. [Canberra]: ABS, 2023. Plataforma online.
- AWOGBEMI, O.; VON KALLON, D. V. **Application of biochar derived from crops residues for biofuel production.** *Fuel Communications*, v. 15, p. 100088, 2023. Elsevier.
- AYAZ, M.; JEHAN, N.; NAKONIECZNY, J.; MENDEL, U.; ZAMAN, Q. U. **Health costs of environmental pollution faced by underground coal miners: Evidence from Balochistan, Pakistan.** *Resources Policy*, v. 76, p. 102536, 2022. Elsevier.
- BANDALA, E. R.; KRUGER, B. R.; CESARINO, I.; LEO, A. L.; WIJESIRI, B.; GOONETILLEKE, A. **Impacts of COVID-19 pandemic on the wastewater pathway into surface water: A review.** *Science of The Total Environment*, v. 774, p. 145586, 2021. Elsevier.

BING. **Bing**. Versão 23.07. [Redmond]: Microsoft, 2023. Plataforma online.

CÁRDENAS-ALCAIDE, M. F.; GODÍNEZ-ALEMÁN, J. A.; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, R. B.; IQBAL, H. M. N.; PARRA-SALDÍVAR, R. **Environmental impact and mitigation of micro(nano)plastics pollution using green catalytic tools and green analytical methods**. *Green Analytical Chemistry*, v. 3, p. 100031, 2022. Elsevier.

CHAND, A. A., LAL, P. P., PRASAD, K. A., MAMUN, K. A. **Practice, benefits, and impact of personal protective equipment (PPE) during COVID-19 pandemic: Envisioning the UN sustainable development goals (SDGs) through the lens of clean water sanitation, life below water, and life on land in Fiji**. *Annals of Medicine and Surgery*, Volume 70, 2021. Elsevier.

CHEN, Y.; HE, X.; HUANG, J.; LUO, R.; GE, H.; WOLOWICZ, A.; WAWRZKIEWICZ, M.; GLADYS-PLASKA, A.; LI, B.; YU, Q.; KOLODYNSKA, D.; LV, G.; CHEN, S. **Impacts of heavy metals and medicinal crops on ecological systems, environmental pollution, cultivation, and production processes in China**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 219, p. 112336, 2021. Elsevier.

CHIRANI, M. R.; KOWSARI, E.; TEYMOURIAN, T.; RAMAKRISHNA, S. **Environmental impact of increased soap consumption during COVID-19 pandemic: Biodegradable soap production and sustainable packaging**. *Science of The Total Environment*, Science of The Total Environment, v. 796, p. 149013, 2021. Elsevier.

CHONG, C. T.; FAN, Y. V.; LEE, C. T.; KLEMES, J. J. **Post COVID-19 ENERGY sustainability and carbon emissions neutrality**. *Energy*, v. 241, p. 122801, 2022. Elsevier.

DEY, T. K.; RASEL, M.; ROY, T.; UDDIN, M. E.; PRAMANIK, B. K.; JAMAL, M. **Post-pandemic micro/nanoplastic pollution: Toward a sustainable management**. *Science of The Total Environment*, v. 867, p. 161390, 2023. Elsevier.

DHARMARAJ, S.; ASHOKKUMAR, V.; CHEW, K. W.; CHIA, S. R.; SHOW, P. L.; NGAMCHARUSSRIVICHAI, C. **Novel strategy in biohydrogen energy production from COVID - 19 plastic waste: A critical review**. *International Journal of Hydrogen Energy*, [S.l.], v. 47, n. 100, p. 42051-42074, 2022. Elsevier.

DHARMARAJ, S.; ASHOKKUMAR, V.; PANDIYAN, R.; MUNAWAROH, H. S. H.; CHEW, K. W.; NGAMCHARUSSRIVICHAI, C. **Pyrolysis: An effective technique for degradation of COVID-19 medical wastes**. *Chemosphere*, v. 275, p. 130092, 2021. Elsevier.

DIHAN, M. R.; NAYEEM, S. M. A.; ROY, H.; ISLAM, M. S.; ISLAM, A.; ALSUKAIBI, A. K. D.; AWUAL, M. R. **Healthcare waste in Bangladesh: Current status, the impact of Covid-19 and sustainable management with life cycle and circular economy framework**. *Science of The Total Environment*, v. 871, p. 162083, 2023. Elsevier.

EKANAYAKE, A.; RAJAPAKSHA, A. U.; HEWAWASAM, C.; ANAND, U.; BONTEMPI, E.; KURWADKAR, S.; BISWAS, J. K.; VITHANAGE, M. **Environmental challenges of COVID-19 pandemic: resilience and sustainability – A review.** *Environmental Research*, v. 216, Part 2, p. 114496, 2023. Elsevier.

FILHO, N. A. R.; URRUTIA-PEREIRA, M.; D'AMATO, G.; CECCHI, L.; ANSOTEGUI, I. J.; GALÁN, C.; POMÉS, A.; MURRIETA-AGUTTES, M.; CARABALLO, L.; ROUADI, P.; ANNESI-MAESANO, I.; PAWANKAR, R.; CHONG-NETO, H. J.; PEDEN, D. B. **Air pollution and indoor settings.** *World Allergy Organization Journal*, v. 14, p. 100499, 2021. Elsevier.

GATTI, R. C.; MENÉNDEZ, L. P.; LACINY, A.; RODRÍGUZ, H. B.; MORANTE, G. B.; CARMEN, E.; DORNINGER, C.; FABRIS, F.; GRUNSTRA, N. D. S.; SCHNORR, S. L.; STUHLTRAGER, J.; HERNANDEZ, L. A. V.; JAKAB, M.; SARTO-JACKSON, I.; CANIGLIA, G. **Diversity lost: COVID-19 as a phenomenon of the total environment.** *Science of The Total Environment*, v. 756, p. 144014, 2021. Elsevier.

GEONAMES. **GeoNames.** Versão 1.1.15. [Mainz]: GeoNames, 2023. Plataforma online.

GEOSPATIAL DATA EDIT. **Geospatial Data Edit.** Versão 2.5. Geospatial Data Edit, 2023. Plataforma online.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007

HERNÁNDEZ, J. E. S.; ZULUAGA, L. I. R.; PACHECO, I. Y. L.; MARTÍNEZ, E. M. M.; AGHALARI, Z.; LIMÓN, D. S.; IQBAL, H. M. N.; SALDÍVAR, R. P. **Sources of antibiotics pollutants in the aquatic environment under SARS-CoV-2 pandemic situation.** *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4, p. 100127, 2021. Elsevier.

HU, M.; CHEN, Z.; CUI, H.; WANG, T.; ZHANG, C.; YUN, K. **Air pollution and critical air pollutant assessment during and after COVID-19 lockdowns: Evidence from pandemic hotspots in China, the Republic of Korea, Japan, and India.** *Atmospheric Pollution Research*, v. 12, n. 2, p. 316-329, 2021. Elsevier.

HUI, K.; YUAN, Y.; XI, B.; TAN, W. **A review of the factors affecting the emission of the ozone chemical precursors VOCs and NOx from the soil.** *Environment International*, [S.l.], v. 172, p. 107799, 2023. Elsevier.

JAMEI, E.; JAMEI, Y.; SEYEDMAHMOUDIAN, M. HORA, B.; MEKHILEF, S.; STOJCEVSKI, A. **Investigating the impacts of COVID-19 lockdown on air quality, surface Urban Heat Island, air temperature and lighting energy consumption in City of Melbourne.** *Energy Strategy Reviews*, [S.l.], v. 44, p. 100963, 2022. Elsevier.

JANSEN, K.; MOHR, C.; LUGGER, K.; HELLER, C.; SIEMENS, J.; MULDER, I. **Widespread occurrence of quaternary alkylammonium disinfectants in soils of Hesse, Germany.** *Science of The Total Environment*, v. 857, Part 1, p. 159228, 2023. Elsevier.

JEBARANJITHAM, J. N.; CHRISTYRAJ, J. D. S.; PRASANNAN, A.; RAJAGOPALAN, K.; CHELLADURAI, K. S.; GNANARAJA, J. K. J. S. **Current scenario of solid waste management techniques and challenges in Covid-19 – A review.** Heliyon, v. 8, n. 7, p. e09855, 2022. Elsevier.

JIANG, H.; SU, J.; ZHANG, Y.; BIAN, K.; WANG, Z.; WANG, H.; WANG, C. **Insight into the microplastics release from disposable face mask: Simulated environment and removal strategy.** Chemosphere, v. 309, Part 1, p. 136748, 2022. Elsevier.

KHOO, K. S.; HO, L. H.; LIM, H. R.; LEONG, H. Y.; CHEW, K. W. **Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity?** Journal of Hazardous Materials, v. 417, p. 126108, 2021. Elsevier.

KIM, Y.; JEON, K.; PARK, J.; SHIM, K.; KIM, S.; SHIN, H.; YI, S.; HOPKE, P. K. **Local and transboundary impacts of PM<sub>2.5</sub> sources identified in Seoul during the early stage of the COVID-19 outbreak.** Atmospheric Pollution Research, v. 13, n. 8, p. 101510, 2022. Elsevier.

KUMAR, P.; HAMA, S.; OMIDVARBORNA, H.; SHARMA, A.; SAHANI, J.; ABHIJITH, K. V.; DEBELE, S. E.; REYES, J. C. Z.; BARWISE, Y.; TIWARI, A. **Temporary reduction in fine particulate matter due to ‘anthropogenic emissions switch-off’ during COVID-19 lockdown in Indian cities.** Sustainable Cities and Society, v. 62, p. 102382, 2020. Elsevier.

KUTRALAM-MUNIASAMY, G., PÉREZ-GUEVARA, F., SHRUTI, V. C. **A critical synthesis of current peer-reviewed literature on the environmental and human health impacts of COVID-19 PPE litter: new findings and next Steps.** Journal of hazardous materials. Volume 422, p. 126945, 2022. PubMed.

LAHRICH, S.; LAGHRIB, F.; FARAHI, A.; BAKASSE, M.; SAQRANE, S.; MHAMMEDI, M. A. E. **Review on the contamination of wastewater by COVID-19 virus: Impact and treatment.** Science of The Total Environment, v. 751, p. 142325, 2021. Elsevier.

LENART-BOROŃ, A. M.; BOROŃ, P. M.; PRAJSNAR, J. A.; GUZIK, M. W.; ZELAZNY, M. S.; PUFELSKA, M. D.; CHMIEL, M. J. **COVID-19 lockdown shows how much natural mountain regions are affected by heavy tourism.** Science of The Total Environment, v. 806, Part 3, p. 151355, 2022. Elsevier.

LI, B., HUANG, Y., GUO, D., LIU, Y., LIU, Z., HAN, J-C., ZHAO, J., ZHU, X., HUANG, Y., WANG, Z., XING, B. **Environmental risks of disposable face masks during the pandemic of COVID-19: challenges and management.** Science of The Total Environment. Volume 825, p. 153880, 2022. Elsevier.

MAKKONEN, U.; VESTENIUS, M.; HUY, L. N.; ANH, N. T. N.; LINH, P. T. V.; THUY, P. T.; PHUONG, H. T. M.; NGUYEN, H.; THUY, L. T.; MINNA, A.; HELLÉN, H.; LOVEN, K.; KOUZNETSOV, R.; KYLLONEN, K.; TEINILA, K.; OANH, N. T. K.

**Chemical composition and potential sources of PM<sub>2.5</sub> in Hanoi.** Atmospheric Environment, [S.l.], v. 299, p. 119650, 2023. Elsevier.

MAURI, H. C.; SOUZA, A. B. F. N. de; SOUZA, G. Z. de O.; SILVA, S. L. A. da. **Associação Entre Covid-19 E Fatores Ambientais: Revisão Integrativa.** Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 19, p. e1905, 2023. DOI: 10.14393/Hygeia1963550. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/63550>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MGHILI, B., ANALLA, M., AKSISSOU, M. **Face masks related to COVID-19 in the beaches of the Moroccan Mediterranean: an emerging source of plastic pollution.** Marine Pollution Bulletin. Volume 174, p. 113181, 2022. Elsevier.

MICROSOFT. **Microsoft Excel.** Versão 365. [Redmond]: Microsoft, 2023. Software de planilha eletrônica.

MICROSOFT. **Microsoft.** Versão 22H2. [Redmond]: Microsoft, 2023. Plataforma online.

MOHANA, A. A.; ISLAM, M. M.; RAHMAN, M.; PRAMANIK, S. K.; HAQUE, N.; GAOM L.; PRAMANIK, B. K. **Generation and consequence of nano/microplastics from medical waste and household plastic during the COVID-19 pandemic.** Chemosphere, v. 311, Part 2, p. 137014, 2023. Elsevier.

MOUSAZADEH, M.; KABDASLI, I.; KHADEMI, S.; SANDOVAL, M. A.; MOUSSAVI, S. P.; MALEKDAR, F.; GILHOTRA, V.; HASHEMI, M.; DEGHANI, M. H. **A critical review on the existing wastewater treatment methods in the COVID-19 era: What is the potential of advanced oxidation processes in combatting viral especially SARS-CoV-2?** Journal of Water Process Engineering, v. 49, p. 103077, 2022. Elsevier.

MUKHERJEE, S.; BORA, S.; SIDDIQI, H.; MISHRA, A. MEIKAP, B. C. **Present cum future of SARS-CoV-2 virus and its associated control of virus-laden air pollutants leading to potential environmental threat – A global review.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 9, n. 2, p. 104973, 2021. Elsevier.

NAIDU, R.; BISWAS, B.; WILLETT, I. R.; CRIBB, J.; SINGH, B. K.; NATHANAIL, C. P.; COULON, F.; SEMPLE, K. T.; JONES, K. C.; BARCLAY, A.; AITKEN, R. J. **Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity.** Environment International, v. 156, p. 106616, 2021. Elsevier.

NAVINFO. **Navinfo.** Versão 5.0. [Beijing]: Navinfo, 2023. Plataforma online.

OJHA, P. C.; SATPATHY, S. S.; OJHA, A. K.; SUKLA, L. B.; PRADHAN, D. **Overcoming challenges due to enhanced biomedical waste generation during COVID-19 pandemic.** Science of The Total Environment, v. 832, p. 155072, 2022. Elsevier.

OLIVEIRA, A. M.; SILVA, A. L. P.; SOARES, A. M. V. M.; BARCELÓ, D.; DUARTE, A. C.; SANTOS, T. R. **Current knowledge on the presence, biodegradation, and**

**toxicity of discarded face masks in the environment.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 11, n. 2, p. 109308, 2023. Elsevier.

OPEN STREET MAP. **Open Street Map.** Versão 1.0. [London]: OpenStreetMap, 2023. Plataforma online.

**Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Nações Unidas Brasil. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 abr.2023.

PAPAGIANNAKI, D.; BELAY, M. H.; GONÇALVES, N. P. F.; ROBOTTI, EL; PREVOT, A. B.; BINETTI, R.; CALZA, P. **From monitoring to treatment, how to improve water quality: The pharmaceuticals case.** Chemical Engineering Journal Advances, v. 10, p. 100245, 2022. Elsevier.

PARIDA, V. K.; SIKARWAR, D.; MAJUMDER, A.; GUPTA, A. K. **An assessment of hospital wastewater and biomedical waste generation, existing legislations, risk assessment, treatment processes, and scenario during COVID-19.** Journal of Environmental Management, v. 308, p. 114609, 2022. Elsevier.

PATHAK, G.; NICHTER, M.; HARDON, A. MOYER, E.; LATKAR, A.; SIMBAYA, J.; PAKASI, D.; TAQUEBAN, E. LOVE, J. **Plastic pollution and the open burning of plastic wastes.** Global Environmental Change, v. 80, p. 102648, 2023. Elsevier.

PERINE, G. **O novo coronavírus pode ser transmitido pela água ou pela rede de esgoto?** Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), 2020. Disponível em: <[https://www.ifsc.edu.br/post-ifsc-verifica/-/asset\\_publisher/ull70Nv266Xk/content/id/1944098/o-novo-coronav%C3%ADrus-pode-ser-transmitido-pela-%C3%A1gua-ou-pela-rede-de-esgoto](https://www.ifsc.edu.br/post-ifsc-verifica/-/asset_publisher/ull70Nv266Xk/content/id/1944098/o-novo-coronav%C3%ADrus-pode-ser-transmitido-pela-%C3%A1gua-ou-pela-rede-de-esgoto)>. Acesso em: 18, junho, 2023.

PUBLICAÇÕES científicas por países: contagem por autoria e por artigo. **PESQUISA FAPESP.** Cientometria, ed. 288, 2020.

RAI, P. K.; SONNE, C.; SONG, H.; KIM, K. **Plastic wastes in the time of COVID-19: their environmental hazards and implications for sustainable energy resilience and circular bio-economies.** Science Of The Total Environment, v. 858, p. 159880, 2023. Elsevier.

RITA, E.; CHIZOO, E.; UME, S. C. **Sustaining COVID-19 pandemic lockdown era air pollution impact through utilization of more renewable energy resources.** Heliyon, v. 7, n. 7, p. e07455, 2021. Elsevier.

Rowan, N.J. **Challenges and future opportunities to unlock the critical supply chain of personal and protective equipment (PPE) encompassing decontamination and reuse under emergency use authorization (EUA) conditions during the COVID-19 pandemic: Through a reflective circularity and sustainability lens.** Science of The Total Environment, v. 866, p. 161455, 2023. Elsevier.

RUSSO, M. A.; LOPES, D.; QUINTEIRO, P.; MONTEIRO, A. **An integrated analysis of COVID-19 impacts on energy and environment: Lessons learnt.** Atmospheric Pollution Research, v. 14, n. 1, p. 101637, 2023. Elsevier.

SAJJAD, M.; HUANG, Q.; KHAN, S.; KHAN, M. A.; LIU, Y.; WANG, J.; LIAN, F.; WANG, Q.; GUO, G. **Microplastics in the soil environment: A critical review.** Environmental Technology & Innovation, v. 27, p. 102408, 2022. Elsevier.

**SCOPUS.** ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books.

SERPA, F. S.; REISEN, V. A.; ZANDONADE, E. ARANDA, C. H.; SOLÉ, D. **Poluição do ar e saúde respiratória.** Revista Arq. Asma, Alergia e Imunologia. Volume 6(1), p. 91-99, 2022.

SHARMA, H. B.; VANAPALLI, K. R.; SAMAL, B.; CHEELA, V. R. S.; DUBEY, B. K.; BHATTACHARYA, J. **Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery.** Science of The Total Environment, v. 800, p. 149605, 2021. Elsevier.

SHEKOOHIYAN, S.; HADADIAN, M.; HEIDARI, M.; BANDBAFHA, H. H. **Life cycle assessment of Tehran Municipal solid waste during the COVID-19 pandemic and environmental impacts prediction using machine learning.** Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, v. 7, p. 100331, 2023. Elsevier.

SILVA, A. L. P.; PRATA, J. C.; DUARTE, A. C.; BARCELO, D.; SANTOSA, T. R. **An urgent call to think globally and act locally on landfill disposable plastics under and after covid-19 pandemic: Pollution prevention and technological (Bio) remediation solutions.** Chemical Engineering Journal, v. 426, p. 131201, 2021. Elsevier.

SILVA, A. L. P.; PRATA, J. C.; DUARTE, A. C.; BARCELO, D.; SANTOS, T. R. **Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment.** Science of The Total Environment, v. 742, p. 140565, 2020. Elsevier.

SILVA, D. S. C.; SANTOS, M. B.; SOARES, M. J. N. **Impactos causados pela COVID-19: um estudo preliminar.** Revista Brasileira de Educação Ambiental, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 128-147, 2020.

SNIGDHA; HILOIDHARI, M.; BANDYOPADHYAY, S. **Environmental footprints of disposable and reusable personal protective equipment - a product life cycle approach for body coveralls.** Journal of Cleaner Production, [S.l.], v. 394, p. 136166, 2023. Elsevier.

SOKHARAVUTH, P.; THIV, S.; NARA, C.; HIM, C.; SOKYIMENG, S.; HENZE, D. K.; HOLMES, R.; KUYLENSTIERNA, K. C. I.; MALLEY, C. S.; MICHALOPOULOU, E. SLATER, J. **Air pollution mitigation assessment to inform Cambodia's first clean air plan.** Environmental Research, v. 220, p. 115230, 2023. Elsevier.

SONG, Y.; LIN, C.; LI, Y.; LAU, A. K. H.; FUNG, J. C. H.; LU, X.; GUO, C.; MA, J.; LAO, X. Q. **An improved decomposition method to differentiate meteorological and anthropogenic effects on air pollution: A national study in China during the COVID-19 lockdown period.** Atmospheric Environment, Volume 250, p. 118270, 2021. Elsevier.

STEPHENS, E.; TIMSINA, J.; MARTIN, G.; WIJK, M. V.; KLERKX, L.; REIDSMA, P.; SNOW, V. **The immediate impact of the first waves of the global COVID-19 pandemic on agricultural systems worldwide: Reflections on the COVID-19 special issue for agricultural systems.** Agricultural Systems, v. 201, p. 103436, 2022. Elsevier.

TABATABAEI, M., HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H., YANG, I., AGHBASHLO, M., LAM, S. S., MONTGOMERY, H., PENG, W. **Exergy intensity and environmental consequences of the medical face masks curtailing the COVID-19 pandemic: Malign bodyguard?** Journal of Cleaner Production. Volume 313, p. 127880, 2021. Elsevier.

TESFALDET, Y. T.; NDEH, N. T. **Assessing face masks in the environment by means of the DPSIR framework.** Science of The Total Environment, v. 814, p. 152859, 2022. Elsevier.

TOMTOM. **TomTom.** Versão 2023.08. [Amsterdam]: TomTom, 2023. Plataforma online.

VLASOV, D.; KASIMOV, N.; EREMINA, I.; SHINKAREVA, G.; CHUBAROVA, N. **Major ions and potentially toxic elements in atmospheric precipitation during the COVID-19 lockdown in Moscow megacity.** Urban Climate, v. 48, p. 101422, 2023. Elsevier.

WANG, Q.; JIN, T.; FU, Y.; CHEN, B.; CROTTY, F.; MURRAY, P. J.; YU, S.; XU, C.; LIU, W. **Spatial change in glomalin-related soil protein and its relationships with soil enzyme activities and microbial community structures during urbanization in Nanchang, China.** Geoderma, v. 434, p. 116476, 2023. Elsevier.

WANG, X.; WU, F.; ZHAO, X.; ZHANG, X.; WANG, J.; NIU, L.; LIANG, W.; LEUNG, K. M. L.; GIESY, J. P. **Enlightenment from the COVID-19 Pandemic: The Roles of Environmental Factors in Future Public Health Emergency Response.** Engineering, [S.l.], v. 8, p. 108-115, 2022. Elsevier.

**WHO.** WORLD HEALTH ORGANIZATION. Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public. Geneva: World Health Organization, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>>. Acesso em: 28 abr. 2023.

**WHO.** COVID-19 Dashboard. Geneva: World Health Organization. 2023. Disponível em: <<https://covid19.who.int/>> Acesso em 27 Jul. 2023.

**WHO.** World Health Organization. Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. 978-92-4-003422-8, World Health Organization, Geneva. 2021.

**Wikipedia.** Disponível em: <https://www.wikipedia.org>. Acesso em: 20 jun. 2023.

WIKTORCZYK, K. N.; GRUDLEWSKA, B. K.; WALECKA, Z. E.; KWIECINSKA, P. J.; RADTKE, L.; GOSPODAREK, K. E.; SKOWRON, K. **SARS-CoV-2 in the environment—Non-droplet spreading routes.** Science of The Total Environment, v. 770, p. 145260, 2021. Elsevier.

XU, H.; JIA, Y.; SUN, Z.; SU, J.; LIU, Q. S.; ZHOU, Q.; JIANG, G. **Environmental pollution, a hidden culprit for health issues.** Eco-Environment & Health, v. 1, n. 1, p. 31-45, 2022. Elsevier.

YIN, C.; PEREIRA, P.; HUA, T.; LIU, Y.; ZHU, Y.; ZHAO, W. **Recover the food-energy-water nexus from COVID-19 under Sustainable Development Goals acceleration actions.** Science of The Total Environment, v. 817, p. 153013, 2022. Elsevier.

ZAMBRANO, K. T.; IMANI, M.; CUNHA, D. G. F. **COVID-19 and organisational resilience in Brazil's water sector.** Science of The Total Environment, [S.l.], v. 848, p. 157637, 2022. Elsevier.

ZENRIN. **Zenrin.** API 3.0. [Tokyo]: Zenrin, 2023. Plataforma online.

ZHAO, H.; LIU, H.; WEI, G.; ZHANG, N.; QIAO, H.; GONG, Y.; YU, X.; ZHOU, J.; WU, Y. **A review on emergency disposal and management of medical waste during the COVID-19 pandemic in China.** Science of The Total Environment, v. 810, p. 152302, 2022. Elsevier.