

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ana Violeta Freire Tobaja

**ANÁLISE DA COLETA DE MATERIAIS PLÁSTICOS NO PERÍODO DE
PANDEMIA EM UMA COOPERATIVA DE TRIAGEM DA CIDADE DE
SOROCABA**

Sorocaba

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ana Violeta Freire Tobaja

**ANÁLISE DA COLETA DE MATERIAIS PLÁSTICOS NO PERÍODO DE
PANDEMIA EM UMA COOPERATIVA DE TRIAGEM DA CIDADE DE
SOROCABA**

Trabalho de Conclusão de Graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia de
Produção da Universidade Federal de São
Carlos para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientação: Profa. Dra. Virgínia A. S. Moris

Sorocaba

2023

Tobaja, Ana Violeta Freire

Análise da coleta de materiais plásticos no período de pandemia em uma cooperativa de triagem da cidade de Sorocaba / Ana Violeta Freire Tobaja -- 2023. 47f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Virgínia Aparecida da Silva Moris

Banca Examinadora: Denise Aparecida Tallarico Guelli Lopes, Jane Maria Faulstich de Paiva

Bibliografia

1. Produção Sustentável . 2. Resíduos Plásticos. 3. Pandemia. I. Tobaja, Ana Violeta Freire. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979

Análise da coleta de materiais plásticos no período de pandemia em uma cooperativa de triagem da cidade de Sorocaba

Ana Violeta Freire Tobaja; Profa. Dra. Virgínia A. S. Moris. Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba – Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, Sorocaba, SP – CEP 18052-780. E-mail: vftana@estudante.ufscar.br; vimoris@ufscar.br.

Resumo: O consumo de recursos naturais e a geração de resíduos plásticos aumentaram de maneira acelerada na segunda metade do século XX e no século XXI, representando um grave problema ao meio ambiente. Com a pandemia da COVID-19, medidas e recomendações foram adotadas para evitar a disseminação da doença, de forma que, em um esforço para conter a disseminação do vírus, produtos poliméricos de uso único foram amplamente utilizados, e diversos estudos ao redor do mundo apontaram preocupação com o aumento dos resíduos plásticos neste período. Nesse sentido, um desafio é a reutilização dos resíduos plásticos, agregando valor aos materiais descartados e reinserindo-os na cadeia produtiva. Para tal, a reciclagem é fundamental, e, no Brasil, as cooperativas de triagem têm grande importância. São as cooperativas que coletam, limpam, separam, armazenam e destinam estes resíduos a empresas que fazem sua reciclagem e os reintegram ao processo produtivo. Além de contribuir para a diminuição de resíduos no meio ambiente, a reciclagem pode auxiliar na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Desta forma, este estudo teve como objetivo analisar a coleta de resíduos plásticos durante a pandemia, a fim de verificar se houve aumento, comparando dados de anos anteriores à pandemia e dados do período pandêmico; além disso, o trabalho visa avaliar a contribuição das cooperativas na redução das emissões de GEE, destacando a sua importância no cenário atual. As emissões foram calculadas através de uma metodologia simplificada e da calculadora de emissão de GEE do Projeto ProteGEEr. Os cálculos foram feitos comparando o uso de recursos reciclados e recursos virgens para a produção de novos produtos plásticos. Os resultados apresentaram números significativos para a utilização de materiais recicláveis em detrimento de materiais virgens.

Palavras-chave: Resíduos plásticos, Pandemia, Reciclagem, Coleta seletiva, GEE.

Analysis of the collection of plastic materials during the pandemic period in a sorting cooperative in the city of Sorocaba

Abstract: The consumption of natural resources and the generation of plastic waste increased rapidly in the second half of the 20th century and in the 21st century, representing a serious problem for the environment. With the COVID-19 pandemic, measures and recommendations were adopted to prevent the spread of the disease, so that, to contain the spread of the virus, single-use polymer products were widely used, and several studies around the world pointed out concern about an increase in plastic waste in this period. In this sense, a challenge is the reuse of plastic waste, adding value to discarded materials and reinserting them into the production chain. For this, recycling is essential, and in Brazil, waste pickers cooperatives are of great importance. They are the ones who collect, clean, separate, store and send this waste to companies that recycle it and reintegrate it into the production process. In addition to contributing to the reduction of waste in the environment, recycling makes it possible to reduce greenhouse gas (GHG) emissions. Thus, this study aimed to analyze the collection of plastic waste during the pandemic, in order to verify if there was an increase, comparing data from years prior to the pandemic and data from the pandemic period; in addition, the work aims to evaluate the contribution of cooperatives in reducing GHG emissions, highlighting their importance in the current scenario. Emissions were calculated using a simplified methodology and the GHG emission calculator by the ProteGEEr Project. Calculations were made by comparing the use of recycled resources and virgin resources to produce new plastics. The results showed significant numbers for the use of recyclable materials instead of virgin materials.

Keywords: Plastic waste, Pandemic, Recycling, Waste sorting, GHG.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos de plásticos são muito comuns na sociedade atual. Eles estão em todos os lugares, em embalagens, sacolas, utensílios domésticos, eletrodomésticos, equipamentos eletrônicos, automóveis e até mesmo roupas. O uso desse material é tão enraizado em nosso cotidiano que pensamentos a respeito da quantidade de lixo produzido e seus danos para o planeta nem passam pela cabeça da maioria das pessoas no dia a dia. Nesse sentido, os plásticos de uso único são os mais prejudiciais, pois sua vida útil é curta, ainda que demorem centenas de anos para se decompor no meio ambiente (BANSAL & SHARMA, 2021).

Com a pandemia da COVID-19, que surgiu no fim de 2019 e teve seus piores períodos em 2020 e 2021, medidas e recomendações foram adotadas para evitar a disseminação da doença, de forma que produtos de uso único, que até então vinham sendo desencorajados a fim de conter o avanço da poluição plástica no planeta, ganharam força novamente num esforço para frear a contaminação pelo vírus (SHAMS, ALAM & MAHBUB, 2021).

O uso e descarte indiscriminado de produtos plásticos é um grave problema para o meio ambiente e futuro da vida na terra, seja pelo esgotamento dos recursos, ou pela poluição gerada por esses produtos, que levarão centenas de anos para se decompor (KLEMES *et al.*, 2020). Urge, portanto, a necessidade de iniciativas para conter o avanço da poluição por este tipo de produto, buscando formas de produção e consumo mais sustentáveis, com foco no fim de vida de produtos do tipo. É de suma importância, portanto, que se continue a estudar e avaliar os impactos desse material no planeta, trazendo à luz uma discussão necessária à manutenção da vida terrestre, sobretudo com o crescimento da população e a sociedade de consumo atual, cujos hábitos foram impactados pela pandemia do novo coronavírus (BENSON, BASSEY & PALANISAMI, 2021) (LEAL FILHO *et al.*, 2021).

Nos últimos dois anos, muito tem-se estudado a respeito do tema, sobretudo fora do Brasil, havendo poucas pesquisas abordando a questão do descarte de resíduos plásticos durante a pandemia em nosso país. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é abordar a questão do uso e descarte de materiais plásticos durante a pandemia para entender melhor como o problema foi e tem sido tratado no Brasil e no mundo, em questão de destinação dos resíduos plásticos, fazendo uso da revisão bibliográfica. Paralelamente, foi observado na prática como se deu e se dá a coleta

deste tipo de resíduo com o estudo de caso em uma cooperativa de coleta da cidade de Sorocaba, coletando dados e comparando-os com os de anos anteriores, assim, sinalizando possíveis diferenças trazidas pela pandemia. Também foi avaliada a contribuição do trabalho das cooperativas de coleta de materiais recicláveis em emissões de gases de efeito estufa (GEE). Para tal, foi feita uma comparação das emissões de GEE geradas quando se utiliza materiais poliméricos reciclados para a produção de novos produtos plásticos com as emissões que seriam geradas caso fossem utilizados recursos virgens para a produzir novos produtos.

Com isso, espera-se que o trabalho possa contribuir para a discussão a respeito da poluição plástica, um problema real e global que necessita de maior atenção das autoridades, empresas e indivíduos, tendo em vista seu impacto no esgotamento de recursos, mudanças climáticas e poluição do meio ambiente. O período focado no trabalho foi o período de pandemia, de 2020 até os dias atuais, no qual foi observado um aumento do uso de materiais plásticos no mundo todo (YOU, SONNE & OK, 2021) - Um estudo realizado pela ONG Oceana mostrou um aumento de 46% no consumo de plásticos de uso único em pedidos de *delivery* de 2019 para 2021 (MENEGASSI, 2022) -, e cujas pesquisas no Brasil relacionadas a esse período ainda são incipientes. O trabalho procurou ajudar a preencher essa lacuna, respondendo se houve aumento na coleta de materiais plásticos durante a pandemia e como foi gerenciado, com foco no papel das cooperativas de triagem de materiais neste cenário e emissões de GEE desta atividade.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, que, de acordo com Marconi e Lakatos (2017) “(...) é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema”, para construir o referencial teórico e alcançar maior familiaridade com o problema, de forma que a pesquisa pudesse contribuir na análise e discussão dos resultados do estudo de caso, realizado na segunda parte do trabalho.

Já para a segunda parte do trabalho, a parte prática, foi feito um estudo de caso, com observação e coleta de dados em uma cooperativa de triagem de materiais da cidade de Sorocaba/SP, a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis da cidade de Sorocaba (Coreso).

2.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é um tipo específico de produção científica feita com base em textos, como livros, jornais, enciclopédias, resenhas, resumos e artigos científicos, sendo que estes são o principal foco dos pesquisadores, uma vez que fornecem o que há de mais atualizado no conhecimento científico (MARCONI & LAKATOS, 2017). Dessa forma, para a realização da pesquisa bibliográfica, partiu-se da revisão de artigos científicos, encontrados através de plataformas de pesquisa acadêmica. Para isso, foram pesquisadas bases de dados no Portal de Periódicos CAPES, chegando às bases de dados SciELO, ScienceDirect e Scopus, totalizando 3 bases de dados para a realização da pesquisa.

Após testes com diferentes palavras-chaves de pesquisa (*strings*) que trouxessem os principais resultados que tivessem sinergia com o tema da pesquisa, chegou-se a duas diferentes *strings*, uma mais geral, buscando por resultados que tivessem em qualquer parte do texto os termos “COVID”, “poluição plástica”, (ou “resíduos plásticos”) e “gestão de resíduos” ou “reciclagem”, e outra que além desses termos, tivesse, ainda, o termo “Brazil”. Esses termos foram pesquisados em língua inglesa, por haver entendimento que a maioria das publicações a nível mundial são publicadas neste idioma. Com isso, as *strings* utilizadas foram “COVID” AND (“Plastic Pollution” OR “Plastic Waste”) AND (“Waste management” OR “Recycling”) e “COVID” AND (“Plastic Pollution” OR “Plastic Waste”) AND (“Waste management” OR “Recycling”) AND “Brazil”.

Começando pelas primeiras palavras-chave de pesquisa, a busca foi feita procurando por qualquer material, em qualquer data e que tivesse os termos em questão em qualquer parte do texto. A partir disso, foram obtidos 3506 resultados diferentes, já excluídos resultados em duplicata, sendo 3164 na ScienceDirect, 2771 na Scopus e nenhum na Scielo. Foi feito, então, um refinamento para especificar a busca e reduzir a quantidade de resultados, filtrando por artigos exclusivamente, no período de 2020 a 2023 e cujos termos de interesse estivessem contidos no título, resumo ou palavras-chave, chegando, assim, a 121 resultados (118 na ScienceDirect e 115 na Scopus). Em seguida, foi realizado, um segundo refinamento, para filtrar somente artigos de acesso aberto e texto completo, chegando a 33 resultados (27 na ScienceDirect e 29 na Scopus). Em seguida repetiu-se o mesmo procedimento para a string 2, a qual foi utilizada para verificar artigos com

foco no Brasil presentes nas bases de dados pesquisadas. Os resultados detalhados da busca encontram-se expostos na figura 1. Em todos os casos, o quadro preto com fonte na cor branca mostra a quantidade total de resultados, somando os resultados de todas as bases e já excluídos artigos em duplicata, enquanto ao lado das chaves é possível encontrar o total obtido em cada base de dados. Após todas as etapas de refinamento e exclusão das duplicatas, chegou-se ao número de 31 artigos a serem analisados.

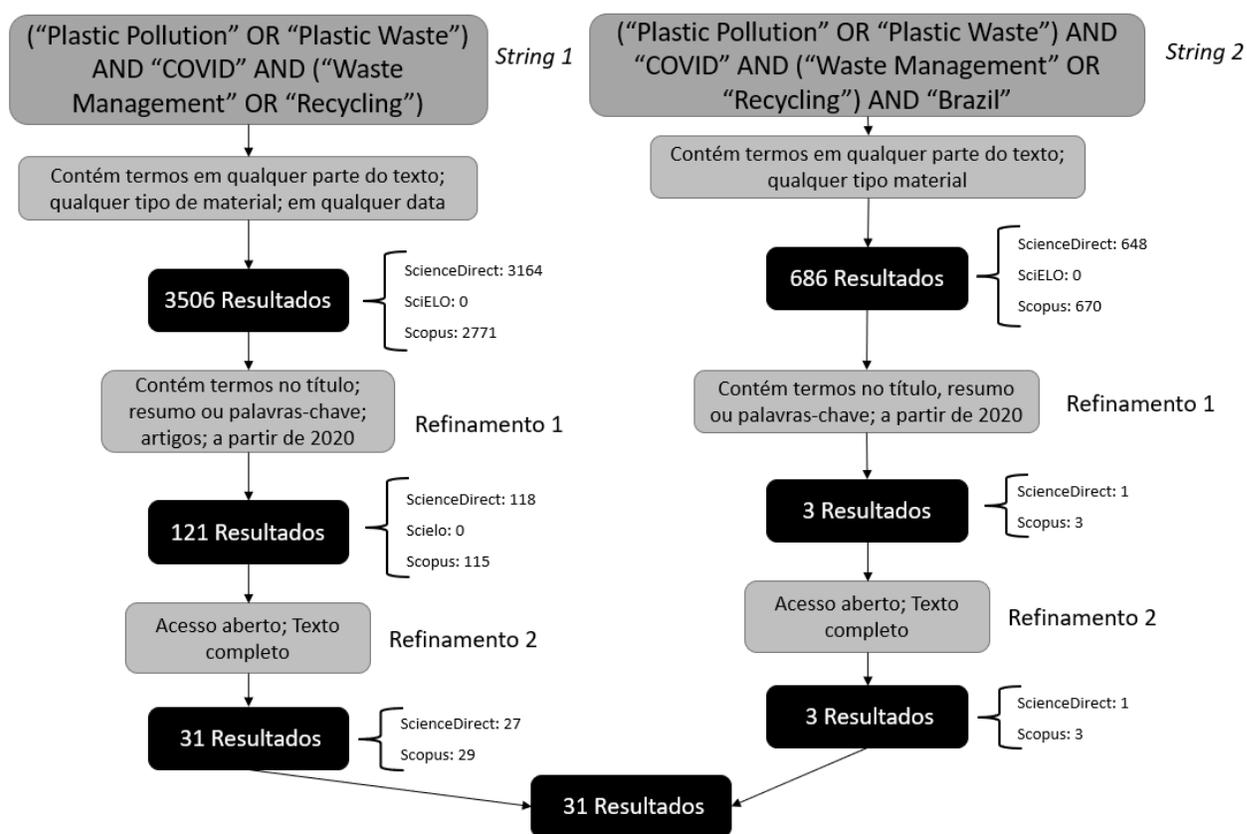


Figura 1: Refinamento da pesquisa nas bases e resultados. Fonte: elaboração própria.

A partir das buscas realizadas, foi possível perceber que há uma lacuna referente ao tema no Brasil, pois, além de terem sido encontrados poucos artigos sobre o tema, o foco deles é principalmente na poluição marinha e equipamentos de proteção individual (EPIs), corroborando com a justificativa do trabalho.

Além disso, em razão de ser um assunto recente, com poucos artigos no que tange ao Brasil, foram pesquisados artigos em anais dos principais congressos e eventos nacionais de Engenharia

de Produção, como o Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGERP), o Simpósio de Engenharia de Produção (Simpep). A pesquisa foi feita buscando por artigos da área de Engenharia da Sustentabilidade que tivessem em seu título “Pandemia” ou “COVID” nos anais desses eventos para os anos de 2020, 2021 e 2022. Dessa forma, foram encontrados mais três artigos que mostraram sinergia com o tema, totalizando 34 artigos. No quadro 1 estão mostrados os principais resultados e suas contribuições.

Autor	Ano	Título	Principais contribuições
AMMENDOLIA, J.; WALKER, T. R.	2022	Citizen science: a way forward in tackling the plastic pollution crisis during and beyond the COVID-19 pandemic	Houve aumento no uso de plásticos de uso único e cancelamento de programas de pesquisa, chamando atenção para a necessidade de monitoramento e pesquisas a respeito desses resíduos, com colaboração e participação pública no saber científico.
ARDUSSO, M. <i>et al.</i>	2021	COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America	Houve aumento sem precedentes na produção e uso de EPIs, notadamente máscaras, que são nocivas à vida de espécies marinhas. A preocupação foi exacerbada pois as deficiências na gestão de RSUs foram exacerbadas durante a pandemia.
BANSAL, M.; SHARMA, J.	2021	Plastic pollution by COVID-19 pandemic: An urge for sustainable approaches to protect the environment	A pandemia da COVID-19 gerou consequências negativas para o meio ambiente, em razão do aumento da poluição plástica no período.
BENSON, N. U.; BASSEY, D. E.; PALANISAMI, T.	2021	COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint	Embora a pandemia tenha trazido alguns ganhos ambientais no sentido de melhora da qualidade do ar e da água, a quantidade sem precedentes de resíduos plásticos gerados pode exacerbar o problema da poluição plástica, trazendo riscos à saúde humana e vida dos animais, notadamente os animais marinhos.
GOMES, A.R.; LAZARO, J.C.; LEOCADIO, A.	2022	Should I reuse it or throw it out? Analysis of the management of household plastic waste by Brazilian consumers during the COVID-19 pandemic through practice lens	O comportamento dos consumidores no que tange o uso de sacolas plásticas durante o período de pandemia mostrou que as pessoas estavam descartando mais este material por medo de se contaminar com o vírus, acendendo um alerta para os desafios que serão enfrentados para se recuperar dos danos ambientais causados pela pandemia.
HULST, M. K. <i>et al.</i>	2022	Greenhouse gas benefits from direct chemical recycling of mixed plastic waste	A reciclagem química direta de resíduos plásticos mistos pós-consumo trás benefícios para a redução de emissões de GEE, que só aumentarão em uma economia de descarbonização.

IGALAVITHANA, A. D. <i>et al.</i>	2022	Sustainable management of plastic wastes in COVID-19 pandemic: The biochar solution	A recuperação do biocarvão a partir de resíduos plásticos pode ser uma solução importante na luta contra os danos ambientais causados pela pandemia da COVID-19.
KING, M. F.; GUTBERLET, J.; SILVA, D. M.	2016	Contribuição de cooperativas de reciclagem para a redução de emissão de gases de efeito estufa.	Benefícios ambientais da reciclagem de materiais demonstrados pela redução de emissão de GEE e consumo de energia ao se utilizar materiais reciclados ao invés de matéria prima virgem na produção de novos produtos. Cálculos realizados através de um método simplificado.
KLEMEŠ, J. J. <i>et al.</i>	2020	Minimizing the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19	A pandemia trouxe aumento repentino no volume de resíduos plásticos, representando um risco ao futuro do meio ambiente, sendo necessário pensar em soluções para mitigar o problema.
LEAL FILHO, W. <i>et al.</i>	2021	The COVID-19 pandemic and single-use plastic waste in households: A preliminary study	A pandemia trouxe mudanças na forma de consumir e descartar dos consumidores, tanto pelo uso recorrente de EPIs, quanto pelo crescimento das compras online.
LONGO, G. L. <i>et al.</i>	2019	Comparação das emissões de gases de efeito estufa em uma cooperativa de reciclagem de materiais.	Resultados de cálculo de emissão de GEE e consumo de energia através do método simplificado mostraram que o processo de triagem na Coreso contribuiu significativamente para redução de emissões de GEE e consumo de energia no ano de 2016
NEVES, R. A. F. <i>et al.</i>	2022	Impacts of the COVID-19 pandemic restrictions on solid waste pollution in the worldwide iconic Copacabana Beach (Rio de Janeiro, Brazil)	Diminuição de 72% de resíduos sólidos na praia de Copacabana no período de lockdown, pois o acesso à praia estava restrito. Entretanto, o descarte irregular de resíduos gerados na pandemia pode se tornar um grande problema aos ecossistemas da costa.
PONGPUNPURT, P. <i>et al.</i>	2021	Analyzing Productivity and Behavior of Plastic Drop-Off Points: A Case Study of Send Plastic Home Project in Plastic Waste Recycling during COVID-19 Outbreak.	Pontos de coleta de plástico em locais estratégicos e conscientização dos cidadãos como parte da solução para o problema da poluição plástica.
RAI, H. R. <i>et al.</i>	2023	Plastic wastes in the time of COVID-19: Their environmental hazards and implications for sustainable energy resilience and circular bio-economies	Problema da poluição plástica aumentada na pandemia e a economia circular como uma solução
RIVAS, M. L. <i>et al.</i>	2021	The plastic pandemic: COVID-19 has accelerated plastic pollution, but there is a cure	A solução para a crise da poluição plástica global, exacerbada pela pandemia, requer a participação de todos, governos, comunidade acadêmica, empresas e todos os indivíduos, além de investimentos apropriados.

SHAMS, M.; ALAM, I.; MAHBUB, M. S.	2021	Plastic pollution during COVID-19: Plastic waste directives and its long-term impact on the environment	Plásticos liberam grande quantidade de GEE em sua decomposição; e a poluição plástica, exacerbada na pandemia, é um risco aos ecossistemas marinhos e terrestres e à saúde humana, sobretudo pelos microplásticos.
SILVA, A. L. P. <i>et al.</i>	2022a	Implications of COVID-19 pandemic on environmental compartments: is plastic pollution a major issue?	A gestão dos resíduos plásticos é um problema que requer atenção, e soluções plausíveis envolvem a economia circular, reciclagem, substituição por biodegradáveis e conscientização geral sobre o problema.
SILVA, A. L. P. <i>et al.</i>	2021	Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations.	A política de uso de plásticos foi adaptada devido à pandemia, que contribuiu para o avanço da poluição plástica no mundo todo, sendo necessários medidas para mitigar esse avanço, como tratamento adequado de resíduos sólidos, investimento em reciclagem, produção e consumo sustentáveis e alinhamento entre academia e governo para trazer luz ao problema
SILVA, A. L. P. <i>et al.</i>	2020	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.	A poluição plástica é uma ameaça à sustentabilidade ambiental e avançou com a pandemia. Neste cenário é necessário envolvimento de todos os cidadãos e alinhamento entre governo e agentes reguladores, indústrias e pesquisa.
SILVA, A. P. N. F.; MARTINS, M. E.; FERREIRA, K. A.	2021	O impacto da COVID-19 na coleta seletiva nacional	As cooperativas de coleta seletiva e catadores do Brasil tem papel central dentro da PNRS. A coleta seletiva é importante na frente ambiental, social e econômica. Com a pandemia da COVID-19 houve paralização nas atividades de algumas cooperativas, indicando que uma enorme quantidade de materiais não foi coletada e reciclada, causando impactos ambientais e econômicos.
SILVA, M. B.; MANGIA, L.	2021	Impactos gerados nas cooperativas que gerem resíduos de equipamentos eletroeletrônicos durante a pandemia global	A pandemia afetou o trabalho de coleta de algumas cooperativas que tiveram suas quantidades coletadas reduzidas. As cooperativas têm grande contribuição para o desenvolvimento social, ambiental e econômico e necessitam de maior visibilidade.
SILVA, S. B. <i>et al.</i>	2022b	Impacto da pandemia de COVID-19 na geração de resíduos sólidos urbanos no município de Limeira (SP)	Análise estatística dos resíduos sólidos não verificou impacto da pandemia na geração de RSUs no município de Limeira.
VANAPALLI, K.R., <i>et al.</i>	2021	Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic	A pandemia fez aumentar o consumo de plásticos para propósitos de segurança e higiene, com relaxamento de medidas de

			contenção no uso deste material em diversos países.
WANG, Q.; ZHANG, M.; LI, R.	2022	The COVID-19 pandemic reshapes the plastic pollution research: a comparative analysis of plastic pollution research before and during the pandemic	A pandemia da COVID-19 refletiu em um aumento de pesquisas sobre poluição plástica ao redor do mundo.
YOU, S.; SONNE, C.; OK, Y. S.	2020	COVID-19: Resource recovery from plastic waste against plastic pollution	A pandemia da COVID-19 exacerbou o uso e descarte de plásticos e é necessário um plano de ação para conter os impactos causados, neste sentido tem-se a recuperação dos resíduos plásticos como uma boa opção.

Quadro 1: Principais artigos e contribuições. Fonte: elaboração própria.

2.2 Estudo de caso

De acordo com Miguel (2007), um estudo de caso é uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), de modo a proporcionar conhecimento amplo e detalhado a seu respeito. O autor detalha, ainda, uma série de etapas para sua condução, com foco na Engenharia de Produção (Figura 2), as quais foram utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

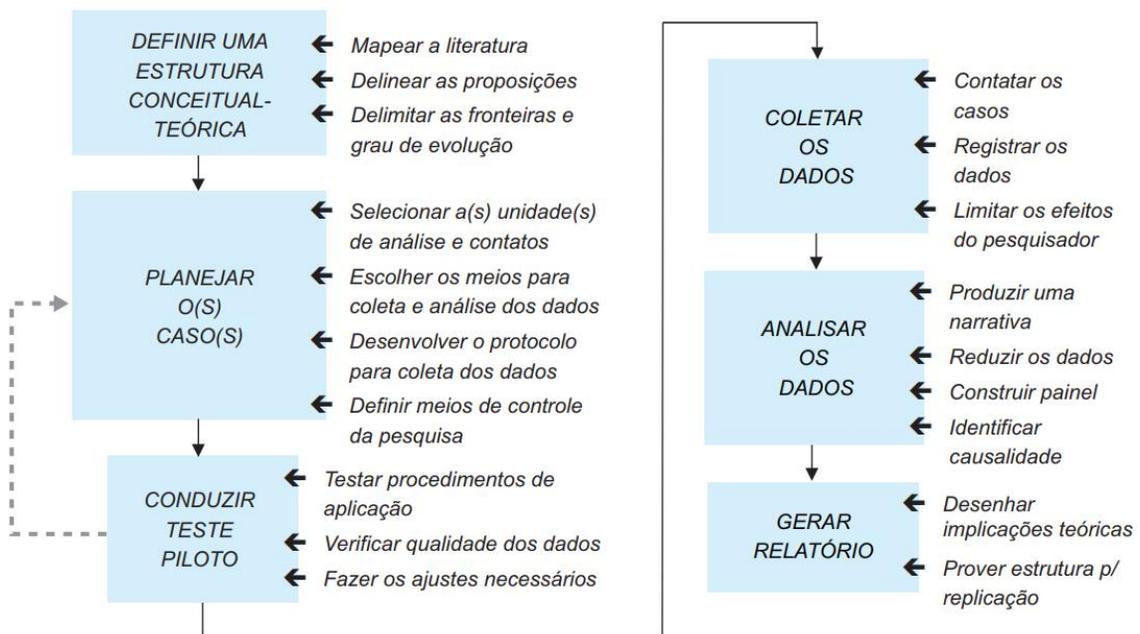


Figura 2: Etapas para condução do estudo de caso. Fonte: Miguel (2007).

Desta forma, a pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica do problema foi a primeira parte do estudo de caso, onde foi definida uma estrutura conceitual-teórica, de forma a delimitar o problema de pesquisa e os objetivos que seriam atingidos.

O estudo de caso foi feito por meio de visitas ao local, a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis da cidade de Sorocaba (Coreso), localizada na cidade de Sorocaba, São Paulo. Além das visitas, foram realizadas entrevistas para entender como foi o funcionamento da cooperativa durante o período de pandemia, se houve mudanças e quais foram essas mudanças, e para coleta de dados do volume de plástico coletado no período de 2019 a 2022, para comparar os dados coletados durante o período pandêmico com dados de anos anteriores. Assim, foi possível verificar e dimensionar o impacto da pandemia, em kg de materiais, no consumo e coleta de plástico, como demonstra a literatura. Os dados de materiais coletados em quilogramas foram também utilizados para o cálculo de gases do efeito estufa (GEE), a fim de averiguar o impacto da reciclagem na geração de GEE, em comparação ao uso de recursos virgens para produzir novos plásticos. Este cálculo foi feito utilizando um método simplificado e a calculadora de emissão de GEE do Projeto ProteGEEr, e está melhor detalhado no próximo tópico. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário com questões abertas, disponível no Anexo 1 do trabalho, principalmente para realizar a caracterização da cooperativa. Quanto aos dados quantitativos, relacionados à quantidade de materiais coletados, a cooperativa disponibilizou seus registros mensais.

O contato com a cooperativa foi realizado por telefone e e-mail, e por meio de duas visitas às unidades, sendo uma visita em cada unidade. A primeira visita aconteceu no dia 31 de outubro de 2022 na unidade do bairro Vitória Régia e a visita na unidade da Vila Colorau ocorreu no dia 13 de dezembro de 2022. Em ambas as ocasiões, a entrevista foi realizada com a pessoa responsável pela unidade em questão.

2.3 Método de Cálculo de Emissão de GEE

Após as visitas, coleta de dados e entendimento dos processos, foi feito o cálculo de emissão de GEE, considerando a produção de novos produtos plásticos, utilizando o peso do material separado na cooperativa para reciclagem, em kg. O mesmo cálculo foi feito considerando caso esses novos produtos fossem produzidos a partir de matéria-prima virgem, a fim de identificar as vantagens de se reciclar os resíduos plásticos. Para tal, foi utilizada a Calculadora de Emissões de

GEE Para Resíduos, uma Ferramenta de Cálculo de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), disponibilizada pelo Projeto ProteGEEr, Cooperação para a proteção do clima na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Este projeto é parte da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI), apoiada pelo Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha e é coordenado no Brasil pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional em parceria com a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da *Deutsche Gesellschaft für International e Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*. Seu desenvolvimento se deu para utilização no Brasil, de forma que foi desenhada a fim de atender municípios e diretrizes brasileiras, e dispõe de um conjunto de ferramentas de apoio à gestão de resíduos, organizadas em guias e planilhas de cálculo (GIEGRICH, 2021). E, além da calculadora, utilizou-se também um método simplificado, partindo de fatores de emissão de GEE disponíveis na literatura, conforme a Tabela 1, e multiplicando-os pelo total de material coletado pela cooperativa nos períodos analisados.

Material Reciclável	Emissões por tonelada de recursos brutos naturais (t CO2-eq)	Emissões por tonelada de recursos reciclados (t CO2-eq)
PEAD e PP	0,767	0,183
PEBD	0,906	0,183
PET e OS	0,813	0,183

Tabela 1: Estimação de emissões de CO2-eq. Fonte: King, Gutberlet e Silva (2016).

Além das emissões, foram calculadas também as quantidades de energia necessárias para a produção de novos produtos, a partir de dados de fator de consumo de energia disponíveis também no estudo de King, Gutberlet e Silva (2016) mostrados na Tabela 2 e utilizando o método simplificado.

Material Reciclável	Energia consumida na produção com recursos virgens (MWh/t de material)	Energia consumida na produção com recursos reciclados (MWh/t de material)
PEAD e PP	5,00	0,83
PEBD	5,84	0,83
PET e PS	5,28	0,83

Tabela 2: Energia consumida para a produção de novos produtos plásticos. Fonte: King, Gutberlet e Silva (2016).

Com o peso dos materiais triados e os fatores de emissão por tonelada e de energia consumida disponíveis, foi possível calcular as estimativas de emissões e energia consumida para cada tipo de plástico, multiplicando os fatores de emissão (toneladas de CO2-eq/tonelada ou MWh/tonelada) pelo peso (em toneladas) de cada tipo de material. Isto foi feito considerando sua produção a partir da utilização de recursos virgens e recursos reciclados. Dessa forma, após a realização dos cálculos, a fim de identificar a estimativa total de redução de emissões do uso de materiais reciclados para a produção de novos produtos em detrimento de matéria-prima virgem, foi utilizado o cálculo abaixo:

$$ER = \left[\frac{ERV(CO2 - eq)}{ton RV} \right] * Qtde RV - \left[\frac{ERR(CO2 - eq)}{ton RR} \right] * Qtde RR$$

Fonte: King, Gutberlet e Silva (2016).

Onde:

ER = Estimativa de Redução de emissões

ERV = Emissão de CO2-eq (ou Energia consumida) utilizando Recursos Virgens

RV = Recursos Virgens

ERR = Emissão de CO2-eq (ou Energia consumida) utilizando Recursos Reciclados

RR = Recursos Reciclados

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produtos plásticos e a pandemia da COVID-19

Criados a partir de polímeros sintéticos em meados do século XIX e com uma poluição que tem aumentado expressivamente desde a segunda metade do século XX, os materiais de plástico são amplamente utilizados nos mais diversos setores, devido à sua versatilidade e baixo custo (RIVAS *et al.*, 2021). Utensílios domésticos, brinquedos, peças automotivas e roupas são produzidos a partir de materiais poliméricos sintéticos, e os produtos plásticos são notáveis também na indústria médico-hospitalar, na qual são os materiais mais utilizados, devido à sua baixa densidade, versatilidade e viabilidade econômica (ARDUSSO *et al.*, 2021).

A poluição plástica é um problema global, uma vez que os plásticos estão presentes em diversos ecossistemas, marinhos, terrestres e de água doce, por todo o mundo (SHAMS, ALAM,

MAHBUB, 2021). Um fato preocupante apontado por Hulst *et al.* (2022) é que desde o advento dos plásticos até 2015, estima-se que foram geradas 6,3 Gigatoneladas de plástico no mundo todo, e desse total, 21% foi incinerado e somente 9% reciclado, sendo o resto acumulado em aterros ou no meio ambiente. E além da poluição que geram através dos resíduos sólidos pós-consumo, os plásticos envolvem uma outra problemática, uma vez que sua produção produz gases do efeito estufa (GEE), agravando o aquecimento global (HULST *et al.*, 2022).

A pandemia da COVID-19, que desde 2020 assola o planeta, sendo responsável por milhões de mortes ao redor do mundo e consequências econômicas desastrosas, trouxe também impactos ambientais preocupantes (RIVAS *et al.*, 2021). Na cidade de Wuhan, na China, onde surgiram os primeiros casos, por exemplo, a geração de resíduos sólidos foi de 240 toneladas de EPIs plásticos de uso único, seis vezes maior que a média anterior ao período pandêmico, e os números foram elevados no mundo todo, demonstrando o perigo iminente para o meio ambiente e a saúde humana que foi iniciado com a produção massiva de resíduos plásticos com o advento da COVID-19 (RAI, 2023).

Na pesquisa sobre a poluição marinha na costa de países da América do Sul, Arduzzo *et al.* (2021), ressaltaram como o uso de produtos plásticos na contenção da disseminação da doença, jogando luz nos problemas causados pelo uso indiscriminado de EPIs e plásticos de uso único que acabarão por poluir os oceanos, devido à gestão de resíduos ineficiente, sobretudo dos países de menor renda. Os autores discutem, ainda, como nanopartículas e produtos químicos utilizados nos EPIs para desinfecção podem ser um potencializador dos efeitos da poluição plástica causada pela pandemia nos ecossistemas marinhos (ARDUSSO *et al.*, 2021). Por outro lado, um estudo feito para avaliar a poluição de resíduos sólidos na praia de Copacabana, no Rio de Janeiro, concluiu que a poluição na praia diminuiu ao longo do período de pandemia em razão das restrições sociais impostas para conter o avanço da doença (NEVES *et al.*, 2022).

A pandemia afetou a forma de consumir das pessoas, uma vez que as políticas de contenção afetaram todos os setores socioeconômicos da sociedade, sobretudo, serviços, comércio e turismo, com isso, houve aumento na produção e uso indiscriminados de equipamentos de proteção individual (EPIs) e utilização excessiva de sacolas e plásticos de uso único, principalmente nas entregas de delivery de alimentos e compras online (SILVA *et al.*, 2021) (GOMES, LAZARO & LEOCADIO, 2022). Além disso, países que antes tinham um padrão ambiental específico, com

políticas mais bem definidas sobre plásticos de uso único, acabaram deixando de ser tão rígidos quanto a tais padrões na corrida contra o vírus, que no momento era primordial (RIVAS *et al.*, 2021). Ademais, outro ponto levantado nas pesquisas é o fato de a coleta e tratamento dos resíduos sólidos terem ficado comprometidos em razão do distanciamento social, medida principal para contenção do vírus, que ocasionou a paralisação de diversos serviços (SHAMS, ALAM & MAHBUB, 2021).

O surto de COVID-19 exacerbou a gravidade da poluição plástica e a literatura relacionada também aumentou significativamente (WANG, ZHANG & LI, 2021). Wang, Zhang & Li (2021) escreveram a respeito de como a pandemia da COVID-19 reformulou a pesquisa sobre poluição plástica, com aumento na produção de publicações sobre o tema, uma vez que o cenário global de pesquisa e os tópicos de pesquisa mudaram, salientando, ainda, que o impacto da epidemia da COVID-19 na poluição plástica é profundo e dinâmico, ou seja, em sua visão, ainda não é possível dimensionar com certeza, os impactos da poluição plástica causada pela COVID-19, sendo assim, os autores defendem que mais pesquisas sobre o tema são necessárias.

De acordo com os artigos pesquisados, embora com maior foco na poluição em razão do uso desenfreado e descarte indevido de EPIs e poluição marinha, é notável o problema da poluição plástica exacerbada pelo cenário da pandemia, pelos novos hábitos que se consolidaram na sociedade em nível global. Por isso, é importante cobrir a lacuna referente ao tema de pesquisa, pensando em formas de mitigação dos efeitos danosos advindos do aumento sem precedentes de plásticos em pouco tempo, como limpeza das áreas afetadas, com mutirões para limpeza da poluição próxima aos mares, por exemplo, e criação de campanhas de conscientização e leis ambientais por parte das autoridades competentes (AMMENDOLIA & WALKER, 2022) (NEVES *et al.*, 2022). Esses pontos também são defendidos por Vanapalli *et al.* (2021) em seu trabalho, que salientam a necessidade de definir melhores estratégias e ações, pensando em possíveis crises futuras, para que não se tenha que escolher uma crise em detrimento de outra. Já Igalavithana *et al.* (2022) trazem como solução plausível em seu trabalho o uso do plástico para produzir carvão vegetal a partir da co-pirólise de biomassa com resíduos plásticos, se tornando uma solução viável principalmente para resíduos médicos, dado que, com as altas temperaturas da pirólise, não seriam mais potenciais contaminantes. Pongpunpurt *et al.* (2021) falam sobre pontos de coleta como uma estratégia simples e econômica, que traz benefícios logísticos e é uma importante ferramenta de

conscientização, uma vez que a pesquisa, feita em Bangkok, capital da Tailândia, mostrou que a implementação dos pontos de coleta de material reciclável gerou mudanças no comportamento das pessoas, que passaram a consumir e descartar os materiais de forma mais consciente.

3.2 Cooperativas de coleta seletiva e triagem

Dado que a poluição plástica é um problema global inegável e que foi exacerbado pela pandemia da COVID-19, pensar em formas de mitigar esse problema, em busca de um mundo mais sustentável, se faz necessário, sendo de suma importância o envolvimento de toda a comunidade global na luta contra o relógio para buscar soluções que ajudem a frear a forma como tem sido utilizado e descartado o plástico atualmente (RIVAS *et al.*, 2021). Muitas são as estratégias que podem ser utilizadas em conjunto para ajudar a conter os avanços da poluição plástica. Elas passam pelo reconhecimento da questão como uma ameaça real que precisa ser resolvida o mais rápido possível; políticas e leis ambientais focadas principalmente em empresas, com punições, como multas, em caso de descumprimento das leis, e incentivos para aquelas que as cumprirem, de forma a encorajar um comportamento mais sustentável das corporações; pesquisa e desenvolvimento para encontrar novos materiais que possam substituir o plástico em todas as suas características; envolvimento de toda a sociedade com educação e campanhas de conscientização quanto ao uso e descarte adequado de materiais plásticos; e o compromisso de reduzir o dano já feito, realizando limpeza de áreas atingidas e buscando maneiras de reaproveitar os materiais descartados ao invés de produzir novos materiais a partir de matéria-prima virgem, esgotando recursos e gerando mais poluição (RIVAS *et al.*, 2021).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é uma lei (Lei nº 12.305/10), a qual regula cobra dos setores públicos e privados transparência na forma como fazem o gerenciamento de seus resíduos. Em seu art. 6º inciso VII, é declarado que “[...] o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania [...]” (BRASIL, 2010). Além disso, o art.8º inciso IV traz o seguinte: “[...] o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis [...]” (BRASIL, 2010) (SILVA, MARTINS & FERREIRA, 2021). A PNRS, portanto, reconhece o valor da reciclagem e das cooperativas e catadores, visto que realizam um trabalho de importância ambiental, econômica e social.

Nesse sentido, a coleta seletiva e a reciclagem do plástico são muito importantes na busca por um mundo mais sustentável, tendo como protagonistas no Brasil as cooperativas de coleta e reciclagem de materiais, os catadores, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), importantes ferramentas que atestam sua legitimidade e importância no contexto nacional, seja pelo aspecto ambiental ou socioeconômico, uma vez que na maioria das vezes, os catadores são pessoas em vulnerabilidade social e econômica, que encontram nas cooperativas e na coleta uma forma de garantir seu sustento (SILVA, MARTINS & FERREIRA, 2021).

Com a pandemia da COVID-19, muitas atividades econômicas tiveram que ser paralisadas por causa das recomendações de distanciamento social, uma das principais formas de conter o avanço da doença, e uma dessas atividades foi, em muitos municípios, a coleta seletiva realizada pelas cooperativas. Resultados preliminares de uma pesquisa realizada por estudantes da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) mostram como esse movimento fez diminuir o volume de material reciclado no período em questão, em contraste ao volume de resíduos gerado, que só aumentou em relação aos anos anteriores (SILVA, MARTINS & FERREIRA, 2021).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da Coreso

Nascida a partir da organização da Paróquia Cristo Rei, onde um grupo de trabalhadores informais que faziam doces em compota e sabão para serem comercializados e convertidos em renda decidiram formar a cooperativa, a Coreso tem hoje mais de 22 anos de existência e conta com 2 polos, em duas localidades de Sorocaba, no bairro Vitória Régia e na Vila Colorau. Em visita ao polo do bairro Vitória Régia, foi possível compreender um pouco melhor o processo e a história da cooperativa. Embora menor, o polo do Vitória Régia foi o primeiro, existindo desde 2000. Por ser menor, conta com menos maquinário e o trabalho de separação e transporte do material entre os processos é manual. O processo é relativamente simples e está melhor detalhado no tópico 4.2: os materiais chegam e são descarregados pelos caminhões no pátio, onde são armazenados em *bags*, grandes sacos de armazenamento; e então seguem para separação. Há uma mesa de separação geral, em que são separados vidros, metais e papel, e uma mesa específica para materiais plásticos, onde estes são separados por tipo e cor (PP transparente, PP

colorido, PP preto, PEAD transparente, PEAD colorido, PEAD leitoso, sacolinhas mistas, que podem ser transparentes ou não e com ou sem impressões, e PET).

O horário de funcionamento da cooperativa nas duas unidades é das 8h às 17h, de segunda à sexta-feira e atualmente a Coreso conta com um total de 57 cooperados envolvidos. Antes de iniciarem as atividades na cooperativa, os cooperados recebem treinamentos para aprenderem a fazer a distinção entre os diferentes tipos de materiais e quais destes possuem características recicláveis, além de protocolos de segurança e higiene, principalmente após a pandemia da COVID-19. Além disso, é requerido a todos que desejam trabalhar na cooperativa, o registro de vacinas, para que se tenha certeza de que estão imunizados contra a COVID-19, tétano e hepatite.

Os cooperados não trabalham em regime CLT e não recebem apoio financeiro do município - embora a cooperativa receba algum apoio da prefeitura na realização das atividades, como, por exemplo, os caminhões emprestados para a coleta dos materiais na cidade -, o que faz com que tenham somente como retorno o lucro dividido entre os cooperados, levando a uma alta rotatividade, uma vez que muitos cooperados acabam saindo da cooperativa ao conseguir uma oportunidade de trabalho no regime CLT.

4.2 Processo de triagem de materiais na Coreso

O processo dentro da cooperativa é o mesmo nas duas unidades, onde ocorre todos os dias a chegada do material proveniente da coleta seletiva através de um caminhão (Figura 3). Os materiais chegam nos chamados *big bags* e são depositados no galpão da Coreso (Figura 4), de onde seguem para a triagem (Figura 5), feita manualmente (Figura 6) ou por esteira (Figura 7). E assim, os materiais são separados em *bags* conforme seu tipo, a exemplo dos materiais plásticos (Figura 8). Ao atingirem quantidade satisfatória de resíduos separados nos *bags*, estes seguem para espera até que sejam gerados volumes comerciais para destinação (Figura 9), enquanto outros materiais são encaminhados para a prensa (Figura 10), a fim de serem compactados em fardos, neste processo ganha-se espaço, pois reduz-se o volume necessário dentro do caminhão para transporte dos materiais, possibilitando transportar maior quantidade de materiais de uma vez ao cliente final, facilitando a logística e economizando tempo nas viagens. Os materiais compactados são geralmente sacolas plásticas (aparas) e papel/papelão, materiais de baixa densidade que ocupariam grande volume no transporte.



Figura 3: Caminhão descarregando materiais na Coreso.



Figura 4: Big bags com materiais aguardando para serem separados.



Figura 5: Materiais misturados a seguirem por esteira para etapa de triagem na Vila Colorau.



Figura 6: Processo de triagem no Vitória Régia.



Figura 7: Processo de triagem na Vila Colorau.



Figura 8: Materiais plásticos separados.



Figura 9: Materiais separados esperando para serem transportados ao cliente final.



Figura 10: Prensa.

Os materiais separados e comercializados pela cooperativa são plásticos, papel e papelão, alumínio, metal e óleo residual de fritura. Os materiais plásticos são Aparas, podendo ser do tipo mista ou cristal, que são sacolas coloridas/com impressões e transparentes, respectivamente, feitas de Polietileno de baixa densidade (PEBD); então tem-se o Polietileno de alta densidade (PEAD), muito utilizado em embalagens de produtos de limpeza, por exemplo, separadas por cor; o Politereftalato de etileno (PET), utilizado principalmente na produção de garrafas; o Polipropileno (PP), também muito utilizado para embalagens, além de utensílios de cozinha, brinquedos, entre

outros; o Poliestireno (PS), cujo uso se dá principalmente em embalagens e utensílios plásticos de uso único, como talheres descartáveis; o Policloreto de vinila (PVC), outro plástico muito versátil, com ampla utilização na construção civil, mas também em embalagens e utensílios diversos; o Poliestireno Expandido (EPS), conhecido como isopor, geralmente de uso único. Esse EPS é usado em principalmente em embalagens de alimentos, notadamente alimentos prontos para consumo, pois consegue conservar a temperatura; e, por fim, tem-se a Caixaria, que são produtos plásticos mais densos, geralmente pallets e engradados, feitos de PEAD. A categoria de Papel/Papelão é composta por arquivo, que são papéis diversos, como folhas sulfite e cadernos; papelão; papelão misto; embalagem longa vida (conhecida como *Tetra Pack*), como caixinhas de laticínios e suco; Jornal; Revista; e Encarte. Há também o Alumínio (chamado de Material fino); Sucata de Ferro, que entrou nos metais; Vidro, chamado na cooperativa de caco misto, pois pode ser de qualquer cor; e o óleo residual de fritura, o qual a Coreso comercializa para uma empresa, a qual destina esse material a empresas que produzem ração animal e biodiesel. Na Tabela 3 é possível observar a relação dos materiais, listando todos os tipos.

Plástico	Aparas Cristal	Papel/Papelão	Arquivo
	Aparas Mista		Papelão
	PEAD Branco		Papelão Misto
	PEAD Colorido		Tetra Pack
	PEAD Preto		Jornal
	PEAD Transparente		Revista
	PET Colorida		Encarte
	PET Cristal		
	PP Branco	Alumínio Material Fino	
	PP Colorido	Metal Sucata de Ferro	
	PP Preto	Vidro Caco Misto	
	PS	Óleo Óleo Residual de Fritura	
	PVC		
	EPS		
	Caixaria		

Tabela 3: Materiais separados na CORESO. Fonte: Elaboração própria.

Na figura 11 tem-se a porcentagem mensal de cada tipo de resíduo separado para cada ano. Os registros de triagem obtidos são em quilogramas (kg), e, de acordo com a figura, tem-se que os materiais mais triados na cooperativa são Papel/Papelão, sendo mais de 40% de toda a massa de

materiais em todos os anos, com uma média de 47,1 t/mês em 2019, 38,5 t/mês em 2020, 53,9 t/mês em 2021 e 51,2 t/mês em 2022, seguido pelo Vidro (21,9 t/mês em 2019, 16,6 t/mês em 2020, 26,7 t/mês em 2021 e 27,4 t/mês em 2022), Plástico (16,8 t/mês em 2019, 18,1 t/mês em 2020, 27,1 t/mês em 2021 e 27,2 t/mês em 2022), Metal (6,1 t/mês em 2019, 6,9 t/mês em 2020, 7,6 t/mês em 2021 e 7,6 t/mês em 2022), Alumínio (1,5 t/mês em 2019, 1,5 t/mês em 2020, 2,4 t/mês em 2021 e 2,8 t/mês em 2022) e Óleo (0,3 t/mês em 2019, 0,0 t/mês em 2020, 0,1 t/mês em 2021 e 0,2 t/mês em 2022). É importante ressaltar que os materiais têm densidades bem diferentes, e materiais mais densos podem aparentar ser mais separados, como é o caso do vidro.

% Materiais Separados

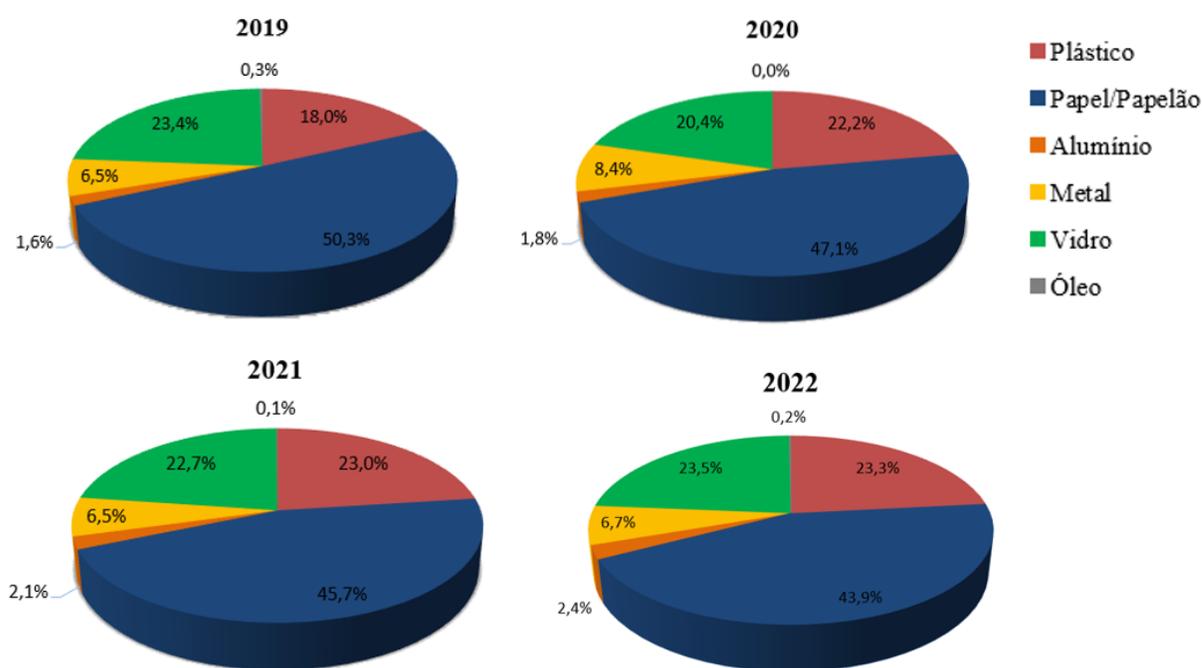


Figura 11: Percentual dos resíduos sólidos triados pela CORESO. Fonte: Elaboração própria.

Os resíduos plásticos constituem, portanto, fatia considerável de todo o material triado pela cooperativa, e nas figuras 12 a 14, é possível observar sua triagem ao longo do tempo.

Na Figura 12 estão apresentados os dados dos plásticos triados, outros materiais e o total de materiais. A coluna vermelha mostra somente os plásticos, a coluna azul, os outros materiais, e

a coluna cinza o total dos materiais triados, somando os plásticos e os outros materiais, em kg. Analisando as colunas vermelhas, pode-se perceber discreto aumento na quantidade de plásticos, entretanto, percebe-se que houve um alta na coleta de todos os materiais, por esta razão é necessário analisar também a Figura 13, que mostra o percentual de materiais plásticos em relação ao total de materiais, onde é mostrado um aumento a partir de maio de 2020, atingindo o máximo em novembro de 2020, e desde então, há certa estabilidade, mantendo-se entre 20 e 26%.



Figura 12: Materiais plásticos triados pela Coreso em relação ao total, no período de mai/19 a set/22.

Fonte: Elaboração própria.

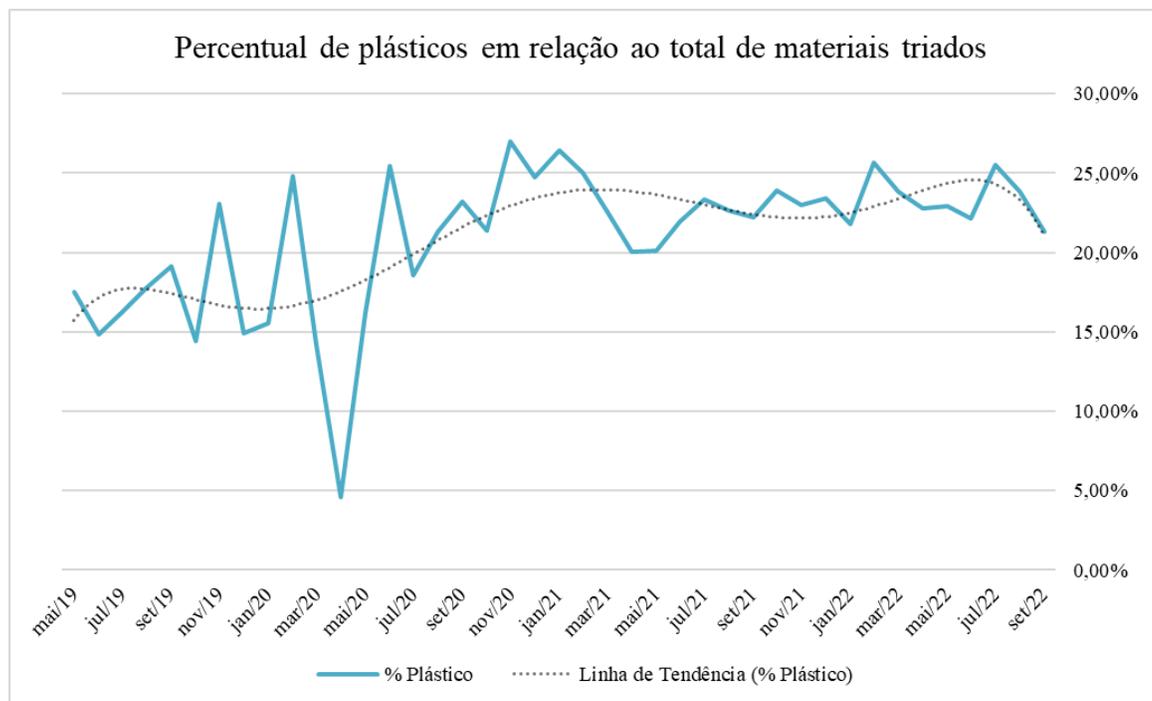


Figura 13: Percentual de materiais plásticos em relação ao total triado. Fonte: Elaboração própria.

Na figura 14 estão mostrados os materiais plásticos por tipo, sendo os principais: PET, Aparas, PEAD e PP. Nos períodos relativos aos finais de ano, observa-se queda no total triado e vendido. Isso se dá pela perda de mão de obra, comum nesta época do ano, em razão das datas comemorativas. Nos primeiros meses do ano, entretanto, há um aumento considerável de material triado e vendido, em razão da contratação de pessoal novo e separação do material acumulado no período de festas. Outro ponto interessante é a queda brusca em abril de 2020, período em que as atividades da cooperativa tiveram que ser paralisadas, em razão da necessidade de lockdown para evitar a disseminação do vírus da COVID-19, com brusca redução no volume de materiais coletados. Esse movimento foi verificado também por Silva, Martins e Ferreira (2021) em seu estudo sobre os impactos da pandemia na coleta seletiva. Em maio, porém, as atividades da cooperativa foram retomadas, com os devidos cuidados, e então teve um aumento no segundo semestre de 2020, pós-paralisação, e vem se mantendo estável desde 2021, com exceção dos períodos festivos, onde, conforme já dito, costuma haver queda na produtividade.

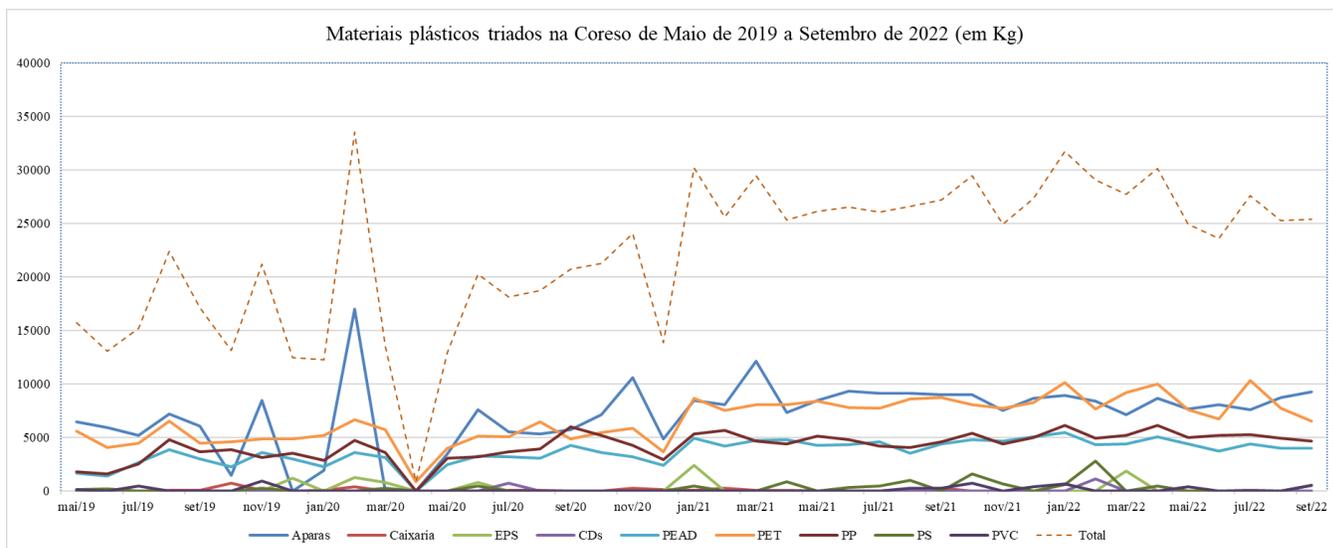


Figura 14: Materiais plásticos triados pela Coreso de mai/19 a set/22. Fonte: Elaboração própria.

Analisando, também, o gráfico (Figura 15) que revela a distribuição normal para cada ano analisado neste trabalho, e do ano de 2016, cujos dados foram encontrados na literatura, com um total de 124,16 t de resíduos plásticos coletados no período de janeiro a agosto de 2016 (LONGO *et al*, 2019). Percebe-se que 2016 possui a menor média, 15,6 t/mês, seguido por 2019, que tem uma média de 16,2 t/mês. O ano de 2020 apresenta uma média de 17,5 t/mês, porém que com uma normal mais achatada, indicando mais distribuição entre os dados, sendo necessário lembrar que abril e maio de 2020 foram os meses que tiveram a menor coleta de toda a série de dados, em razão da paralisação das atividades em abr/2020. Em 2021, tem-se uma média maior, 27,1 t/mês, e é onde se tem menos variação dos dados, conforme pode-se observar pela curva. Já em 2022, que apresenta média de 27,3 t/mês, os dados estão mais distribuídos.

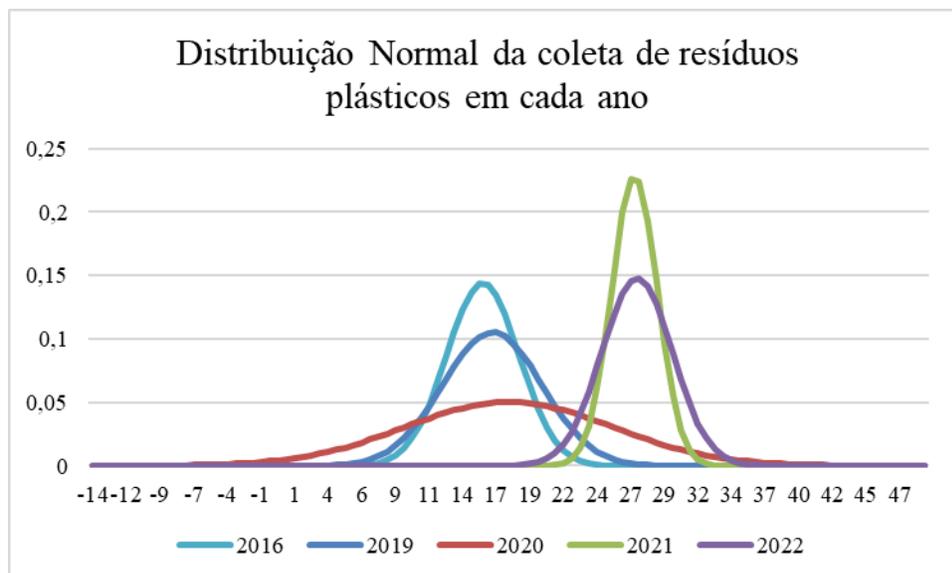


Figura 15: Distribuição normal da coleta de resíduos plásticos para cada ano. Fonte: Elaboração própria.

Vale ressaltar que não houve grande aumento populacional no período que justificasse tamanho salto na coleta de resíduos plásticos de 2019 para 2021. Outro ponto é que em 2016, a cooperativa contava com mais cooperados que nos anos avaliados. Os dados populacionais de Sorocaba encontram-se na tabela 4.

2016	2019	2020	2021	2022
652.481	679.387	687.357	695.328	738.128

Tabela 4: N° de habitantes de Sorocaba em cada ano. Fonte: IBGE

A análise mostra, portanto, que houve aumento nos materiais plásticos coletados pela cooperativa no período da pandemia, indicando que pode ter ocorrido maior descarte destes materiais, o que corrobora o com os dados trazidos por Menegassi (2022), os quais mostram que o consumo de plásticos de uso único aumentou em 46% de 2019 a 2021, uma vez que houve um apelo para o uso de produtos descartáveis, tidos como uma opção para conter o avanço da doença e mudaram-se os hábitos de consumo das pessoas, que passaram a comprar mais *online*. Por outro lado, Silva *et al.* (2022b), em seu estudo sobre descarte de resíduos sólidos no município de Limeira (SP) durante a pandemia, não verificou relação entre o avanço da pandemia e o descarte de resíduos sólidos, através de uma série temporal de 2016 a 2020, o que permitiu aos autores verificar padrões anteriores ao período de pandemia para verificar se houve de fato alguma variação no descarte de

resíduos no município, o que não foi possível neste trabalho, uma vez que a cooperativa não dispunha de dados anteriores a maio de 2019.

4.3 Cálculo das emissões de GEE e Consumo de Energia

Os dados dos materiais separados pela cooperativa foram disponibilizados para o período de maio de 2019 a setembro de 2022, de modo que, a fim de se analisar um mesmo período para todos os anos, foi utilizado o período comum a todos os anos, de maio a setembro. Dessa forma, nas tabelas 5 a 8, é possível observar a quantidade de materiais plásticos triados pela Coreso, expressa em quilogramas, para um mesmo período, de maio a setembro, para os anos de 2019, 2020, 2021 e 2022, respectivamente.

Materiais	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	Total
Aparas	6473	5891	5204	7204	6014	30785
Caixaria	16	34	0	32	23	105
EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PEAD	1633	1390	2630	3856	2995	12503
PET	5562	4043	4441	6512	4463	25020
PP	1771	1559	2500	4794	3645	14268
PS	119	165	0	0	0	284
PVC	124	0	409	0	0	533

Tabela 5: Resíduos plásticos separados na Coreso, em kg, de maio a setembro de 2019. Fonte:

Elaboração própria.

Materiais	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	Total
Aparas	3466	7547	5486	5323	5732	27554
Caixaria	0	0	17	41	0	58
EPS	0	760	0	0	0	760
CDs	0	0	720	0	0	720
PEAD	2419	3270	3194	3032	4233	16147
PET	3957	5120	5053	6443	4811	25383
PP	3060	3153	3675	3915	5973	19776
PS	0	420	0	0	0	420
PVC	0	0	0	0	0	0

Tabela 6: Resíduos plásticos separados na Coreso, em kg, de maio a setembro de 2020. Fonte:

Elaboração própria.

Materiais	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	Total
Aparas	8424	9331	9137	9140	8991	45023
Caixaria	0	0	0	123	260	383

EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PEAD	4244	4337	4543	3540	4379	21043
PET	8348	7766	7721	8558	8723	41116
PP	5097	4805	4206	4049	4585	22742
PS	0	320	466	990	0	1776
PVC	0	0	0	208	240	448

Tabela 7: Resíduos plásticos separados na Coreso, em kg, de maio a setembro de 2021. Fonte: Elaboração própria.

Materiais	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	Total
Aparas	7638	8060	7607	8702	9250	41257
Caixaria	0	0	0	0	0	0
EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PEAD	4347	3676	4407	3977	3994	20401
PET	7578	6706	10304	7690	6530	38808
PP	4975	5181	5256	4886	4610	24908
PS	0	0	0	0	502	502
PVC	399	0	52	0	491	942

Tabela 8: Resíduos plásticos separados na Coreso, em kg, de maio a setembro de 2022. Fonte: Elaboração própria.

Uma vez que os dados foram organizados e obteve-se o total de resíduos plásticos para o mesmo período de cada ano, calculou-se as emissões de GEE para a produção de novos produtos plásticos através do método simplificado. Entretanto, a literatura utilizada não dispunha de fatores para o cálculo de todos os materiais plásticos levantados, de modo que alguns materiais foram desconsiderados nos cálculos, sendo eles: EPS, CDs e PVC, os quais representam, somando todos os anos, 3,35% de todo o peso de material plástico coletado no período (2019-2022), de acordo com a tabela 9, que traz também o percentual destes materiais em relação ao total. Já na tabela 10, são mostrados os materiais que foram considerados e suas respectivas quantidades, em Kg. O resíduo Caixaria foi somado na linha PEAD, material do qual são feitas as caixarias.

Materiais	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	Total
EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PVC	124	0	409	0	0	533
% em relação ao total	0,79%	0,00%	2,69%	0,00%	0,00%	0,64%

Materiais	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	Total
EPS	0	760	0	0	0	760
CDs	0	0	720	0	0	720
PVC	0	0	0	0	0	0
% em relação ao total	0,00%	3,75%	3,97%	0,00%	0,00%	1,63%

Materiais	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	Total
EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PVC	0	0	0	208	240	448
% em relação ao total	0,00%	0,00%	0,00%	0,78%	0,88%	0,34%

Materiais	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	Total
EPS	0	0	0	0	0	0
CDs	0	0	0	0	0	0
PVC	399	0	52	0	491	942
% em relação ao total	1,60%	0,00%	0,19%	0,00%	1,93%	0,74%

Tabela 9: Materiais desconsiderados no cálculo de emissões de GEE. Fonte: Elaboração própria.

Materiais	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	Total
Aparas (PEBD)	6473	5891	5204	7204	6014	30785
PEAD	1648	1424	2630	3888	3018	12608
PET	5562	4043	4441	6512	4463	25020
PP	1771	1559	2500	4794	3645	14268
PS	119	165	0	0	0	284
Total	15573	13081	14775	22398	17139	82964

Materiais	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	Total
Aparas (PEBD)	3466	7547	5486	5323	5732	27554
PEAD	2419	3270	3211	3073	4233	16205
PET	3957	5120	5053	6443	4811	25383
PP	3060	3153	3675	3915	5973	19776
PS	0	420	0	0	0	420
Total	12902	19510	17424	18754	20749	89337

Materiais	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	Total
Aparas (PEBD)	8424	9331	9137	9140	8991	45023
PEAD	4244	4337	4543	3663	4639	21426
PET	8348	7766	7721	8558	8723	41116
PP	5097	4805	4206	4049	4585	22742

PS	0	320	466	990	0	1776
Total	26113	26559	26073	26400	26938	132083

Materiais	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	Total
Aparas (PEBD)	7638	8060	7607	8702	9250	41257
PEAD	4347	3676	4407	3977	3994	20401
PET	7578	6706	10304	7690	6530	38808
PP	4975	5181	5256	4886	4610	24908
PS	0	0	0	0	502	502
Total	24538	23623	27574	25255	24886	125876

Tabela 10: Peso, em Kg, dos materiais considerados no cálculo de emissões de GEE. Fonte: Elaboração própria.

Com estes dados, utilizando os fatores de emissão de GEE disponíveis na literatura (tabela 1) e o método simplificado, foi possível identificar a estimativa de quanto se poderia evitar de emissão de gases do efeito estufa, se fossem utilizados materiais reciclados ao invés de matéria prima virgem para a produção de novos produtos. Neste caso, considerou-se que todo o material que passou pelo processo de triagem e foi vendido pela cooperativa foi reciclado, considerando uma eficiência de 100%. Dessa forma, as emissões de CO₂-eq evitadas para cada ano foram, de 2019 a 2022, respectivamente, 53,93 t CO₂-eq, 57,23 t CO₂-eq, 85,42 t CO₂-eq e 81,10 t CO₂-eq. As tabelas 11 a 14 mostram os valores de forma mais detalhada.

Ano	2019			
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Emissões (t CO₂-eq)	Emissões (t CO₂-eq)	Emissões evitadas (t CO₂-eq)
Aparas (PEBD)	30,79	27,89	5,62	22,27
PEAD	12,61	9,67	2,30	7,37
PET	25,02	20,34	4,57	15,77
PP	14,27	10,94	2,61	8,34
PS	0,28	0,23	0,05	0,18
Total	82,96	69,08	15,15	53,93

Tabela 11: Emissões evitadas de GEE (toneladas de CO₂-eq) em 2019. Fonte: Elaboração Própria.

Ano		2020		
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões evitadas (t CO2-eq)
Aparas (PEBD)	27,55	24,96	5,03	19,93
PEAD	16,21	12,43	2,96	9,47
PET	25,38	20,64	4,63	16,00
PP	19,78	15,17	3,61	11,56
PS	0,42	0,34	0,08	0,26
Total	89,34	73,54	16,31	57,23

Tabela 12: Emissões evitadas de GEE (toneladas de CO2-eq) em 2020. Fonte: Elaboração Própria.

Ano		2021		
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões evitadas (t CO2-eq)
Aparas (PEBD)	45,02	40,79	8,22	32,57
PEAD	21,43	16,43	3,91	12,52
PET	41,12	33,43	7,51	25,92
PP	22,74	17,44	4,15	13,29
PS	1,78	1,44	0,32	1,12
Total	132,08	109,54	24,12	85,42

Tabela 13: Emissões evitadas de GEE (toneladas de CO2-eq) em 2021. Fonte: Elaboração Própria.

Ano		2022		
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões (t CO2-eq)	Emissões evitadas (t CO2-eq)
Aparas (PEBD)	41,26	37,38	7,53	29,85
PEAD	20,40	15,65	3,73	11,92
PET	38,81	31,55	7,09	24,46
PP	24,91	19,10	4,55	14,56
PS	0,50	0,41	0,09	0,32
Total	125,88	104,09	22,98	81,10

Tabela 14: Emissões evitadas de GEE (toneladas de CO2-eq) em 2022. Fonte: Elaboração Própria.

De acordo com Lacerda *et al.* (2009) uma árvore é capaz de captar em média 7 kg de CO2-eq por ano até os seus 20 anos. Portanto, para captar 1 tonelada de CO2-eq no período de 1 ano seriam necessárias 142,86 árvores de até 20 anos de idade. No período analisado, de 2019 a 2022, a média de emissões evitadas foi de 69,42 t CO2-eq/ano, de forma que é possível concluir que

seriam necessárias 9.918 árvores captando CO₂ em todos os anos analisados para que a produção de novos produtos de plásticos utilizando matéria prima virgem se equiparasse à produção a partir de materiais reciclados. Considerando a média de 1.403 árvores por hectare (LACERDA *et al.*, 2009), conclui-se que esta quantidade de árvores equivale a 7,07 hectares plantados, aproximadamente 7 campos de futebol.

Além do cálculo das emissões evitadas, foi calculado também, pelo método simplificado, o consumo de energia evitado quando se utiliza matéria-prima reciclada no lugar de matéria-prima virgem, a partir do peso dos materiais e fatores de consumo de energia disponíveis na literatura (tabela 2). O consumo de energia evitado para cada ano, considerando materiais plásticos, encontra-se nas tabelas 15 a 18 a seguir. Obteve-se um valor expressivo de consumo de energia evitado, sendo 378,91 MWh em 2019, 402,91 MWh em 2020, 600,61 MWh em 2021 e 570,56 MWh em 2022.

Ano	2019			
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de Energia evitado (MWh)
Aparas (PEBD)	30,79	179,78	25,55	154,23
PEAD	12,61	63,04	10,46	52,58
PET	25,02	132,10	20,77	111,34
PP	14,27	71,34	11,84	59,50
PS	0,28	1,50	0,24	1,26
Total	82,96	447,77	68,86	378,91

Tabela 15: Consumo de energia evitado (MWh) em 2019. Fonte: Elaboração Própria.

Ano	2020			
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de Energia evitado (MWh)
Aparas (PEBD)	27,55	160,92	22,87	138,05
PEAD	16,21	81,03	13,45	67,57
PET	25,38	134,02	21,07	112,95
PP	19,78	98,88	16,41	82,46
PS	0,42	2,22	0,35	1,87
Total	89,34	477,06	74,15	402,91

Tabela 16: Consumo de energia evitado (MWh) em 2020. Fonte: Elaboração Própria.

Ano		2021		
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de Energia evitado (MWh)
Aparas (PEBD)	45,02	262,93	37,37	225,57
PEAD	21,43	107,13	17,78	89,35
PET	41,12	217,09	34,13	182,97
PP	22,74	113,71	18,88	94,83
PS	1,78	9,37	1,47	7,90
Total	132,08	710,24	109,63	600,61

Tabela 17: Consumo de energia evitado (MWh) em 2021. Fonte: Elaboração Própria.

Ano		2022		
		Material virgem	Material Reciclado	
Material	Qtde de material vendido (t)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de energia (MWh)	Consumo de Energia evitado (MWh)
Aparas (PEBD)	41,26	240,94	34,24	206,70
PEAD	20,40	102,01	16,93	85,07
PET	38,81	204,90	32,21	172,69
PP	24,91	124,54	20,67	103,87
PS	0,50	2,65	0,42	2,23
Total	125,88	675,04	104,48	570,56

Tabela 18: Consumo de energia evitado (MWh) em 2022. Fonte: Elaboração Própria.

A partir dos resultados encontrados percebe-se importante redução no consumo de energia e nas emissões de gases do efeito estufa, em consonância com os resultados obtidos por King, Gutberlet e Silva (2016) em seu estudo na Cooperpires, utilizando o método simplificado. Neste estudo, os autores trazem o dado de que a operação da cooperativa consome em média 1,97 MWh/mês para a produzir cerca de 24 t/mês de material separado, prensado, enfardado e comercializado com um consumo de 0,0816 MWh/t em comparação a 3,62 MWh de energia conservada por tonelada de material reciclado, ou seja, a energia conservada pela atividade de triagem dos materiais para reciclagem é mais de 4 mil vezes maior que a energia consumida na operação. Dessa forma, as reduções encontradas afirmam o valor das atividades das cooperativas, atores importantes na gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSUs). Esta atividade traz benefícios ambientais, econômicos e sociais para a sociedade e necessita de um compromisso da gestão pública com o seu desenvolvimento.

A fim de se obter uma segunda fonte de dados, as emissões de GEE foram calculadas também utilizando a Calculadora de Emissões de GEE para resíduos sólidos do Projeto ProteGEEr, disponibilizada no site do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. A calculadora, entretanto, não dispõe de fatores de emissão para cada tipo de material, ela considera os plásticos como um todo, sendo eles PEAD, PEBD, PP, PET e PS. Para seus cálculos, a calculadora usa dados da *European Plastics Manufacturing Association PlasticsEurope* para o cálculo das emissões advindas de produção primária, e dados do IPEA (2010) para as emissões referentes à produção com materiais reciclados (GIEGRICH, 2021). Uma vez que os plásticos considerados na calculadora são os mesmos que foram considerados no método simplificado, não houve necessidade de qualquer ajuste nos dados, de forma que foi utilizado como dado de entrada o total de materiais de cada ano. Os resultados de emissões por tipo de produção e emissões evitadas encontram-se na tabela 19.

Ano	Qtde de material plástico vendido (t)	Emissões Produção Primária (t CO2-eq/ano)	Emissões Reciclagem (t CO2-eq/ano)	Emissões Evitadas (t CO2-eq/ano)
2019	82,96	158,46	34,02	124,45
2020	89,34	170,63	36,63	134,01
2021	132,08	252,28	54,15	198,12
2022	125,88	240,42	51,61	188,81

Tabela 19: Emissões de CO2-eq evitadas em cada ano. Fonte: Elaboração Própria.

As emissões evitadas nos cálculos utilizando a calculadora correspondem a 23.050 árvores captando CO2-eq anualmente, o que seriam 16,43 hectares plantados.

A figura 16 mostra as emissões calculadas utilizando a calculadora versus as emissões utilizando o método simplificado, para cada ano. O eixo y do lado esquerdo mostra os valores em toneladas de CO2-eq, já o eixo y do lado direito mostra o percentual de emissões de t CO2-eq advindas de produtos plásticos produzidos a partir de materiais recicláveis em relação às emissões por produção primária.

Dessa forma, de acordo com a figura 16 é possível perceber que as emissões por produção primária ou por reciclagem calculadas pela calculadora são todas maiores que aquelas calculadas pelo método simplificado, e conseqüentemente, as reduções. O percentual produção emissões reciclagem/emissões produção primária, no entanto, fica muito próximo, indicando que, utilizando

a calculadora, as emissões para produzir materiais plásticos a partir de materiais reciclados representam 21,47% do total de emissões para a produção a partir de matéria prima virgem. Há portanto, uma redução de 78,53% das emissões de CO2-eq quando se utiliza materiais recicláveis para produzir novos produtos ao invés de matéria prima virgem. Já no caso do método simplificado, as emissões para produzir materiais plásticos a partir de materiais reciclados representam cerca de 22% do total de emissões para a produção a partir de matéria prima virgem, indicando uma redução de 78% das emissões de CO2-eq.

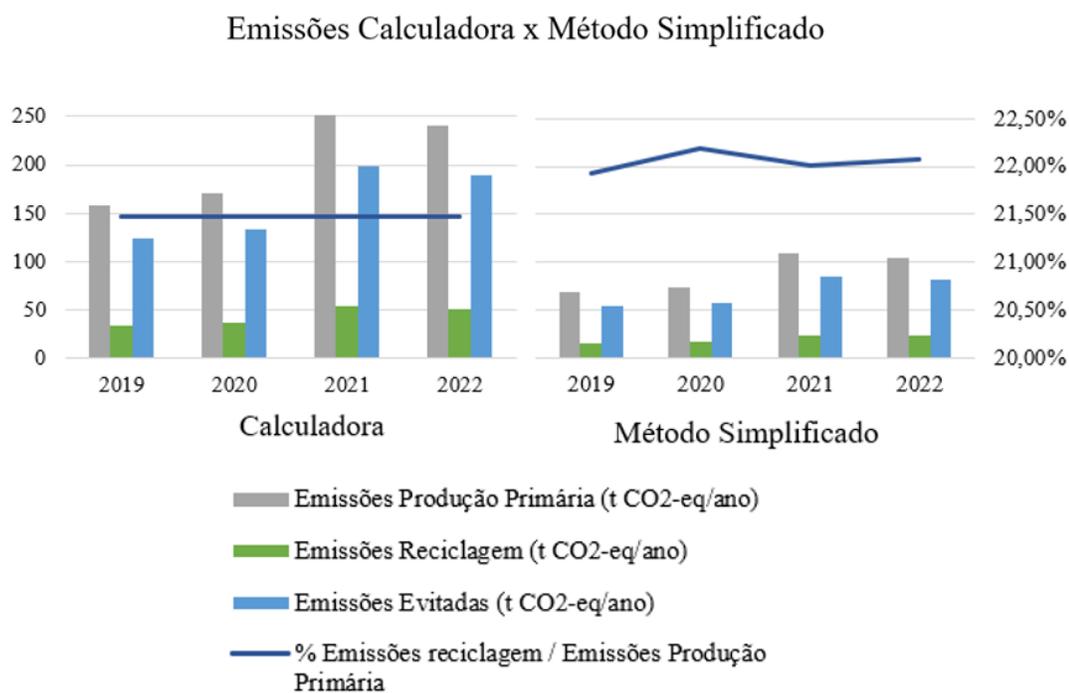


Figura 16: Emissões calculadas utilizando a Calculadora x Método Simplificado. Fonte: Elaboração própria.

A diferença entre os métodos se dá pelos fatores de emissão utilizados no cálculo, pois na calculadora os materiais plásticos são considerados todos juntos em um único fator de emissão e é considerado no cálculo as emissões de CO2-eq do consumo de energia, o que não ocorre nos fatores de emissão do método simplificado. Assim, o método simplificado, embora não contabilize as emissões de consumo de energia, apresenta-se como a opção mais confiável no cálculo das emissões de GEE, uma vez que, no caso da calculadora, o método é demasiadamente generalizado, por não haver separação entre os materiais.

Em ambos os métodos de cálculo foram encontradas reduções importantes nas emissões de efeito estufa quando comparados materiais produzidos com recursos virgens e materiais produzidos com recursos reciclados, o que havia sido identificado também por King, Gutberlet e Silva (2016) em seu trabalho, no qual utilizaram também o método simplificado.

Com estes resultados, identifica-se a importância do trabalho de coleta e triagem realizado na cooperativa, com um grande benefício ambiental com as reduções das emissões de GEE, além do benefício socioeconômico, assim como identificado por King, Gutberlet e Silva (2016) e Silva e Martins e Ferreira (2022).

5 CONCLUSÕES

Através do trabalho realizado foi constatado o descarte de resíduos plásticos e sua disposição final como uma grande preocupação, exacerbada durante e pós-pandemia, uma vez que os hábitos de consumo das pessoas sofreram alterações. Os dados levantados mostraram de fato aumento na coleta de resíduos plásticos no período de pandemia se comparado ao período anterior, o ano de 2019. Somado a isto, ressaltou-se a importância da coleta seletiva e da reciclagem no cenário ambiental, pelo cálculo das reduções de emissão GEE advindas dessa atividade.

Para o cálculo das emissões de GEE foram utilizadas duas metodologias, sendo uma simplificada, utilizando fatores de emissão de GEE e consumo de energia e regra de três, e a calculadora do Projeto ProteGEEr, a fim de quantificar as emissões de gases do efeito estufa dos materiais plásticos triados pela cooperativa, considerando que 100% dos resíduos triados sejam encaminhados para o processo de reciclagem e se transformarão em novos produtos. O intuito de quantificar essas emissões era comparar com as emissões geradas no caso de se produzir a mesma quantidade de materiais utilizando recursos virgens, para compará-los e analisar a redução das emissões de GEE. Em ambos os casos, os resultados relativos à redução de emissões de GEE foram bastante significativos e positivos, de forma que se percebe a grande contribuição da reciclagem e, conseqüentemente, da etapa de coleta e triagem feita na cooperativa para a redução de gases do efeito estufa, além da contribuição para redução de resíduos no meio ambiente e economia de recursos naturais, reiterando-se a importância da atividade das cooperativas no contexto ambiental e socioeconômico.

Além disso, foi possível o entendimento da etapa de coleta e triagem de materiais recicláveis e a caracterização do estado atual dos processos de separação dos resíduos sólidos recebidos pela cooperativa Coreso.

Dentre as limitações do trabalho está a falta de registros históricos dos materiais triados, uma vez que com dados de anos anteriores a 2019 seria possível uma melhor análise da variação de resíduos plásticos do período pandêmico em relação aos anos anteriores.

Espera-se que este estudo contribua com dados relevantes acerca do consumo e coleta de materiais plásticos durante a pandemia e afirme a importância do trabalho das cooperativas de triagem dentro da cadeia produtiva na busca por um mundo mais sustentável, sobretudo a importância da Coreso para a cidade de Sorocaba. Por fim, é esperado também que pesquisas futuras possam contribuir ainda mais para a discussão acerca dos resíduos plásticos e da reciclagem como uma forma de reduzir os impactos deste material no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AMMENDOLIA, J.; WALKER, T. R. Citizen science: a way forward in tackling the plastic pollution crisis during and beyond the COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 805, 20 jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149957>. Acesso em: 14 set. 2022.

ARDUSSO, M. et. al. COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. **Science of the Total Environment**, v. 763, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BANSAL, Megha; SHARMA, Jaigopal. Plastic pollution by COVID-19 pandemic: An urge for sustainable approaches to protect the environment. **Journal of Pure and Applied Microbiology**. 04 ago. 2021. <https://doi.org/10.22207/JPAM.15.3.36>. Acesso em: 28 jul. 2022.

BENSON, N. U.; BASSEY, D. E.; PALANISAMI, T. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. **Heliyon**, v. 7, 20 fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06343>. Acesso em: 30 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305/2010**, Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 16 mar. 2023.

CORESO. **Documentos**. Disponível em: <<https://coreso.webnode.page/arquivos/>>. Acesso em: 14 set. 2022

CORESO. **Sobre nós**. Disponível em: <<https://coreso.webnode.page/sobre-nos/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

GIEGRICH, J. **Manual da calculadora de emissões de GEE para resíduos**: Ferramenta de cálculo de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no manejo de RSU para o Brasil – Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). *ProteGEEr*, jul. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/protegeer/copy_of_ManualdaFerramentadeGEE_02.08.2021.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2023.

GOMES, A.R.; LAZARO, J.C.; LEOCADIO, A. Should I reuse it or throw it out? Analysis of the management of household plastic waste by Brazilian consumers during the COVID-19 pandemic through practice lens. *Sustainability*, v. 14, n. 14, 12 jul. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14148512>. Acesso em: 24 set. 2022.

HULST, M. K. *et al.* Greenhouse gas benefits from direct chemical recycling of mixed plastic waste. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 186, nov. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106582>. Acesso em: 11 fev. 2023

IBGE. **Estimativas da população**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=31451>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

IGALAVITHANA, A. D. *et al.* Sustainable management of plastic wastes in COVID-19 pandemic: The biochar solution. *Environmental Research*, v. 212, set. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113495>. Acesso em: 25 set. 2022.

IPEA. **Relatório:** Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília, 2010.

KING, M. F.; GUTBERLET, J.; SILVA, D. M. Contribuição de cooperativas de reciclagem para a redução de emissão de gases de efeito estufa. *In:* PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (org.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional.** Rio de Janeiro: IPEA, 2016. p. 507-536. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160331_livro_catadores.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2023.

KLEMEŠ, J. J. *et al.* Minimizing the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 127, jul. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883>. Acesso em: 26 set. 2022.

LACERDA, J. S. *et al.* Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas. **METRVM**, n. 5, 2009. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=biometria:metrvm:sos_nat_ver250509.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2023.

LEAL FILHO, W. *et al.* The COVID-19 pandemic and single-use plastic waste in households: A preliminary study. **Science of The Total Environment**, v. 793, 01 nov. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148571>. Acesso em: 12 set. 2022.

LONGO, G. L. *et al.* Comparação das emissões de gases de efeito estufa em uma cooperativa de reciclagem de materiais. **Rev. Virtual Quím.** v. 11, n. 1, p. 190-209, 2019. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20190014>. Acesso em: 11 fev. 2023.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2017.

MENEGASSI, D. Consumo de plástico em delivery de comida aumentou 46%, aponta estudo. **Oeco**, 28 jul. 2022. Disponível em: <<https://oeco.org.br/noticias/consumo-de-plastico-em-delivery-de-comida-aumentou-46-aponta-estudo/>>. Acesso em: 11 fev. 2023.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para

sua condução. **Production**, vol. 17, n. 1, jan.-abr, 2007, p. 216-229. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3967/396742029015.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2023.

NEVES, R. A. F. *et al.* Impacts of the COVID-19 pandemic restrictions on solid waste pollution in the worldwide iconic Copacabana Beach (Rio de Janeiro, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 181, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113865>. Acesso em: 14 set. 2022.

PONGPUNPURT, P. *et al.* Analyzing Productivity and Behavior of Plastic Drop-Off Points: A Case Study of Send Plastic Home Project in Plastic Waste Recycling during COVID-19 Outbreak. **Engineering Journal**, v. 25, n. 10, 2021. <https://doi.org/10.4186/ej.2021.25.10.1>. Acesso em: 26 set. 2022.

RAI, H. R. *et al.* 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**, n. 858, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159880>. Acesso em: 11 fev. 2023.

RIVAS, M. L. *et al.* The plastic pandemic: COVID-19 has accelerated plastic pollution, but there is a cure. **Science of The Total Environment**, v. 847, 15 nov, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157555>. Acesso em: 12 set. 2022.

SHAMS, Mehnaz; ALAM, Iftaykhairul; MAHBUB, Md Shahriar. Plastic pollution during COVID-19: Plastic waste directives and its long-term impact on the environment. **Environmental Advances**, v. 5, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666765721000909>>. Acesso em: 08 ago. 2022.

SILVA, A. L. P. *et al.* Implications of COVID-19 pandemic on environmental compartments: is plastic pollution a major issue? **Journal of Hazardous Materials Advances**, v. 5, 2022a. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2021.100041>. Acesso em: 30 ago. 2022.

SILVA, A. L. P. *et al.* Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. **Chemical Engineering Journal**, v. 401, 01. fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>. Acesso em: 12 set. 2022.

SILVA, A. L. P. *et al.* 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**, n. 742, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565>. Acesso em: 11 fev. 2023.

SILVA, A. P. N. F.; MARTINS, M. E. FERREIRA, K. A. **O impacto da COVID-19 na coleta seletiva nacional**. XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 18 a 21 de outubro de 2021. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_362_1866_41567.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

SILVA, M. B. MANGIA, L. **Impactos gerados nas cooperativas que gerem resíduos de equipamentos eletroeletrônicos durante a pandemia global**. XXXVIII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP), Bauru, SP, Brasil, 10 a 12 de novembro de 2021. Disponível em: <https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=16>. Acesso em: 14 set. 2022.

SILVA, S. B. *et al.* Impacto da pandemia de COVID-19 na geração de resíduos sólidos urbanos no município de Limeira (SP). **Eng Sanit Ambient.**, v.27, n.6, nov/dez 2022b. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210303>. Acesso em: 07 mar. 2023.

VANAPALLI, K.R., *et al.* Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post COVID-19 pandemic. **Science of the Total Environment**, v. 750, 01 jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141514>. Acesso em: 25 set. 2022.

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, 15 mai. 2022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121019356?via%3Dihub>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

YOU, Siminga; SONNE, Christian; OK, Yong Sik. COVID-19: Resource recovery from plastic waste against plastic pollution. **Cogent Environmental Science**, v. 6, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1801220>. Acesso em: 12 set. 2022.

ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO

Quando a Coreso foi fundada?

R: Em agosto de 2000.

Quantas unidades existem?

R: Atualmente existem 2, a unidade do Vitória Régia, existente desde a fundação, e a da Vila Colorau que conta com um galpão maior e começou a funcionar um pouco depois da outra unidade. Já houve outras 2 unidades, na zona norte da cidade, mas após início da parceria com a prefeitura passaram a ser administradas por outra cooperativa.

Há algum suporte da prefeitura?

R: A prefeitura ajuda na coleta dos materiais, fornecendo 2 caminhões para realizar a coleta dos materiais. Mas a CORESO conta com dois caminhões gaiolas próprios também. A prefeitura não apoia financeiramente, sendo que o único retorno da cooperativa é o lucro, que é dividido entre todos, mas não é algo estável.

Quais os processos realizados na cooperativa?

R: É realizada somente a reciclagem do óleo residual de fritura, já os outros materiais não são reciclados na CORESO. A cooperativa realiza a triagem e separação dos materiais, que são vendidos para empresas parceiras. Os materiais chegam, passam por uma pré-separação, são armazenados em bags, até seguirem para a etapa principal de separação e triagem, a partir da qual são separados da forma como serão comercializados.

Quais os principais materiais coletados?

R: Os principais materiais coletados são papel/papelão e plástico.

Qual o nível de automação dos processos?

R: O processo é bem manual, principalmente na unidade do Vitória Régia, uma vez que na Unidade da Vila Colorau, há uma esteira e uma empilhadeira para ajudar no processo de separação.

Quantos cooperados a Coreso tem hoje?

R: No total, somando ambas as unidades, a Coreso conta com 57 cooperados.

Há alguma exigência para se tornar um cooperado?

R: Nenhuma, para se tornar um cooperado é pedido apenas as vacinas em dia, principalmente a de tétano, hepatite e covid, dada a periculosidade de contaminação do trabalho, documentação e número do PIS. Há alta rotatividade de cooperados, visto que não trabalham em regime CLT, e muitos acabam saindo ao encontrar outro trabalho.

Foi necessário paralisar durante a pandemia? Como isso afetou a cooperativa? Quais as medidas adotadas?

R: Sim, a prefeitura decretou que seria necessário paralisar tudo, a cooperativa ficou 1 mês sem funcionar, ou seja, um mês sem salário, muitos cooperados saíram, e ao retornar, o volume de material não era o mesmo, as pessoas pararam de separar os materiais recicláveis em casa, com medo da contaminação, jogavam no lixo comum. Mas quando as coisas foram voltando, o volume de materiais aumentou muito, o trabalho foi e tem sido intenso.

Continuamos com os procedimentos de segurança de sempre, como o uso de luvas, mas além disso, a obrigatoriedade do uso de máscaras e *face shields*, frascos de álcool em gel espalhados em vários pontos e quando tivemos a vacina disponível, a obrigatoriedade de vacinação, inclusive as doses de reforço.

Há registros da quantidade de materiais coletados? É possível disponibilizar esses dados?

R: Sim, temos o registro do peso de cada material coletado. Fazemos este controle mês a mês e podemos disponibilizar.

Vocês acreditam que houve aumento no descarte de resíduos plásticos durante a pandemia?

R: No começo da pandemia, o volume de materiais triados pela cooperativa diminuiu, na verdade, tanto pela necessidade e obrigatoriedade de ficarmos em casa por um mês mais ou menos, tanto pelo mito que existia que o vírus poderia ficar dias no material, o que fez com que muitas pessoas passassem a descartar os recicláveis no lixo comum. Uma vez que as coisas foram voltando, o volume aumentou e nunca tivemos tanto trabalho.