

## GERAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19: DESAFIOS PARA A ECONOMIA CIRCULAR

### PLASTIC WASTE GENERATION DURING THE COVID-19 PANDEMIC: CHALLENGES FOR THE CIRCULAR ECONOMY

Milena Dreyer Silveira\* E-mail: [milena.dreyer@gmail.com](mailto:milena.dreyer@gmail.com)

Mateus Henrique Gomes de Souza\* E-mail: [mateushs003@gmail.com](mailto:mateushs003@gmail.com)

Luís Felipe Assenato Silveira\* E-mail: [felipaoassenato@gmail.com](mailto:felipaoassenato@gmail.com)

Fernanda Araujo Pimentel Peres\* E-mail: [fernandaperes@furg.br](mailto:fernandaperes@furg.br)

Ismael Cristofer Baierle\* E-mail: [ismaelbaierle@hotmail.com](mailto:ismaelbaierle@hotmail.com)

Jorge Luís Braz Medeiros\* E-mail: [jorge.braz@furg.br](mailto:jorge.braz@furg.br)

Ricardo Gonçalves de Faria Corrêa\* E-mail: [ricardofariacorrea@furg.br](mailto:ricardofariacorrea@furg.br)

\*Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Resumo:** A pandemia do Covid-19 enfatizou a importância do plástico para a sociedade, pois esse material foi essencial para a contenção do vírus e segurança da população. No entanto, as consequências são diversas devido a exacerbada utilização desse material e a sua má gestão. Nesse sentido, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática a partir de artigos publicados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Foram obtidos 35 artigos, os quais foram analisados de forma quantitativa, a fim de apresentar uma análise bibliométrica, e de forma qualitativa os 10 artigos de maior relevância no tema de estudo foram sintetizados. Assim sendo, concluiu-se que os desafios para a economia circular, durante a pandemia, foram agravados com a redução das coletas seletivas e com a ausência de separação de muitos desses resíduos plásticos. Evidenciou-se também a falta de consciência e o desconhecimento da sociedade referente aos perigos ambientais que os plásticos causam, além dos impasses políticos e econômicos.

**Palavras-chave:** Covid-19. Economia Circular. Plástico. Pandemia. Resíduos.

**Abstract:** The Covid-19 pandemic emphasized the importance of plastic for society, as it was essential for the containment of the virus and the safety of the population. However, the consequences are diverse due to the exacerbated use of this material and its mismanagement. In this sense, a systematic literature review was carried out based on articles published in the *Web of Science* and *Scopus* databases. Thirty-five articles were obtained, which were analyzed quantitatively, in order to present a bibliometric analysis, and 10 articles were analyzed qualitatively, with the aim of synthesizing the most relevant articles on the subject of study. Thus, it was concluded that the challenges for the circular economy, during the pandemic, were aggravated by the reduction of selective collection and the lack of separation of much of this plastic waste. It was also evidenced the lack of awareness and ignorance of society regarding the environmental hazards that plastics cause, in addition to the political and economic impasses.

**Keywords:** Covid-19. Circular economy. Plastic. Pandemic. Waste.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o período de 7 meses do início do surto do novo coronavírus (dezembro/2019 até junho/2020) houve um incremento aproximado na geração de resíduos plásticos de 132% em relação ao total produzido em 2019, ou seja, um aumento de 130 milhões de toneladas métricas (YUAN *et al.*, 2021). Dado o elevado consumo de plástico impulsionado pela pandemia, com o descarte contínuo de embalagens de máscaras, *face shields*, etc. (utilitários de proteção pessoal), observa-se que houve um aumento da poluição global por esses resíduos plásticos regredindo uma batalha sustentável de anos (BENSON; BASSEY; PALANISAMI, 2021). Na literatura previamente publicada, foram identificados estudos sobre os impactos à natureza devido ao aumento da geração de plástico na pandemia, visões estratégicas, e levantamento de dados. No entanto, não foram verificadas pesquisas que abordassem os desafios da economia circular no panorama da acentuada geração de resíduos plásticos devido a pandemia do Covid-19.

O presente artigo busca, através de revisão bibliográfica sistemática do tema economia circular voltada aos resíduos plásticos gerados durante a pandemia global de SARS-CoV-2, responder às seguintes questões de pesquisa: i) Quais os desafios para a gestão desses resíduos plásticos? e ii) De que formas a economia circular pode retardar o crescimento da geração de plásticos oriundos dessa crise? Essas questões de pesquisa serão respondidas sob a ótica da Engenharia de Produção, visto que se relacionam a áreas diversas como a Logística (gestão do plástico gerado) e Engenharia de Sustentabilidade (reciclagem e circulação do material na cadeia produtiva), tornando o tema bastante relevante.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Economia Circular

A economia circular é o antônimo da economia gerada por produção linear, extrair-transformar-consumir-descartar, é a forma de economia que não causa impactos ao meio ambiente, e sim, reestrutura os danos causados pela aquisição de recursos e garante que poucos resíduos sejam gerados no processo produtivo

(MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). A geração de resíduos pelo método de economia linear está resultando na deterioração do ecossistema pelo extrativismo dos recursos e pela poluição do próprio meio ambiente. Sendo assim, a Economia Circular se faz várias vezes com um mesmo recurso, em forma de *loop*, saindo e voltando para o processo produtivo, proporcionando um meio sustentável de produção. Considera-se, também, dentro do âmbito da economia circular, medidas sustentáveis como a reciclagem, reuso, logística reversa, remanufatura e medidas para que a matéria-prima tenha um maior ciclo de vida em um produto (SILVA *et al.*, 2021).

Esse novo modo de pensar, a respeito da produção e geração de riquezas por meio de recursos da natureza, tem como objetivo maior a administração desses recursos para retardar seu esgotamento completo, exigindo que haja o aumento da cooperação entre as pessoas desse meio (BAHERS; DURAND; BERAUD, 2017). No Brasil, aplicações de economia circular ainda se encontram em fase de desenvolvimento e pouco se sabe do perigo da economia linear e possibilidade de esgotamento de recursos. Segundo Carrière, Diniz e de la Mora (2020, p. 46-47), na cidade de Recife foi possível perceber que não há uma preocupação estruturada com questões de renovação de recursos naturais, apenas restritas ações de coleta seletiva ou de remediação de aterros sanitários. A visão de preservação ambiental (com isso, medidas de economia circular) ainda se encontra em segundo plano por essa sociedade.

Ademais, as normas técnicas brasileiras de gestão de resíduos são opostas ao princípio da economia circular, visto que os rejeitos e resíduos sólidos são considerados como “material desprovido de utilidade pelo seu possuidor” (ABNT, 1993) e não como recursos para a economia. Dada essa situação, se pode observar essas mesmas situações em outros lugares do Brasil, por não se tratar apenas de uma questão municipal ou estadual, mas sim, de uma questão de pensamentos e ações que toda uma nação precisaria modificar para que novas medidas sejam tomadas e para que ocorra uma mudança estrutural de geração econômica de fato.

## 2.2 Resíduos Plásticos

O plástico é produzido através das resinas do petróleo e pode ser classificado como um polímero devido a quantidade de suas moléculas. Este material compõe uma notável relação entre peso e força a qual agrega versatilidade e durabilidade. Em razão de suas características e propriedades ganhou espaço na sociedade e hoje se encontra em todos os tipos de ambientes. Atualmente, são insubstituíveis no setor da saúde, visto que são usados nas diversas ferramentas e equipamentos, além das embalagens e objetos descartáveis (CHEN *et al.*, 2020).

Com o surgimento do coronavírus SARS-CoV-2 em dezembro de 2019 e todas as necessidades que os bloqueios e distanciamentos sociais da pandemia geraram desde os primeiros meses, esse material tão importante vem produzindo grandes impactos. O aumento de sua demanda traz consigo a ampliação de uma problemática com consequências a todos os países em razão da produção exacerbada de resíduos plásticos. Os serviços remotos, as compras online, o *e-commerce*, os serviços de *take away* e os equipamentos de proteção empregados durante a pandemia para toda a população, são alguns dos fatores que agravaram a geração de resíduos, pois foram demandados itens à base de plástico para a realização dessas operações (GRASHUIS; SKEVAS; SEGOVIA, 2020; LAATO *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2020).

A reciclagem de plástico está sofrendo ampliação nos últimos anos, no entanto já era realizada de forma inadequada antes da pandemia. Com as mudanças causadas pelo coronavírus a situação se agravou, pois houve sobrecarga das infraestruturas existentes. Os resíduos hospitalares, comerciais e residenciais contaminados são um grande desafio para uma gestão eficiente devido às dificuldades de identificação de sua origem, a segregação, a coleta, o transporte, o tratamento, o descarte, além da segurança, higiene e treinamento dos profissionais que irão lidar com esses resíduos. Adicionalmente, as medidas de distanciamento social e o medo do contágio por parte dos profissionais responsáveis restringiram a coleta e a capacidade de classificação. A França optou por desativar a coleta seletiva, deixando os resíduos mistos durante o período de alta dos casos, o que dificultou o processo de reciclagem e fez com que os resíduos que poderiam ser reciclados fossem depositados em aterros ou incinerados. Durante determinado período a

Espanha, Itália e Europa Oriental também paralisaram a coleta devido à gravidade do surto (TUDBALL, 2020).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para condução do trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática a partir de artigos publicados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. O conjunto de resultados obtido foi analisado de forma quantitativa, a fim de apresentar uma análise bibliométrica, e de forma qualitativa, com o objetivo de sintetizar os artigos de maior relevância no tema de estudo.

#### **3.1 Procedimentos de Coleta de Dados**

Adaptou-se o roteiro *RBS Roadmap* de revisão bibliográfica sistemática proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011) a fim de ter uma abordagem estruturada para uma revisão breve sobre o tema “Geração de Resíduos Plásticos durante a Pandemia de COVID-19: Desafios para a Economia Circular” que capturasse as principais contribuições para a Engenharia de Produção. A Figura 1 apresenta as etapas realizadas.

##### **3.1.1 Entrada**

Na Etapa 1 foi identificado que foram pouco exploradas na literatura as dificuldades da implementação dos conceitos da economia circular, dentro do contexto da pandemia, na tentativa de suprir o retorno do material plástico gerado para a indústria. Além disso, não foi identificada a existência de um trabalho sintético e atual que apresente as principais contribuições da geração de resíduos plásticos durante a pandemia de Covid-19 e os desafios para a economia circular dentro da Engenharia de Produção (EP). Dessa forma, o objetivo (Etapa 2) deste trabalho foi entender como o tema vem sendo publicado e quais são as principais contribuições para a Engenharia de Produção. Nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* (Etapa 3) foi utilizada a combinação de palavras-chave (Etapa 4) "*circular economy*" AND "*plastic*" AND

("covid-19" OR "pandemic"), desde que aparecessem no título, no resumo ou nas palavras-chave dos documentos, retornando 67 artigos somados nas duas plataformas. Nesse total de artigos aplicou-se os critérios de inclusão (Etapa 5) que foram: (i) filtrar apenas documentos do tipo “artigos” e “artigos de revisão” e (ii) selecionar somente os documentos que correspondiam ao período de 2020 a 2022, devido a ocorrência da pandemia de SARS-CoV-2 totalizando 51 artigos (20 na base de dados *Web of Science* e 31 no *Scopus*). Excluindo-se as repetições foram obtidos 35 artigos, os quais serão analisados nesta revisão. Em seguida, aplicou-se o critério de qualificação (Etapa 6) que consistiu em: (i) ordenar por relevância os artigos e (ii) selecionar os 10 mais relevantes que abordassem o tema. Essas etapas da fase inicial bem como as etapas das fases seguintes foram realizadas entre os meses de janeiro a abril de 2022 (Etapa 7).

**Figura 1** - Etapas de condução da revisão bibliográfica sistemática



**Fonte:** adaptado de Conforto, Amaral e Silva (2011).

### **3.1.2 Processamento**

A fase de processamento consistiu em utilizar as ferramentas de busca e de análise das bases de dados *Web of Science* e *Scopus* (Etapas 8, 9 e 10). Diferentemente de uma revisão sistemática, os artigos não foram filtrados através de leitura de título, resumo, introdução ou o artigo na íntegra. Desta forma, os filtros aplicados se limitaram apenas a filtros preexistentes na ferramenta de busca. Optou-se por esse procedimento, a fim de ter uma visão panorâmica do tema, possibilitando, a partir dela, um estudo subsequente mais profundo. A ferramenta de análise proporciona dinamismo e agilidade para obter uma visão abrangente do tema estudado, possibilitando também o seu detalhamento.

### **3.1.3 Saída**

A fase de saída apresenta a bibliometria (Etapa 11) dos artigos sob as perspectivas: (i) Regiões de origem das publicações; (ii) Categorias do *Web of Science* e área de estudo do *Scopus*; (iii) Ano de publicação; e (iv) Títulos de publicação. A Etapa 12 sintetizou os principais artigos destacando (i) as áreas da EP abordadas por cada artigo e (ii) suas principais contribuições para reduzir os desafios encontrados na economia circular devido ao inadequado gerenciamento de resíduos plásticos durante a pandemia do Covid-19. O intuito dessa separação é identificar possíveis diferenças entre as pesquisas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

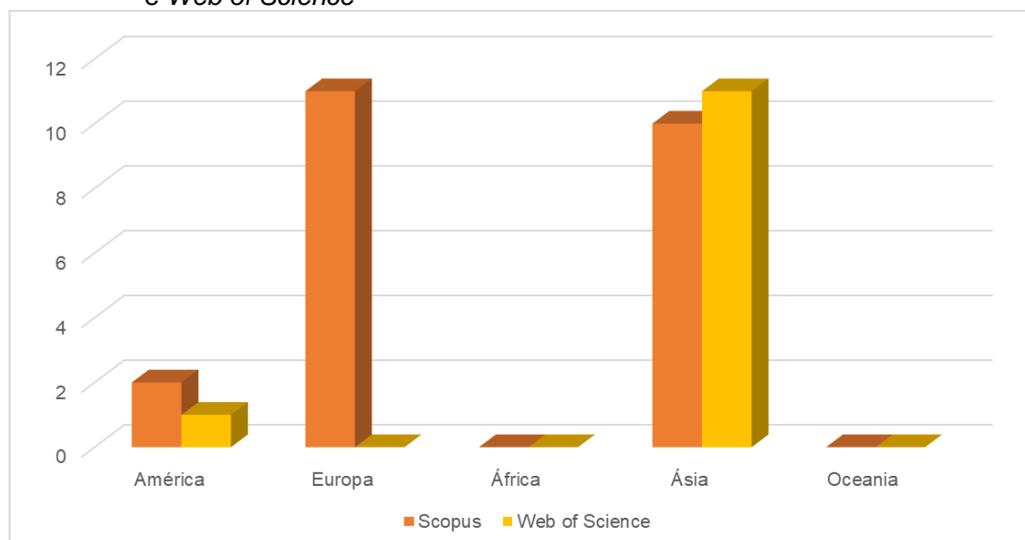
O conjunto de resultados obtido, excluindo-se as repetições, foi extraído na forma de gráficos e analisado conforme a categoria selecionada.

### **4.1 Panorama Geral**

A Figura 2 apresenta um panorama das regiões de origem das publicações conforme informado nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. As regiões que possuem maior incidência de publicação estão localizadas na Ásia e Europa.

Ademais, percebe-se que nas bases de dados não há publicações na África e na Oceania, tal fato transparece a lacuna do tema nessa região e a escassa pesquisa na América.

**Figura 2** - Regiões de origem das publicações conforme bases de dados *Scopus* e *Web of Science*

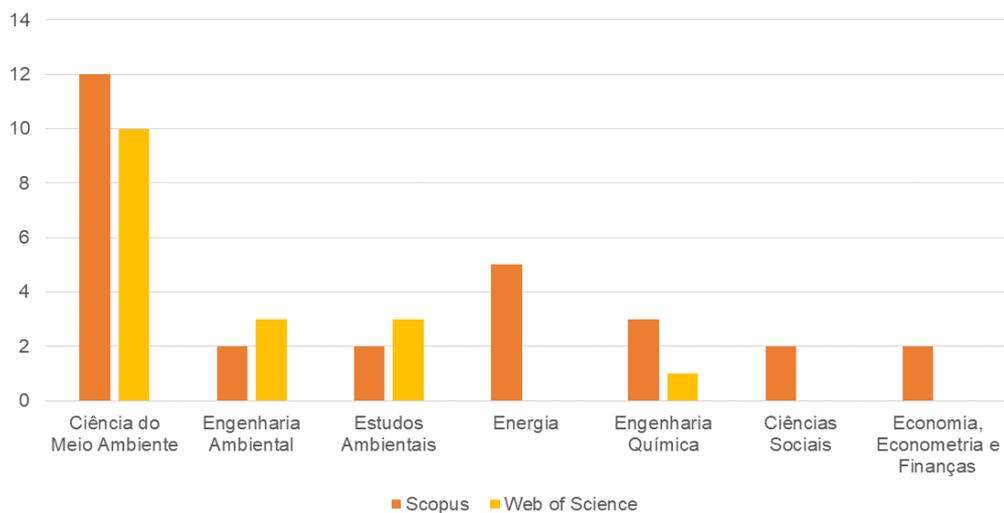


**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022)

A Figura 3 apresenta as categorias, da base de dados *Web of Science*, e as áreas de estudo, da base de dados *Scopus*, relacionadas aos artigos selecionados. A área que mais se destaca, em ambos resultados de pesquisa, é a *Environmental Sciences*, em tradução livre, Ciências do Meio Ambiente. A relação do tema com esse campo de estudo se deve à abordagem dos perigos ambientais causados pelo plástico e aos esforços para mitigar a problemática. Com isso, muitos estudos científicos são voltados ao meio ambiente e à sustentabilidade no âmbito geral.

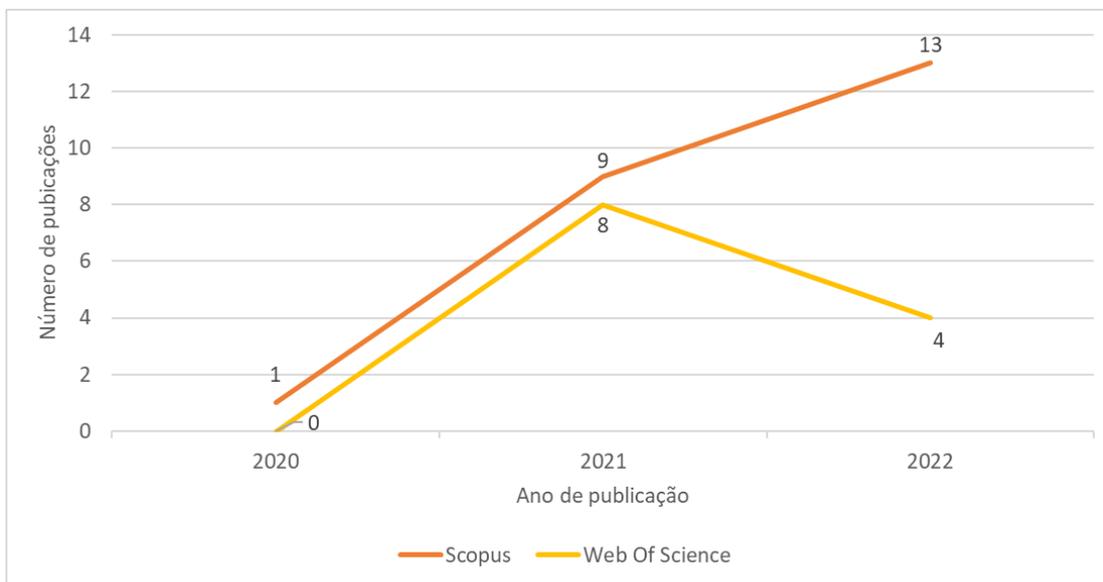
A Figura 4 apresenta o número de artigos conforme os anos de sua publicação. Em virtude da presente pesquisa ser limitada ao período da pandemia de Covid-19, as publicações foram filtradas a partir de 2020. Assim sendo, verificou-se que, em 2020, foi publicado na base de dados *Scopus* apenas um artigo e não houve publicações na base de dados *Web of Science*. Fica evidente o crescente interesse pelo tema, que gera impactos globais, visto que, nos primeiros quatro meses de 2022 foi publicado o mesmo número de artigos que todo o ano de 2021.

**Figura 3** – Categorias e áreas de estudo conforme bases de dados *Scopus* e *Web of Science*.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

**Figura 4** - Ano de publicação conforme bases de dados *Scopus* e *Web of Science*



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2022).

**Quadro 1** - Títulos de publicação conforme as bases de dados *Scopus* e *Web of Science*

<b>Nome do periódico</b>	<b>Scopus</b>	<b>Web of Science</b>
Acs Applied Materials Interfaces	1	0
Biomass Conversion and Biorefinery	1	0
Cellulose	1	0
Critical Reviews in Environmental Science and Technology	1	0
Cosmetics	1	0
Energies	1	0
Energy Economics	1	0
Environmental Policy and Law	1	0
Energy Reports	1	0
Environmental Research	0	1
Environmental Science and Pollution Research	0	1
Frontiers in Environmental Science	1	0
Fuel	1	0
Gondwana Research	1	0
Journal of Environmental Chemical Engineering	0	1
Journal of Hazardous Materials	0	1
Journal Pengurusan	1	0
Materials	1	0
Mind and Society	1	0
Nature Reviews Earth Environment	0	1
Ocean Coastal Management	1	1
Procedia Environmental Science, Engineering and Management	1	0
Process Safety and Environmental Protection	1	0
Science of the Total Environment	2	2
Sustainability	0	3
Waste Management Research	3	1
<b>Total de publicações</b>	<b>23</b>	<b>12</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022).

Por fim, o Quadro 1 expõem os títulos de publicação dos artigos selecionados em ambas as plataformas. Verifica-se uma grande dispersão do assunto entre os periódicos científicos, sendo os que possuem maior destaque, com a publicação de quatro artigos cada, o *Science of the Total Environment*, com duas publicações na base *Scopus* e duas na *Web of Science*, e o *Waste Management Research*, com três publicações na *Scopus* e uma na *Web of Science*. Por fim, foram publicados três artigos no periódico *Sustainability*, filtrados na base de dados *Web of Science*. Nesse sentido, evidenciou-se a relação entre a geração e a gestão de resíduos plásticos, além de suas consequências ao meio ambiente.

## **4.2 Principais Publicações**

Nesta seção, foram selecionadas as dez publicações de maior relevância nas duas bases de dados, as quais foram lidas e sintetizadas.

### **4.2.1 Plásticos em tempos de pandemia do Covid-19: Protetor ou poluidor?**

Parashar e Hait (2021) apresentaram uma revisão sistemática considerada um dos artigos de maior relevância para o tema. Seus achados contribuem com o levantamento de desafios da economia circular para gestão de resíduos plásticos, proposto no presente artigo, visto que discutem se, durante a pandemia de Covid-19, os plásticos estavam atuando como protetores da saúde pública ou poluidores do meio ambiente. O crescimento na fabricação e distribuição de plásticos para proteção da população foi observado, visto que a sociedade aumentou a demanda por equipamentos de proteção individual e embalagens plásticas. Isso acarretou a expansão da geração de resíduos, sobrecarregando o sistema de coleta e afetando a reciclagem desses materiais, principalmente por se tratar de resíduos infectantes. Destaca-se a relação do artigo com duas áreas da Engenharia de Produção: (i) Sustentabilidade, visto que aborda o aumento da geração e o destino desses resíduos plásticos, e (ii) Logística, uma vez que foram pesquisadas as práticas globais de consumo e os impactos no gerenciamento desse material. Os resultados do artigo destacam que o comportamento irresponsável dos consumidores, a falta de

consciência social e a má gestão fazem do plástico um grande poluente ambiental e ameaçam a saúde pública. Dentre as possíveis soluções apresentadas, de curto e longo prazo, a necessidade de uma política mais rigorosa e de estratégias vinculadas à economia circular, complementares ao gerenciamento de resíduos, são de grande relevância para lidar com os desafios apresentados contribuindo para a redução, reciclagem e recuperação desses materiais.

#### **4.2.2 Reciclagem de plásticos após a pandemia global: ressurgimento ou regressão?**

A publicação traz uma abordagem informativa dos autores Kahlert e Bening (2020) sobre as restrições da coleta de plásticos na Europa, em função da pandemia, e dos riscos de contágio por esses resíduos. A publicação menciona também as práticas de incentivos fiscais, para a manutenção do desenvolvimento sustentável das empresas, somadas aos auxílios financeiros governamentais para manter as empresas em funcionamento durante a crise. Esses temas relacionam a Engenharia Econômica e a Logística ao abordar a gestão pública de recursos, em meio à crise, e a necessidade de práticas sustentáveis de coleta. Outra área abordada é a da Engenharia do Produto, em conjunto com a Engenharia de Sustentabilidade, ao tratar do desenvolvimento de produtos com *design* focado na sustentabilidade e em formas de fazer com que o futuro resíduo plástico possa retornar à cadeia produtiva como matéria-prima.

Aos olhos da Engenharia de Produção, analisa-se que os desafios da economia circular na Europa se relacionam, principalmente, à crise econômica gerada pela pandemia, o que torna limitada a capacidade de promoção de medidas sustentáveis. Além disso, existe um grande risco de contaminação por possíveis resíduos infectados, tornando evidente que os resíduos que iriam passar por coleta seletiva estão agora sendo simplesmente enterrados ou incinerados. Um ponto de reflexão é que a pandemia pode fazer com que as empresas, impulsionadas pelos auxílios financeiros governamentais para as indústrias, repensem seus modelos produtivos passando a ter um olhar mais sustentável que promova as mudanças necessárias.

Respondendo à pergunta exposta no título, concluem que há os dois lados da

moeda. A regressão se dá pela indústria do plástico que ainda governa o mercado com embalagens baratas e multifuncionais, além de não haver mudanças com os incentivos existentes. Já o ressurgimento está existindo por meio da resiliência dos recicladores em se manterem focados na missão de reciclar e manter os recursos na cadeia produtiva, investindo em novas tecnologias e equipamentos melhores. Soma-se a isso, a propagação pública de conhecimento sobre o valor da reciclagem, impulsionando os consumidores a escolherem produtos sustentáveis ou reciclados, e assim, pressionando os empresários a olharem para estes tipos de produtos.

#### ***4.2.3 Plásticos e a pandemia de coronavírus: uma perspectiva da ciência comportamental***

O artigo escrito por Makki, Lamb e Moukaddem (2021) oferece uma análise com base na ciência comportamental sobre o uso de plásticos na pandemia de Covid-19 e descreve como uma ferramenta de análise comportamental pode apoiar a criação de políticas mais efetivas no Oriente Médio e Norte da África, que estão fazendo uso descontrolado de plásticos descartáveis. Destacam-se os efeitos positivos que a pandemia pode trazer, como uma visão mais consciente e o esclarecimento das pessoas sobre o uso de descartáveis. O artigo se relaciona a Engenharia do Produto mostrando que é viável utilizar materiais ecologicamente corretos como caixas recicladas em mercados, ao invés de sacolas plásticas, e evidenciando a escassez de logística durante a pandemia devido à alta produção de plásticos e materiais que acabam sendo descartados nas calçadas e poluindo o meio ambiente, o que é considerado um problema crucial para a economia circular.

Destaca-se que quando as medidas de isolamento foram mais severas, as pessoas passaram a solicitar muitos *deliveries*, aumentando a dependência de descartáveis. Soma-se a isso, o surgimento de uma crescente de pensamentos errôneos de que materiais descartáveis são mais higiênicos, sendo que talheres e pratos não descartáveis, por exemplo, são higienicamente seguros, pois sempre são higienizados para o próximo uso. Além desse comportamento preocupante, muitos países observaram que uma pandemia pode ser um excelente cenário para promover práticas limpas e ecológicas, tornando esse momento em um catalisador com o

destino de transformar hábitos. No Qatar, ocorreu a parceria com uma empresa de reciclagem e um mercado para trocar sacolas plásticas por caixas recicladas, iluminando os clientes a respeito de mudanças para um comportamento ecologicamente correto. Sem contar que muitos outros lugares dessa região estiveram promovendo campanhas de mídia social com figuras influentes trazendo ao grande público dicas para o uso de reutilizáveis e uso prolongado de materiais, favorecendo a economia circular.

#### **4.2.4 A economia circular como método anti-crise para a recuperação da economia global sob Covid-19: Emprego e efeito de transferência tributária**

Krysovaty et al. (2021) apresentam dados a respeito dos níveis de emprego nas cadeias de reciclagem no contexto europeu. Destaca-se que a União Europeia está passando por uma grande movimentação no intuito de propagar a circularidade de plásticos através de tentativas de mudanças de políticas fiscais e tributárias para impedir a depreciação do meio ambiente e promover práticas de separação de lixo. Porém, mudanças desse tipo são muito difíceis de serem realizadas. Por outro lado, expõe-se que uma introdução à economia circular pode ser dada ao promover aumento de empregos em postos de trabalho de reciclagem, visto que quanto mais pessoas trabalhando pela coleta, mais resíduos plásticos serão coletados. Relata-se também, que de acordo com a Comissão Europeia, a maior expansão de atividades circulares proporcionará um crescimento de mais de 3 milhões de empregos até 2030. Muitos países já estão com projetos em andamento, sejam eles, locais, regionais ou nacionais. Foi comprovado por gráficos apresentados, que em regiões onde há maior quantidade de empregos em setores de gestão de resíduos, são reduzidas as quantidades de aterros e, conseqüentemente, os impactos ambientais gerados pelos resíduos ali depositados. Além disso, o aumento de empregos é totalmente viável, uma vez que existem milhões de pessoas (imigrantes, idosos e moradores de rua) na Europa trabalhando informalmente em situações de perigo, coletando resíduos que vão parar em aterros.

O artigo aborda temas da Engenharia Econômica ao relatar a tentativa de mudança de questões fiscais e de tributação, bem como a geração de empregos para

promover a economia circular. A Engenharia de Sustentabilidade também pode ser destacada ao abordar a gestão desses resíduos coletados e o aumento nas cadeias de reciclagem, bem como a Logística que será propulsionada pela maior capacidade de coleta.

#### **4.2.5 A pandemia de Covid-19 exige uma mudança para uma economia circular de plástico**

Os comentários apresentados por Yuan *et al.* (2021) fornecem dados que colaboram para a análise dos desafios da economia circular em relação ao aumento de resíduos plásticos durante a pandemia de Covid-19. O documento relata que algumas das medidas regulatórias destinadas a diminuir os resíduos foram adiadas ou até mesmo revertidas, paralisando a longa batalha para mitigar a poluição plástica. Uma vez que políticas de distanciamento social foram estabelecidas, a fim de conter a disseminação do vírus, os serviços de *delivery* e *take-away* aumentaram, e seus resíduos sobrecarregaram os programas de gerenciamento desses. Nesse sentido, o artigo conecta-se a quatro áreas da Engenharia de Produção: (i) Sustentabilidade, dado o aumento de resíduos e o descarte impróprio de equipamentos de proteção individual (EPIs) e embalagens. Soma-se a isso o método de incineração adotado por diversos governos que também prejudica a qualidade do ar por meio da emissão de toxinas e gases de efeito estufa; (ii) Logística, visto que foi analisado o comportamento da sociedade e os impactos gerados pela má gestão dos resíduos, o qual formou um acúmulo alarmante de plástico no solo e nos ecossistemas aquáticos; (iii) Engenharia de Produto, pois, para a redução da problemática, os produtos plásticos devem ser projetados para serem completamente degradados ou reciclados adequadamente e (iv) Engenharia Econômica, visto que deve haver uma interação entre consumidores, indústrias e governos na pesquisa e análise de medidas econômicas que promovam a implementação de uma economia circular.

#### **4.2.6 Desafios e estratégias para uma gestão eficaz de resíduos plásticos durante e após a Covid-19**

O artigo escrito por Vanapalli *et al.* (2021) mostra uma abordagem informativa, a qual destaca as implicações da pandemia de Covid-19 frente à crescente geração de resíduos plásticos. Ainda, os pesquisadores analisam as leis e regulamentações políticas que foram afetadas nesse âmbito e abordam planos de ação, de curto e longo prazo, a fim de reduzir a problemática. Por conseguinte, o artigo se relaciona a três áreas da Engenharia de Produção, a saber: (i) Sustentabilidade, em vista do aumento e do descarte impróprio de resíduos plásticos, além da análise feita referente a composição de materiais plásticos descartáveis, os quais prejudicam a reciclagem devido às diversas camadas de polímeros diferentes; (ii) Engenharia Econômica, pois para uma reciclagem de matéria-prima eficaz e funcional, os custos de processamento de resíduos associados à qualidade dos produtos, a disponibilidade de mercados e a sustentabilidade econômica do processo devem ser considerados; e (iii) Logística, dado o estudo feito referente aos métodos de reciclagem e a introdução de sistemas automatizados de segregação, habilitados por inteligência artificial, pois poderiam melhorar a eficiência e a velocidade da reciclagem e melhorar a qualidade e, portanto, o valor dos produtos reciclados. Assim sendo, fica clara a mudança comportamental da população e institucional das indústrias e empresas para a gestão inclusiva e sustentável de resíduos plásticos, a qual aliada à redução e recuperação desse material vai de encontro aos conceitos da economia circular.

#### **4.2.7 A pandemia de Covid-19 reformula a pesquisa sobre poluição plástica – Uma análise comparativa da pesquisa sobre poluição plástica antes e durante a pandemia**

A publicação de Wang, Zhang e Li (2022) retrata as diferentes perspectivas da pesquisa sobre poluição plástica devido a influência da pandemia de Covid-19. Sob esse viés, são relatados os fatores que evidenciam as mudanças na pesquisa, dentre eles pode-se destacar as alterações na tendência de produção plástica, a mudança de foco temático em cenário global e a reformulação de estudos, os quais buscam

aprofundamento no material e em soluções para a poluição plástica. O artigo apresenta dados que analisam o número de publicações de 2015 a 2019 e de 2020 até 08/2021, de forma que fica evidente que os estudos aumentaram cerca de 400% em comparação aos anos anteriores, visto que a média de publicações aumentou de 849/ano para 3.634/ano. Nesse sentido, percebe-se que a pandemia foi um agravante da problemática e transformou as publicações sobre o assunto. Sob esse viés, é nítida a relação da obra com algumas áreas da Engenharia de Produção, pois o artigo aborda diferentes pesquisas que analisam fatores sustentáveis, econômicos e logísticos a fim de definir os efeitos da pandemia nas publicações do tema.

#### ***4.2.8 Resíduos plásticos associados à pandemia de Covid-19: Crise ou oportunidade?***

O artigo aborda a gestão de resíduos plásticos desde o início da pandemia. Nesse sentido, Khoo *et al.* (2021) apresentam o aumento exponencial do consumo de resíduos hospitalares (como por exemplo máscaras, luvas e *face shields*) e a importância da reciclagem correta de resíduos contaminados. Os autores informam as consequências da problemática, assim, se não houver a reutilização dos plásticos gerados na pandemia, os resíduos se acumularão prejudicando ainda mais o meio ambiente. Os pesquisadores também concluem que o descarte incorreto e a falta de conscientização da população aumentam a crise plástica e que seus riscos poderão ser oportunidades para grandes empresas que estejam em busca da economia circular. Sob esse viés, o artigo está relacionado com a área de Engenharia da Sustentabilidade, devido a sua grande preocupação com a reciclagem correta de resíduos, de forma que possam ser reaproveitados como matéria-prima para novos produtos.

#### ***4.2.9 Acúmulo de plástico durante o Covid-19: chamada para outra pandemia; bio-plástico um passo para este desafio?***

O artigo de Mittal, Mittal e Aggarwal (2022) aborda os impactos da pandemia no mundo e põe ênfase na geração de resíduos devido a utilização em massa de

produtos não-recicláveis. Com isso, evidenciam-se as vantagens de se utilizar matérias-primas recicláveis como os bio-plástico, os quais podem ser reutilizados para a fabricação de novos produtos. Os autores abordam a baixa utilização de bio-plástico na Índia e destacam a importância de plásticos biodegradáveis, como por exemplo os Polihidroxialcanoatos (PHA). O PHA tem sua origem a partir de fontes de biomassa, águas residuais municipais, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, e possui variadas propriedades benéficas, como facilidade de processamento, resistência a UV e insolubilidade em água. Tais características permitem a substituição de materiais não biodegradáveis; no entanto, se deve considerar que o custo do material é elevado e que seus biopolímeros possuem processo de degradação lento. Assim sendo, sua contribuição para a economia circular e a preservação do meio ambiente segue sendo objeto de estudo, dada a busca por materiais biodegradáveis mais eficientes. Ademais, devido a análise apresentada dos materiais utilizados em diversos produtos plásticos, pode-se dizer que a pesquisa possui relação com a Engenharia do Produto e Sustentabilidade. Essa discussão é muito relevante para futuros engenheiros de produção, pois contribui para o conhecimento a respeito de matérias-primas de menor impacto ao meio ambiente.

#### ***4.2.10 Ingredientes-chave e estratégia de reciclagem de equipamentos de proteção individual (EPI): Rumo a uma solução sustentável para as pandemias do tipo Covid-19***

Na revisão de Siwal *et al.* (2021) foi apresentada uma estimativa de que tenham sido utilizados quase 200 bilhões de máscaras e luvas descartáveis por mês durante o período da pandemia. Com isso, foram abordadas diversas publicações com estudos de reciclagem desses materiais na indústria; todos os processos retratados servem como alternativas para os resíduos plásticos voltarem a possuir valor agregado de venda e uso, ou seja, indicam oportunidade de reprocesso desses resíduos, a qual é característica da economia circular. Dentre as alternativas, foi exposta a possibilidade de realização de um processo de pirólise usando EPIs descartados como material de processamento, resultando em diferentes tipos de biocombustíveis. Outra técnica abordada foi o processo de hidrólise em descartáveis feitos de PET, a qual transforma esse material em dois subprodutos, o ácido tereftálico

e etilenoglicol, que são de grande utilidade na indústria. O artigo relaciona-se com Engenharia do Produto e Sustentabilidade, por possuir foco em métodos de reciclagem inovadoras, para transformar um produto “inutilizável” em matéria-prima ou produtos de alto valor (como combustíveis) de grande utilidade na indústria.

### **4.3 Análise dos principais artigos**

Os artigos apresentados nesta revisão possibilitaram a análise dos impactos da pandemia no aumento da geração de resíduos plásticos no mundo e seus efeitos ao meio ambiente. Nesse cenário, verificou-se que os impasses econômicos, gerenciais e organizacionais são frequentemente negligenciados e devem ser explorados com a maior brevidade possível. Entende-se, portanto, que medidas relacionadas ao sistema de economia circular devem ser implementadas por todas as corporações que fazem uso e transformação de materiais plásticos. Assim, pretende-se que os processos de produção sejam mais eficientes, devido a melhor gestão dos recursos naturais e ao aumento da utilização e do valor de produtos plásticos.

O Quadro 2 apresenta a relação entre os artigos com destaque para quatro áreas da Engenharia de Produção, sendo elas a Engenharia do Produto, a Logística, a Engenharia Econômica e a Engenharia de Sustentabilidade. Sob essa perspectiva, evidencia-se a escassez de pesquisas nas demais áreas, como: (i) Engenharia de Operações e processos da produção, a qual poderia rever o uso do plástico nas indústrias, visto que seu conhecimento em projetos, operações e melhorias de sistemas poderia reduzir os impactos no meio ambiente e agregar valor a essas empresas; (ii) Pesquisa Operacional, a qual utiliza métodos científicos, modelagem matemática e simulação computacional a fim de resolver problemas, através da realocação de recursos escassos, otimizando sistemas e dando apoio a tomada de decisão; (iii) Engenharia da Qualidade, que poderia ser utilizada nas indústrias de produção de plástico para controle, padronização e melhoria contínua de processos melhorando desempenho de processos circulares; (iv) Engenharia Organizacional, além do seu papel fundamental no desenvolvimento da empresa, essa área deve ser inserida com um olhar estratégico e sustentável dentro das indústrias, a fim de buscar a melhoria de seus processos, a redução de recursos a serem utilizados e a

adequação de produtos mais sustentáveis e (v) Engenharia do Trabalho, tal área possui relação com a adequação de tarefas e serviços, assim seria importante entender se a implementação da economia circular nas indústrias de plástico traria impactos na saúde e segurança de seus colaboradores.

**Quadro 2** – Áreas da engenharia de produção relacionadas aos artigos

Publicações sintetizadas	Áreas da Engenharia de Produção			
	Engenharia Econômica	Engenharia de Sustentabilidade	Logística	Engenharia do Produto
Parashar e Hait (2021)		X	X	
Kahlert e Benging (2020)	X		X	X
Makki, Lamb e Moukaddem (2021)			X	X
Krysovaty <i>et al.</i> (2021)	X	X	X	
Yuan <i>et al.</i> (2021)	X	X	X	X
Vanapalli <i>et al.</i> (2021)	X	X	X	
Wang, Zhang e Li (2022)	X	X	X	
Khoo <i>et al.</i> (2021)		X		
Mittal, Mittal e Aggarwal (2022)		X		X
Siwal <i>et al.</i> (2021)		X		X

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

## 5 CONCLUSÃO

Recentemente, a pandemia de Covid-19 tem mostrado à sociedade que embora os conhecimentos científicos sobre os perigos ambientais tenham avançado, a divulgação dessas pesquisas está sendo insuficiente para conscientizar a população sobre a problemática do modelo linear de produção.

Ao longo da revisão bibliográfica sistemática construída, buscou-se responder

a duas questões de pesquisa. No que se refere a questão (i): “*Quais os desafios para a gestão desses resíduos plásticos?*” conclui-se que, em tempos de pandemia, os desafios se agravaram devido a diminuição de coletas seletivas em virtude dos perigos de contaminação pelo vírus, ao aumento da demanda de produtos plásticos descartáveis e embalagens no geral e ao desconhecimento da população sobre os perigos ambientais causados pelos plásticos. Outrossim, os impasses políticos são considerados desafios para a economia circular, pois não consideram prioritário alterar o modelo econômico vigente. Em relação a questão (ii) “*De que formas a economia circular pode retardar o crescimento da geração de plásticos oriundos dessa crise?*” verificou-se que há comunidades que batalham contra o acúmulo de resíduos plásticos, por meio da disseminação da situação crítica dos ecossistemas e buscam investir em novas tecnologias para o desenvolvimento de produtos biodegradáveis e sustentáveis, e para aprimorar a reciclagem. Dessa forma, o presente artigo reforça a convergência entre sustentabilidade, reciclagem e economia circular.

O maior desafio a fim de compor esta revisão, foi evidenciar nas sínteses um agrupamento de informações pertinentes em muitas partes do mundo e as dificuldades globais enfrentadas pela economia circular durante a pandemia. Sugere-se que as próximas pesquisas tratem de soluções logísticas na gestão dos resíduos plásticos e soluções tecnológicas inovadoras de produtos recicláveis/renováveis. Deste modo, melhorias e evoluções poderão existir com intuito de reduzir as grandes barreiras existentes em relação a economia circular o que permitirá implementá-la em diversas áreas do mercado. Ao se desenvolver cada vez mais inovações com olhares para economia circular e no pensar ecologicamente sustentável, poderá ser possível iluminar os olhos dos consumidores, de modo que eles formulem uma visão do todo e anteponham consumir produtos que não degradem o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12980**: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BAHERS, Jean-Baptiste; DURAND, Mathieu; BERAUD, Hélène. Quelle territorialité pour l'économie circulaire? Interprétation des typologies de proximité dans la gestion des déchets. **Flux**, Paris, v. 109-110, n. 3, p. 129-141, 2017.

BENSON, Nsikak; BASSEY, David; PALANISAMI, Thavamani. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. **Heliyon**, v. 7, n. 2, a. e06343, online, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06343>

CARRIÈRE, Jean-Paul; DINIZ, Fabiano; DE LA MORA, Luis. Economia circular: preservação de recursos naturais e práticas urbanas. Uma análise comparativa (Tours, França e Recife, Brasil). **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**: Dossiê temático: Natureza e Cidade. São Carlos, v. 18, n. 2, p. 35-49, 2020.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO – CBGDP, 8., 2011.

CHEN, Wei-Qiang *et al.* Sustainable cycles and management of plastics: A brief review of RCR publications in 2019 and early 2020. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 159, n. 104822, online, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104822>

GRASHUIS, Jasper; SKEVAS, Theodoros; SEGOVIA, Michelle S. Grocery. Shopping Preferences during the COVID-19 Pandemic. **Sustainability**, v. 12, n. 13, a. 5369, online, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12135369>

KAHLERT, Sebastian; BENING, Chatarina. Plastics recycling after the global pandemic: resurgence or regression? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 160, a. 104948, online, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104948>

KHOO, Kuan Shiong *et al.* Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? **Journal of Hazardous Materials**, v. 417, a. 126108, online, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126108>

KRYSOVATYY, Andriy *et al.* Circular economy as an anti-crisis method for global economy recovery under covid-19: employment and tax shift effect. **Procedia**

**Environmental Science, Engineering and Management**, v. 8, n. 2. p. 463-472, 2021.

LAATO, Samuli *et al.* Unusual purchasing behavior during the early stages of the COVID-19 pandemic: The stimulus-organism-response approach. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 57, a. 102224, online, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102224>

MAKKI, Fadi; LAMB, Anna; MOUKADDEM, Rouba. Plastics and the coronavirus pandemic: a behavioral science perspective. **Mind & Society**, v. 20, n. 2, p. 209-213, 2021.

MITTAL, Mahak; MITTAL, Divya; AGGARNAL, Neeraj Kumar. Plastic accumulation during COVID-19: call for another pandemic; bioplastic a step towards this challenge? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 9, n. 8, p. 11039 - 11053, 2022.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of business ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017.

PARASHAR, Neha; HAIT, Subrata. Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? **Science of The Total Environment**, v. 759, a. 144274, online, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274>

SILVA, Thainy Genny Esteves *et al.* Economia circular: Um Panorama do Estado da Arte das Políticas Públicas no Brasil. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p.951-972, 2021.

SIWAL, Samarjeet Singh *et al.* Key ingredients and recycling strategy of personal protective equipment (PPE): Towards sustainable solution for the COVID-19 like pandemics. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 5, a. 106284, online, 2021.

TUDBALL, Matt. Europe's recycling markets at risk of post-consumer bale shortages because of coronavirus. **Independent Commodity Intelligence Services**, 2020. Disponível em: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2020/04/09/10494942/europe-s-recycling-markets-at-risk-of-post-consumer-baleshortages-because-of-coronavirus/>  
Acesso em: 12 jan. 2022

VANAPALLI, Kumar Raja *et al.* Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. **Science Of The Total Environment**. v. 750, a. 141514, online, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141514>

WANG, Erpeng *et al.* Consumer food stockpiling behavior and willingness to pay for food reserves in COVID-19. **Food Security**, v. 12, p. 739-747, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s12571-020-01092-1>

WANG, Qiang; ZHANG, Min; LI, Rongrong. The COVID-19 pandemic reshapes the plastic pollution research – A comparative analysis of plastic pollution research before and during the pandemic. **Environmental Research**, v. 208, a. 112634, online, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112634>

YUAN, Xiangzhou; WANG, Xiaonan; SARKAR, Binoy; OK, Yong Sik. The COVID-19 pandemic necessitates a shift to a plastic circular economy. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 2, p. 659–660, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00223-2>

Artigo recebido em: 16/05/2022 e aceito para publicação em: 30/08/2022  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i1.4650>