ISSN: 2359-1048
Novembro 2023

A ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS EUROPEIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

ANA BEATRIZ NOGUEIRA PEIXE SALES
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

FERNANDO LUIZ EMERENCIANO VIANA
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

BEATRIZ MAIA
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR

Introdução
A produção mundial de plásticos tem apresentado um aumento constante ao longo dos anos, em resposta à crescente demanda em várias áreas de aplicação, mas esse contínuo aumento na produção de plásticos ao longo de décadas resultou na acumulação significativa de resíduos plásticos em escala global. As soluções para lidar com os resíduos plásticos têm sido amplamente debatidas, dentre elas há a busca por substitutos ao plástico, a reciclagem de resíduos segregados ou sua reutilização para a geração de energia, indo ao encontro dos princípios da Economia Circular (EC).
Problema de Pesquisa e Objetivo
A Europa desempenha um papel de destaque na exploração de estratégias que abordam a introdução dos princípios da economia circular na indústria do plástico, se destacando como um epicentro de esforços e inovações. Nesse contexto, este artigo tem o objetivo de proceder uma análise bibliométrica abordando a transição para a EC da cadeia de suprimentos da indústria de embalagens plásticas na Europa, a partir das análises que compreendem a evolução da produção sobre o tema ao longo dos anos, os autores e artigos de maior destaque, as palavras-chave mais relevantes e os periódicos mais importantes.
Fundamentação Teórica
A economia circular é um sistema regenerativo que busca minimizar a entrada de recursos, a emissão de resíduos e o desperdício de energia, promovendo o fechamento dos ciclos de material e energia por meio de práticas como design de longa duração, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem (Geissdoerfer et al., 2017), sendo um sistema de produção e consumo que tem como objetivo manter produtos, componentes, materiais e energia em circulação, preservando seu valor ao longo de um período prolongado (Jabbour et al., 2019).
Metodologia
Este estudo se configura como uma pesquisa bibliográfica de caráter descritivo, fazendo uso da análise bibliométrica à luz da temática da economia circular na indústria do plástico na Europa. Para tal, foi efetuada uma pesquisa de artigos nas bases de dados Web of Science e Scopus, que resultou em 280 artigos. O Bibliometrix, pacote do software R que inclui a interface gráfica Biblioshiny foi utilizado para visualizar os resultados da análise bibliométrica.
Análise dos Resultados
Os resultados indicaram um aumento gradual na produção científica sobre o tema ao longo dos anos, com pico observado em 2022. As palavras-chave mais significativas identificadas na análise foram recycling e waste management, enquanto os periódicos mais relevantes foram Waste Management, Resources Conservation And Recycling Journal of Cleaner Production. Os autores que mais publicaram artigos sobre o tema no período analisado foram Ragaert K e Steven De, enquanto os autores com artigos mais citados foram Groh KJ e Meys R.
Conclusão
Apesar de se reconhecer as limitações da pesquisa e os resultados apresentados não permitarem um maior aprofundamento no conteúdo dos artigos pesquisados, até pelo caráter da análise bibliométrica efetuada, entende-se que o artigo traz contribuições relativas ao direcionamento das próximos etapas da pesquisa que, conforme mencionado, prevê a realização de uma revisão sistemática a partir dessa mesma base de 280 artigos (que passarão por novos filtros), que permitirá a ampliação da compreensão sobre a temática da transição para a economia circular da indústria de embalagens plásticas.
Referências Bibliográficas
Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E.J. (2017). “The Circular Economy – a new sustainability paradigm?” Journal of Cleaner Production, 143, 757-768. Jabbour, A. B. L. S., Luiz, J. V. R., Luiz, O. R., Jabbour, C. J. C., Ndubisi, N. O., De Oliveira, J. H. C., & Hourneaux Jr, F. (2019). “Circular economy business models and operations management”. Journal of Cleaner Production, 235, 1525-1539.

Palavras Chave
Indústria de Plásticos, Economia Circular, Europa

Agradecimento a orgão de fomento
Agradecemos à Vice-Reitoria de Pesquisa da Universidade de Fortaleza, pelo apoio financeiro à execução da pesquisa, e à Fundação Edson Queiroz, pela concessão de uma bolsa de iniciação científica à aluna de graduaçao e uma bolsa Yolanda Queiroz à aluna de pós-graduação.

A ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS EUROPEIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de plásticos tem apresentado um aumento constante ao longo dos anos, em resposta à crescente demanda em várias áreas de aplicação, que envolvem desde materiais de embalagens a roupas, brinquedos, materiais de construção etc. Entretanto, esse contínuo aumento na produção de plásticos ao longo de décadas resultou na acumulação significativa de resíduos plásticos em escala global (Ratnasari; Nahil; Williams, 2017).

Ao se considerar a crescente produção de produtos plásticos, com 330 milhões de toneladas sendo produzidas mundialmente todos os anos (Ahmed, 2023), torna-se evidente que a conscientização global sobre os impactos ambientais adversos associados à produção e descarte de plásticos tem gerado uma demanda inadiável por estratégias que minimizem o seu impacto negativo no meio ambiente, o que sublinha a premência inegável de implementar abordagens multidisciplinares voltadas para a diminuição substancial do consumo do material em questão, abrangendo desde a concepção de produtos até sistemas eficazes de reciclagem.

As soluções para lidar com os resíduos plásticos têm sido amplamente debatidas, dentre elas há a busca por substitutos ao plástico, a reciclagem de resíduos segregados ou sua reutilização para a geração de energia (Burlakovs et al., 2019).

O paradigma econômico e ambiental representado pela Economia Circular (EC), fundamentado na premissa da redução do desperdício e otimização do aproveitamento dos recursos naturais, reduzindo a constante necessidade de substituição e buscando evitar os consequentes impactos ambientais pelo descarte de resíduos ao término de sua vida útil, coloca a Europa como uma arena propícia para o desenvolvimento e aprimoramento de soluções que abordem a problemática do plástico (Kubiczek et al., 2023).

Partindo do contexto delineado, torna-se evidente que, a crescente conscientização global sobre os impactos ambientais adversos associados à produção e descarte de plásticos tem gerado uma demanda inadiável por estratégias que minimizem o seu impacto negativo no meio ambiente, o que sublinha a premência inegável de implementar abordagens voltadas para a diminuição substancial do consumo do plástico, abrangendo desde a concepção de produtos até sistemas eficazes de reciclagem. Dado isso, a introdução do plástico na Economia Circular é um assunto que tem sido abordado em estudos e pesquisas acadêmicas, principalmente na Europa, com o intuito de validar maneiras eficientes de fazer tal inserção, a exemplo da situação atual referente a tendências da sustentabilidade das embalagens reutilizáveis (Coelho et al., 2020).

À luz dessas considerações, amplamente reconhecida por sua vanguarda em termos de políticas ambientais progressistas e inovação transformadora, a região europeia emerge como uma força motriz na busca incessante por soluções que transcenderam os desafios complexos (Briassoulis et al., 2014), desempenhando um papel de destaque na exploração de estratégias que abordam a introdução dos princípios da economia circular na indústria do plástico, se destacando como um epicentro de esforços e inovações, permeando desde a concepção de produtos ecologicamente conscientes até sistemas de reciclagem de ponta, com os desafios impostos pelo uso generalizado do plástico.

Nesse contexto, este artigo tem o objetivo de proceder uma análise bibliométrica abordando a transição para a EC da cadeia de suprimentos da indústria de embalagens plásticas na Europa, a partir das análises que compreendem a evolução da produção sobre o tema ao longo dos anos, os autores mais influentes, os artigos de maior destaque, as palavras-chave mais relevantes e os periódicos mais importantes. Por meio desse estudo, pretende-se oferecer uma

contribuição significativa para a pesquisa nesse campo. Essa abordagem detalhada encontra-se na seção metodológica do artigo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Economia Circular

O modelo circular representa uma evolução em relação ao tradicional modelo linear, que tem sido globalmente adotado desde a Revolução Industrial. No modelo linear, a transformação de recursos naturais em resíduos ocorre através das etapas de extração de matérias-primas, fabricação, consumo e descarte (Lacy & Rutqvist, 2015).

Por outro lado, A economia circular é um sistema regenerativo que busca minimizar a entrada de recursos, a emissão de resíduos e o desperdício de energia, promovendo o fechamento dos ciclos de material e energia por meio de práticas como design de longa duração, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem (Geissdoerfer et al., 2017), sendo um sistema de produção e consumo que tem como objetivo manter produtos, componentes, materiais e energia em circulação, preservando seu valor ao longo de um período prolongado (Jabbour et al., 2019).

Essa abordagem da economia circular busca alinhar a produção com os limites naturais da Terra, respeitando as taxas de reprodução natural dos ecossistemas e utilizando os ciclos dos ecossistemas nos processos econômicos (Korhonen et al., 2018). Uma economia circular bem-sucedida contribui positivamente para as três dimensões da sustentabilidade: econômica, ambiental e social.

A definição de Geissdoerfer et al. (2017) apresenta alguns princípios que estão na base dos modelos de negócios da economia circular. O design de produtos e modelos de negócios circular podem permitir maneiras economicamente viáveis de reutilizar continuamente produtos e materiais, usando recursos renováveis sempre que possível, e devem ser direcionados para duas estratégias fundamentais para o ciclo de recursos (Bocken et al., 2016, p. 309) : (i) Retardar os ciclos de recursos, situação em que, através do design de bens de longa vida e extensão da vida do produto (ou seja, ciclos de serviço para estender a vida de um produto, por exemplo, por meio de reparo, remanufatura), o período de utilização dos produtos é estendido e/ou intensificado, resultando em desaceleração do fluxo de recursos; (ii) Fechamento de ciclos de recursos, estratégia em que, através da reciclagem, o ciclo entre pós-uso e produção é fechado, resultando em um fluxo circular de recursos.

2.2 Economia Circular na Indústria do Plástico

O destaque crescente dado aos resíduos plásticos levou países ao redor do mundo a concentrar sua atenção na quantidade de resíduos plásticos que estavam sendo produzidos, como esses resíduos estavam sendo gerenciados e se esse gerenciamento era sustentável. Até então, os resíduos plásticos eram normalmente tratados por regulamentações gerais de resíduos. (European Union, 2008).

Nesse estágio, houve o reconhecimento de que o plástico é um material valioso e que, quando mantido na economia por meio da reutilização e reciclagem, tanto o meio ambiente quanto a economia se beneficiam. Compreender o valor do plástico, juntamente com a necessidade de reduzir o desperdício de plástico, levou à ascensão de ideias que visavam reduzir a produção de plástico e/ou promover a manutenção dos produtos plásticos dentro de uma estrutura de economia circular (Lahr, 1998).

A transição para a Economia Circular tem ganhado impulso em vários países e setores econômicos, especialmente com a formulação de estratégias e políticas públicas voltadas para

a EC, seguidas pela adesão de setores e empresas. Isso é influenciado pelas crescentes demandas dos consumidores por produtos e serviços sustentáveis. Países como Alemanha, China, Japão e Reino Unido foram pioneiros na adoção de iniciativas formais relacionadas à EC (Geng et al., 2012; Masi; Day; Godsell, 2017; Mathews; Tan, 2011; Murray et al., 2017; Su et al., 2013).

A União Europeia (UE), a partir de iniciativas individuais de alguns de seus países membros, também abraçou a EC como uma estratégia prioritária para alcançar a neutralidade climática até 2050. Ao longo das últimas décadas, a UE implementou várias iniciativas relacionadas a essa temática. Inicialmente, o foco estava na gestão de resíduos, e posteriormente houve uma mudança de enfoque em direção à Economia Circular. Algumas das iniciativas notáveis da UE nesse contexto incluem:

- Diretiva 94/62/EC do Parlamento Europeu sobre embalagens e resíduos de embalagens (European Parliament, 1994).
- Diretiva 2008/98/EC do Parlamento Europeu sobre resíduos (European Parliament, 2008).
- Estratégia Europeia para Plásticos em uma Economia Circular (European Commission, 2018).
- Diretiva 2019/904 do Parlamento Europeu sobre a redução do impacto de certos produtos plásticos no meio ambiente (European Parliament, 2019).
- Plano de Ação para a Economia Circular (European Commission, 2020), entre outras.

Dentro do Plano de Ação, é importante destacar a concentração de esforços em setores que consomem a maior parte dos recursos e têm um alto potencial para a circularidade, incluindo a indústria de plásticos. As ações para esse setor envolvem a implementação de requisitos obrigatórios em relação ao conteúdo de materiais reciclados, bem como uma atenção especial aos microplásticos, aos plásticos de base biológica e biodegradáveis. Essas medidas visam promover a transição para uma economia mais sustentável e circular, alinhada aos objetivos ambientais da UE.

Conforme mencionado anteriormente, no contexto específico da indústria do plástico, a União Europeia lançou a Estratégia Europeia para Plásticos em uma Economia Circular (European Comission, 2018), que lança as bases para uma nova economia de plásticos, na qual o design e a produção de plásticos e produtos plásticos atendam integralmente as necessidades de reutilização, reparo e reciclagem, fomentando o desenvolvimento e promoção de materiais mais sustentáveis, indo ao encontro dos princípios da EC. A partir da implementação dessa estratégia, espera-se que haja maior valor adicionado e prosperidade na Europa, bem como um impulso à inovação, o que reduzirá a poluição do plástico e seu impacto adverso no meio ambiente. A estratégia apresenta os principais compromissos de ação a nível da UE.

3 METODOLOGIA

Este estudo se configura como uma pesquisa bibliográfica de caráter descritivo, fazendo uso da análise bibliométrica à luz da temática da economia circular na indústria do plástico na Europa. A abordagem bibliométrica oferece uma análise estatística valiosa para avaliar o crescimento das tendências em produção, publicação, autoria e utilização de informações relacionadas à temática pesquisada em diversas áreas do conhecimento (Fonseca, 1986).

A escolha de utilizar a ferramenta Bibliometrix indica uma abordagem quantitativa para a análise da literatura existente sobre o tema de transição da economia circular na Europa. Isso envolve a coleta e o processamento de uma grande quantidade de dados bibliográficos, incluindo artigos acadêmicos, publicações científicas e outros tipos de fontes de informação.

Os três passos adotados no presente estudo, com base no que foi proposto por Ziegler et al. (2005), são os seguintes: (1) levantamento bibliográfico de termos e palavras relacionadas

com a temática estudada; (2) identificação da quantidade de publicações acadêmicas e científicas contendo os termos e palavras relacionadas; (3) análise de resultados sobre o crescimento na quantidade de publicações contendo os termos e palavras, identificando as relações de maior crescimento: baseado nas informações coletadas no passo anterior, foi realizada uma análise dos resultados para entender como a quantidade de publicações relacionadas aos termos e palavras-chave evoluiu ao longo do tempo.

Esses três passos constituem uma abordagem bibliométrica que visa quantificar e analisar a produção acadêmica e científica relacionada a um determinado tópico, permitindo identificar tendências e áreas de pesquisa em crescimento.

A condução deste estudo envolveu a exploração de duas bases de dados principais, Web of Science (WoS) e Scopus, as quais são reconhecidas como as duas bases de dados mundiais de artigos líderes em citações (Zhu & Liu, 2020).

Para delinear o escopo da pesquisa, foram estabelecidos dois conjuntos de palavras-chave de busca, que foram aplicadas da seguinte maneira: (1) utilizou-se a combinação das palavras-chave *"waste"* AND *"plastic*"* AND *"packag*"* AND *"europe*",* e (2) empregou-se a combinação de palavras-chave: *"circular economy"* AND *"plastic*"* AND *"packag*"* AND *"europe*"* em ambas as bases de dados a partir da busca por 'tópico' que engloba a pesquisa por títulos, resumos e palavras-chave de autor. Essa pesquisa obteve quatro resultados, tendo em vista que foram feitas duas pesquisas no *Web of Science* e duas pesquisas no *Scopus*.

Durante o processo de pesquisa, foram aplicados filtros específicos para identificar artigos e artigos de revisão e o ano de 2023 foi excluído da busca, uma vez que esse ano ainda é vigente e não é possível analisar todos os artigos publicanos nele. Além disso, no Scopus, categorias específicas foram empregadas como filtro, tais como: *Environmental Science, Engineering, Energy, Social Sciences, Business, Management and Accounting, e Materials Science*. A pesquisa foi realizada no período do mês de junho de 2023.

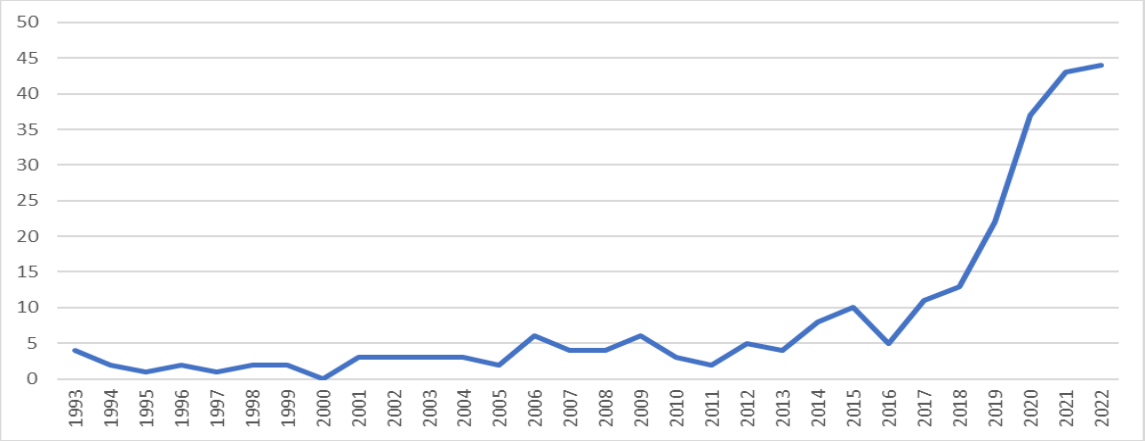
A partir dessa pesquisa, foi necessário realizar a combinação dos quatro resultados das bases de dados. Dessa forma, foi utilizado o software RStudio para remover os artigos duplicados, concatenar resultados e acessar o Bibliometrix, pacote do R que inclui a interface gráfica Biblioshiny e foi utilizado para visualizar os resultados da análise bibliométrica, tendo em vista que os gráficos, tabelas e redes foram extraídos dessa plataforma.

Após a realização desses procedimentos, obteve-se os seguintes resultados de busca: na pesquisa 1 no Web of Science (WoS), foram 147 artigos, e a pesquisa 2 retornou 266 artigos. Por outro lado, no Scopus, a pesquisa 1 produziu 78 artigos, enquanto a pesquisa 2 resultou em 237 artigos. Consequentemente, após a devida organização e eliminação de duplicatas, esse processo resultou em um total de 280 artigos disponíveis para análise.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As buscas realizadas nas bases de dados Scopus e WoS, conforme os parâmetros detalhados na metodologia, identificam a evolução na publicação de artigos desde 1993 até 2022, apresentados na Figura 1, que revela um padrão de crescimento na produção de artigos, revelando a importância que a temática assumiu ao longo dos anos, culminando em um pico em 2022.

Figura 1 – Evolução da produção anual de artigos



Fonte: Elaboração dos autores (2023).

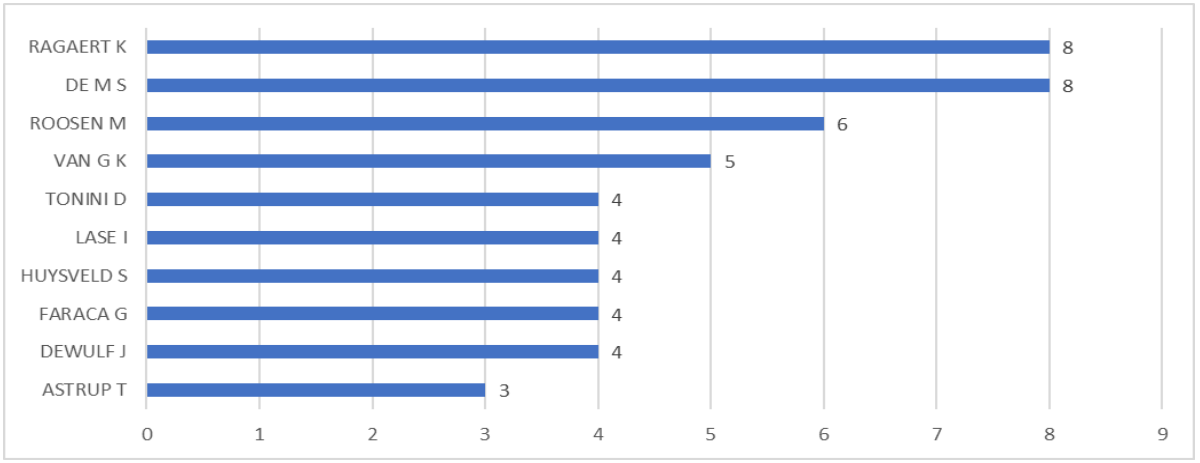
Durante os anos iniciais (1993-1998), a produção de artigos foi moderada, mantendo-se entre 0 e 10 por ano. A partir de 1999, observa-se um aumento gradual, culminando em um pico de 44 artigos em 2022. Os anos de notável crescimento incluem 2006, 2017 e 2020, enquanto anos como 2000 e 2011 apresentaram produção mínima. O período a partir de 2014 exibe um crescimento consistente até 2022. Apesar de algumas flutuações notáveis, a exemplo dos anos de 2000, no qual nenhum artigo acerca do tema foi publicado, e 2016, ano em que as publicações caíram pela metade em comparação ao ano anterior, a tendência geral foi de aumento no número de artigos produzidos anualmente.

É importante destacar que em dezembro de 2015, a Comissão Europeia adotou um plano de ação voltado para a economia circular. Nesse plano, os plásticos foram identificados como uma prioridade significativa, e a Comissão se comprometeu a desenvolver uma estratégia abrangente que abordasse os desafios associados aos plásticos em todas as etapas de sua vida útil. Em 2017, a Comissão reafirmou seu foco na produção e uso responsável de plásticos, com a meta ambiciosa de tornar todas as embalagens de plástico recicláveis até 2030 .

No contexto, em setembro de 2018, um ano marcado por um aumento contínuo nas publicações relacionadas a esse tema, o Parlamento Europeu emitiu uma Resolução sobre a estratégia europeia para os plásticos na economia circular. Nessa resolução, foram delineadas uma série de futuras medidas da União Europeia para a implementação da Estratégia, dentre elas é incluído o aprimoramento da economia e da qualidade da reciclagem de plásticos, a redução de resíduos de plástico e lixo, o estímulo de investimentos e inovações em direção a soluções circulares e a mobilização de ações em nível global (European Commission, 2018).

Com relação ao desempenho dos autores, a Figura 2 mostra a disposição dos artigos publicados por cada um dos 10 (dez) autores com maior número de publicações. Alguns autores têm picos de produção em anos específicos. Por exemplo, o autor De M S experimentou um aumento significativo em sua produção em 2022.

Figura 2 - Autores com mais publicações



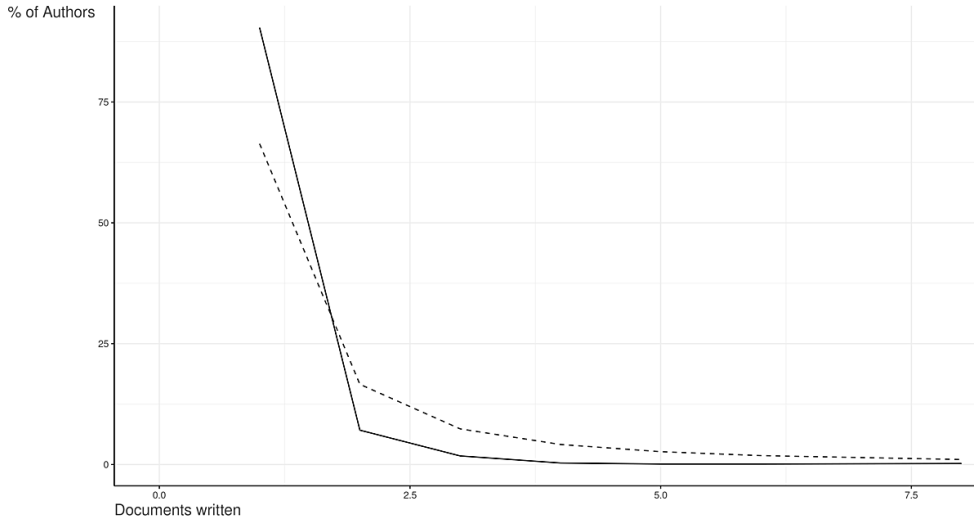
Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Além disso, ao se analisar a Figura 2, pode-se perceber que autores como Tonini D, Lase I, Huysveld S, Faraca G e Dewulf J exibem um nível de relevância relativamente similar, com diferenças sutis em suas contribuições quando comparados a Astrup T. No entanto, é inegável que os autores de maior destaque são Ragaert K e Steven De, no gráfico lê-se De M S, cujas produções se destacam de maneira mais proeminente em relação aos demais no conjunto de dados analisados.

Entre as principais contribuições de Ragaert K e Steven De, que colaboraram em quatro publicações conjuntas, duas das quais contam com Lase I como autor principal, merece destaque uma série de estudos no campo da ciência dos materiais, com um foco notório nos plásticos e no seu processo de reciclagem. Alguns dos trabalhos notáveis englobam: uma análise minuciosa do fluxo de materiais e do desempenho de reciclagem de um processo aprimorado de reciclagem mecânica para plásticos flexíveis pós-consumo (Lase et al., 2022); uma investigação sobre a contribuição da reciclagem química para a gestão de resíduos plásticos na Europa (Lase et al., 2023); uma avaliação técnica e econômica da melhoria do processo de reciclagem mecânica de plásticos flexíveis pós-consumo (Bashirgonbadi et al., 2022); e um estudo que analisa o impacto da ampliação do portfólio de coleta nos principais indicadores de desempenho do sistema holandês de reciclagem de resíduos de embalagens plásticas pós-consumo (Brouwer et al., 2019).

Outra análise feita acerca dos autores foi a produtividade pela chamada Lei de Lotka, cujo resultado é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Produtividade dos autores pela Lei de Lotka

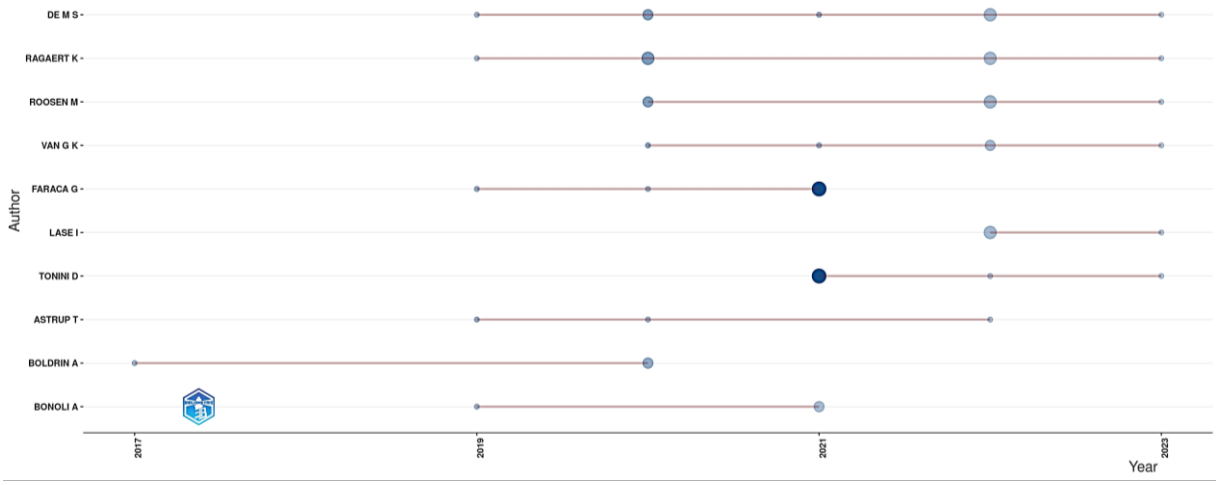


Fonte: Elaboração dos autores (2023).

A Lei de Lotka é um princípio que aborda a frequência das publicações por parte dos autores em diversos campos. Conforme essa lei, à medida que o número de artigos publicados por um autor aumenta, a incidência de autores com uma produção mais extensa torna-se menos comum. Isso fica evidente ao analisar a Figura 3, que ilustra que, com um número reduzido de documentos publicados, a proporção de autores com essa quantidade de produção é mais expressiva. Por exemplo, dos 1007 autores presentes na base de dados, 910 deles têm apenas um artigo publicado, representando mais de 90% da amostra de autores. Em contrapartida, os autores que produziram mais de quatro artigos constituem menos de 1% da amostra, o que justifica a diminuição gradual na porcentagem de autores à medida que o número de publicações aumenta.

A Figura 4 proporciona uma análise das produções ao longo do tempo dos principais autores no período de 2017 a 2022. É interessante observar que os autores de maior relevância (em termos de quantidade de publicações), Ragaert K e Steven De, iniciaram suas contribuições na pesquisa científica em 2019 com um artigo em colaboração publicado no periódico *Waste Management*. Nesse trabalho pioneiro, eles identificaram que, apesar dos avanços na rede de reciclagem de resíduos de embalagens plásticas pós-consumo na Europa, ainda não era possível considerá-la verdadeiramente circular (Brouwer et al., 2019).

Figura 4 - Produção de autores ao longo do tempo

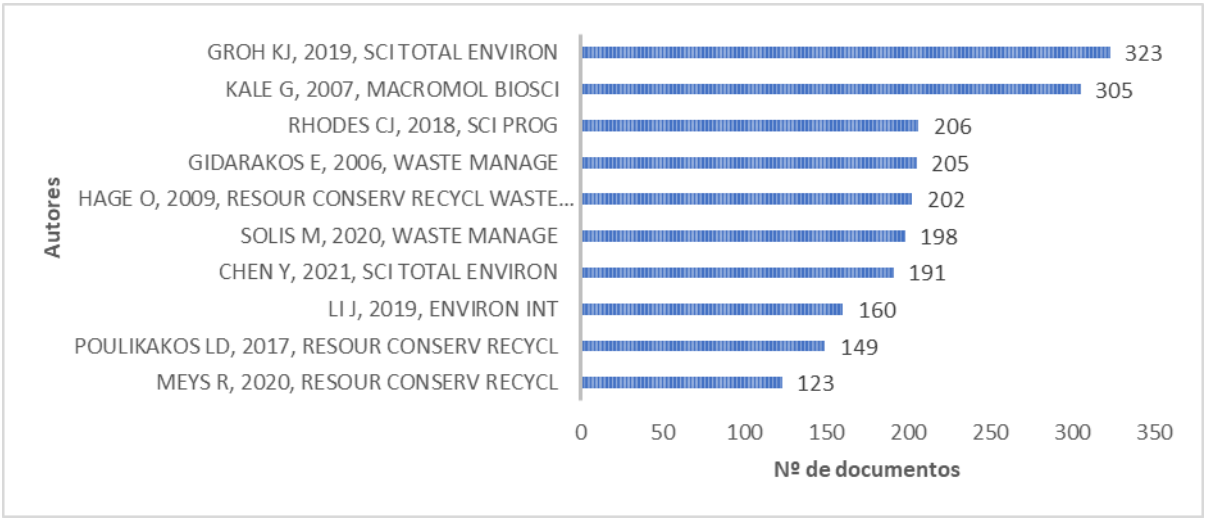


Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Além disso, entre os primeiros autores a iniciar sua produção científica encontra-se Boldrin A, que participou de um artigo que analisou a regulamentação da União Europeia ao longo do ciclo de vida dos sacos de plástico. Esse estudo revelou lacunas significativas na legislação, incluindo a falta de definições claras das categorias de polímeros, metas de reciclagem pouco ambiciosas e a ausência de consideração adequada dos macro e microplásticos em peças legislativas cruciais (Steensgaard et al., 2017).

Além de se analisar a relevância dos autores em termos de quantidade de publicações, procedeu-se, também, uma análise dos documentos mais citados. A Figura 5 ilustra os documentos e a totalidade de suas citações. Por meio dessa figura é possível obter uma visualização do arranjo quantitativo dessas menções, destacando os documentos mais influentes no contexto acadêmico.

Figura 5 - Documentos mais citados

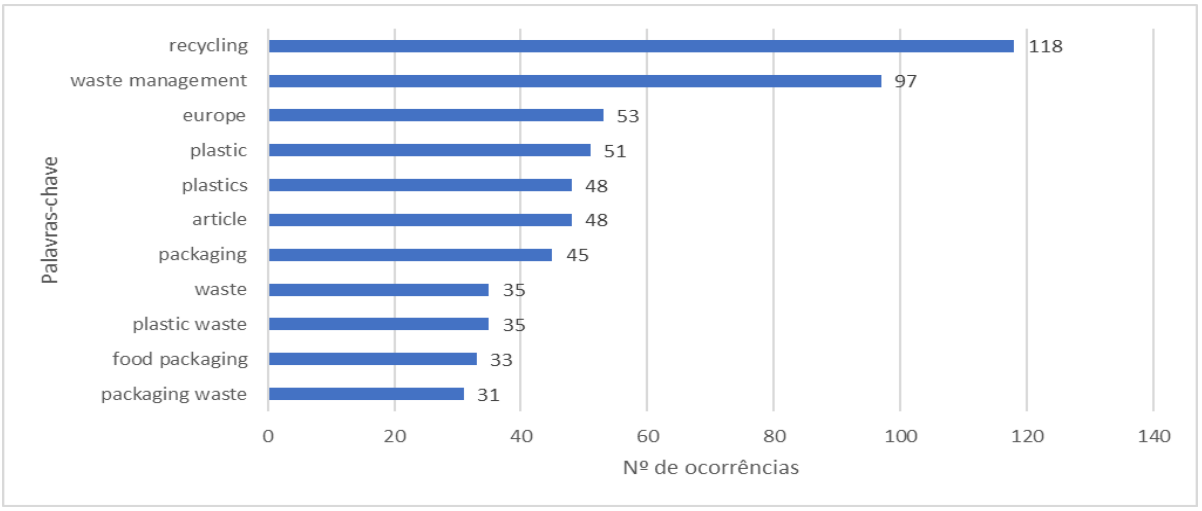


Fonte: Elaboração dos autores (2023).

É notável que os valores das citações variam de maneira expressiva, indo desde 123, pelo documento "MEYS R, 2020, RESOUR CONSERV RECYCL, até um total de 323 referências no caso do artigo "GROH KJ, 2019, SCI TOTAL ENVIRON", em que este artigo mais citado fez um estudo dos produtos químicos relacionados a embalagens plásticas com o intuito de identificá-los para uma futura substituição de elementos. Entre esses extremos, outros documentos também figuram de forma proeminente, com três documentos acima do marco de 200 citações e outro muito próximos de 305 ("KALE G, 2007, MACROMOL BIOSCI").

Já a Figura 6 revela uma perspectiva sobre as palavras-chaves mais proeminentes na pesquisa dos artigos publicados. O gráfico apresentado na figura captura a relevância das palavras-chave de acordo com o número de menções, variando desde uma relevância moderada até as com os maiores números de ocorrências, representadas por *"recycling"* e *"waste management"*.

Figura 6 - Palavras-chave mais relevantes

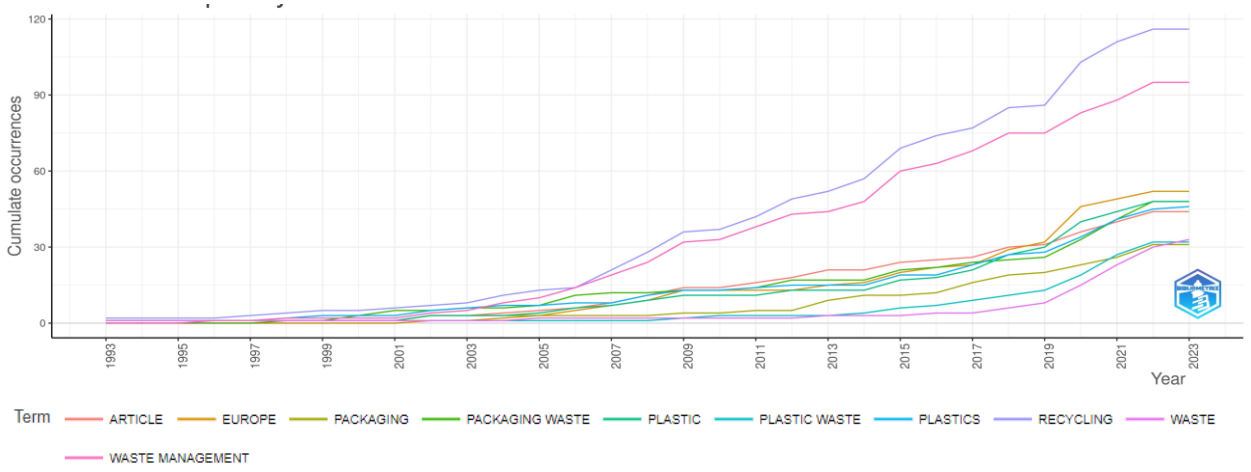


Fonte: Elaboração dos autores (2023).

A Figura 6 evidencia que as palavras *"packaging waste"* e *"food packaging"*, com respectivas 31 e 33 menções, embora sejam relevantes, configuram uma discussão menor nos artigos. Por outro lado, existem palavras-chave mais consideráveis, que representam notável parcela constante nos artigos, com 97 e 118 citações, representadas, respectivamente, por *"waste management"* e *"recycling"*. O padrão emergente a partir da Figura 6 sugere que os documentos publicados estão concentrando mais atenção em tópicos voltados ao gerenciamento de resíduos e à reciclagem, que possuem forte aderência aos princípios da Economia Circular. O emprego e o conhecimento com palavras-chave associados ao assunto asseguram que as pesquisas em bancos de dados sejam concisas e exatas, resultando em um aumento na quantidade de artigos relevantes.

Na Figura 7, é possível analisar a evolução das ocorrências das palavras-chave ao longo do tempo. Notavelmente, as palavras-chave mais proeminentes são *"recycling"* e *"waste management"*. Estas palavras começaram a ser mencionadas de forma gradual a partir de 2007, atingindo seu pico em 2022. É interessante notar que essas duas palavras-chave são centrais no campo de estudo, refletindo a crescente importância da gestão de resíduos e da reciclagem ao longo dos anos.

Figura 7 - Frequência das palavras-chave ao longo do tempo



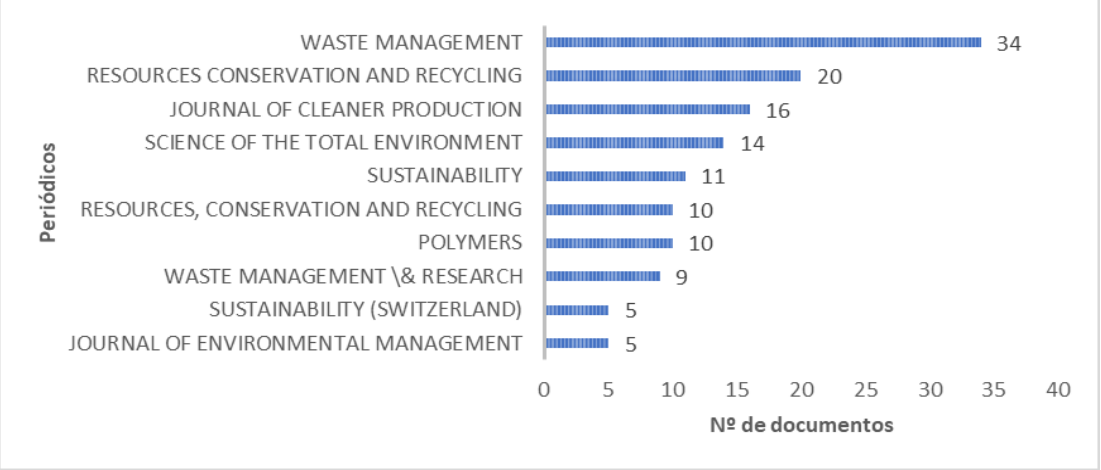
Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Além disso, é relevante destacar que os quatro artigos com a participação de Ragaert K e Steven De também apresentam *"recycling"* e *"plastic"* como palavras-chave de autor, sendo esta última a quarta mais citada. Isso ressalta a forte conexão desses autores com os temas de reciclagem e plásticos, corroborando sua influência nessa área de pesquisa.

Embora outras palavras-chave também tenham experimentado uma evolução ao longo do tempo, elas ainda estão consideravelmente distantes em termos de ocorrências em comparação com as duas principais. Logo após *"recycling"* e "*waste management*", as palavras-chave *"Europe"* e *"plastic"* se destacam como as mais mencionadas, demonstrando sua relevância contínua no contexto da pesquisa analisada.

Na figura 8 são apresentados os periódicos mais relevantes no campo da transição da Economia Circular na Europa, ou seja, aqueles que publicaram pelo menos mais artigos relacionado ao tema e fazem parte da base de dados resultante da pesquisa. Por meio da análise bibliométrica, é possível observar que o periódico *"Waste Management"* é líder em termos de quantidade de artigos sobre o assunto, com um total de 34 publicações. Na sequência, destacam-se o periódico *"Resources Conservation And Recycling*", com 20 artigos publicados, e o *"Journal of Cleaner Production*", que contribuiu com 16 artigos.

Figura 8 - Periódicos mais relevantes

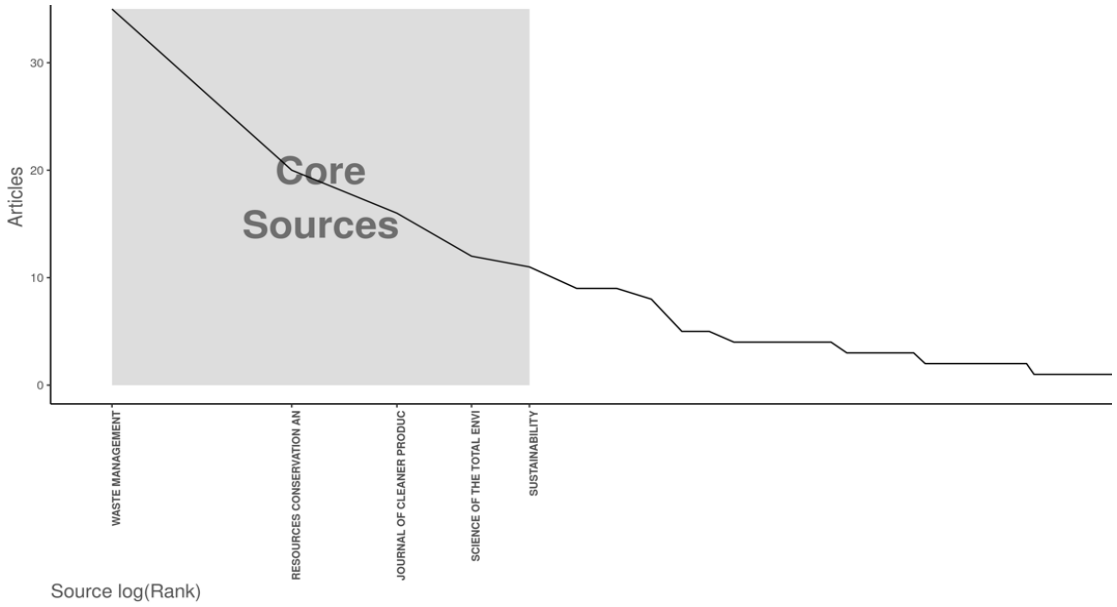


Fonte: Elaboração dos autores (2023).

O periódico que detém o maior número de artigos, *"Waste Management"*, parece concentrar-se principalmente em pesquisas relacionadas a questões relevantes para pesquisadores, profissionais e/ou tomadores de decisão no campo de resíduos sólidos. Isso ocorre porque os documentos que abordam a utilização de resíduos na criação de novos produtos geralmente são mais apropriados para publicações que se concentram nas características materiais desses produtos.

Outra análise feita acerca dos periódicos que mais concentram as publicações sobre o tema pesquisado utilizou a chamada Lei de Bradford, cujo resultado é apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Lei de Bradford



Fonte: Elaboração dos autores (2023).

A Lei de Bradford propõe que à medida que os primeiros artigos sobre um novo tópico são escritos, eles passam por uma seleção inicial por parte dos periódicos apropriados. Se esses artigos forem aceitos, esses periódicos tendem a atrair cada vez mais artigos ao longo do desenvolvimento da área de estudo. Em outras palavras, a medida que um campo de pesquisa se expande, alguns periódicos pioneiros nesse tópico acabam atraindo um grande número de contribuições relacionadas. Essa lei é utilizada para identificar os *journals* principais e, consequentemente, focar a análise nos principais documentos.

Dessa forma, os cinco principais periódicos são identificados por *Waste Management*, *Resources Conservation and Recycling*, *Journal of Cleaner Production*, *Science of The Total Environment* e *Sustainability*, representando 34% da produção baseado no banco de dados com 280 artigos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, a análise bibliométrica realizada, que resultou em um conjunto de 280 artigos, revelou uma crescente quantidade de publicações referentes à temática pesquisada na última década, embora se compreenda que há a necessidade de ampliar as pesquisas relacionadas à transição da indústria do plástico para a Economia Circular, especialmente em outras regiões do mundo.

Neste contexto, compreender o progresso da produção intelectual relacionada à Economia Circular na Europa é de extrema importância para desenvolver estratégias sustentáveis que promovam o sucesso econômico, bem como atender a estratégias que estão sendo implementadas pela União Europeia. Portanto, pode-se afirmar que o artigo alcançou seu objetivo ao apresentar e analisar os dados quantitativos obtidos a partir da produção científica sobre esse tema.

Apesar de autores como Kim Ragaert e Steven De Meester serem considerados relevantes, devido à quantidade de artigos publicados (Figura 2), percebe-se que não necessariamente devem ser considerados como importantes referências para o avanço do conhecimento na temática pesquisada, pois os artigos desses autores não estão entre os dez mais citados (Figura 5). Para uma avaliação efetiva da relevância das publicações e da contribuição destas para o avanço do conhecimento, é necessária uma análise aprofundada dos artigos, o que será objeto de uma etapa futura da pesquisa, que será uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Tal RSL permitirá, por exemplo, a identificação das lacunas de pesquisa apontadas pelos diferentes artigos.

Por outro lado, a extração das palavras-chave mais recorrentes da pesquisa bibliométrica (Figura 6, pode ser uma importante sinalização para orientar futuras pesquisas científicas, mais centradas nos aspectos mais importantes para a transição para a EC.

Apesar de se reconhecer que a pesquisa empreendida apresente limitações (por exemplo, a quantidade de bases de dados utilizadas) e os resultados apresentados não permitam um maior aprofundamento no conteúdo dos artigos pesquisados, até pelo caráter da análise bibliométrica efetuada, entende-se que o artigo traz contribuições relativas ao direcionamento das próximos etapas da pesquisa que, conforme mencionado, prevê a realização de uma revisão sistemática a partir dessa mesma base de 280 artigos (que passarão por novos critérios de filtros), que permitirá a ampliação da compreensão sobre a temática da transição para a economia circular da indústria de embalagens plásticas.

REFERÊNCIAS

Ahmed, N. (2023). Utilizing plastic waste in the building and construction industry: A pathway towards the circular economy. *Construction and Building Materials*, 383, 131311.

Briassoulis, D., Hiskakis, M., Karasali, H., & Briassoulis, C. (2014). Design of a European agrochemical plastic packaging waste management scheme—Pilot implementation in Greece. *Resources, Conservation and Recycling*, *87*, 72–88. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.03.013.

Brouwer, M., Picuno, C., Thoden van Velzen, E. U., Kuchta, K., De Meester, S., & Ragaert, K. (2019). The impact of collection portfolio expansion on key performance indicators of the Dutch recycling system for Post-Consumer Plastic Packaging Waste, a comparison between 2014 and 2017. *Waste Management*, *100*, 112–121. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.012

Bocken, N. M. P. et al. (2017). "Taking the circularity to the next level: a special issue on the circular economy". *Journal of Industrial Ecology*, Editorial, 21(3), 476-482.

Burlakovs, J., Kriipsalu, M., Porshnov, D., Jani, Y., Ozols, V., Pehme, K.-M., Rudovica, V., Grinfelde, I., Pilecka, J., Vincevica-Gaile, Z., Turkadze, T., Hogland, W., & Klavins, M. (2019). Gateway of Landfilled Plastic Waste Towards Circular Economy in Europe. *Separations*, *6*(2), 25. https://doi.org/10.3390/separations6020025

Coelho, P. M., Corona, B., ten Klooster, R., & Worrell, E. (2020). Sustainability of reusable packaging–Current situation and trends. *Resources, Conservation & Recycling: X*, *6*(2590-289X), 100037. Sciencedirect. https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100037

COM (2018) 28 final COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES Uma Estratégia Europeia para os Plásticos na Economia Circular {SWD(2018) 16 final}. (n.d.). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF

European Comission. Directive (EU) 2018/851 of the European parliament and of the council of 30 May 2018 amending directive 2008/98/EC on waste. *Off J Eur Union* 2018, 1907:109–140. https://doi.org/10.1023/A:1009932427938.

European Comission. (2018). *A European strategy for plastics in a circular economy*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?qid=1516265440535&uri=com:2018:28:fin access in 22 Aug. 2021.

European Comission. (2020). *Circular Economy Action Plan: for a cleaner and more competitive Europe*. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/pdf/circular-economy/new_circular_economy_action_plan.pdf access in 02 Nov. 2021.

European Union. Directive 2008/122/EC of the European parliament and of the council. *Fund Text Eur Private Law 2008*: 3–30. https://doi.org/10.5040/9781782258674.0028.

Fonseca, Edson Nery (1986). Bibliometria. Teoria E Pratica. *São Paulo: Cultrix*.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E.J. (2017). "The Circular Economy – a new sustainability paradigm?" *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.

Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23, 216-224.

Groh, K. J., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P. A., Lennquist, A., Leslie, H. A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, A. M., & Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*, *651*(2), 3253–3268. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.015.

Jabbour, A. B. L. S., Luiz, J. V. R., Luiz, O. R., Jabbour, C. J. C., Ndubisi, N. O., De Oliveira, J. H. C., & Hourneaux Jr, F. (2019). "Circular economy business models and operations management". *Journal of Cleaner Production*, 235, 1525-1539.

Kale, G., Kijchavengkul, T., Auras, R., Rubino, M., Selke, S. E., & Singh, S. P. (2007). Compostability of Bioplastic Packaging Materials: An Overview. *Macromolecular Bioscience*, *7*(3), 255–277. https://doi.org/10.1002/mabi.200600168.

Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: the concepts and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46.

Kubiczek, J., Derej, W., Hadasik, B., & Matuszewska, A. (2023). Chemical recycling of plastic waste as a mean to implement the circular economy model in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, *406*, 136951. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136951

Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). *Waste to wealth: The circular economy advantage*. Palgrave Macmillan.

Lahr, J. (1998). An ecological assessment of the hazard of eight insecticides used in Desert Locust control, to invertebrates in temporary ponds in the Sahel. *Aquatic Ecology 32*, 153–162 https://doi.org/10.1023/A:1009932427938

Lase, I. S., Bashirgonbadi, A., van Rhijn, F., Dewulf, J., Ragaert, K., Delva, L., Roosen, M., Brandsma, M., Langen, M., & De Meester, S. (2022). Material flow analysis and recycling

performance of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics. *Waste Management*, *153*, 249–263. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.09.002

Lase, I. S., Tonini, D., Caro, D., Albizzati, P. F., Cristóbal, J., Roosen, M., Kusenberg, M., Ragaert, K., Van Geem, K. M., Dewulf, J., & De Meester, S. (2023). How much can chemical recycling contribute to plastic waste recycling in Europe? An assessment using material flow analysis modeling. Resources, Conservation and Recycling, 192, 106916. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106916.

Masi, D., Day, S., & Godsell, J. (2017). Supply chain configurations in the circular economy: a systematic literature review. *Sustainability*, 9(1602), 1-22.

Matews, J., & Tan, H. (2011). Process toward a circular economy in China: the drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 435-457.

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140, 369-380.

Ratnasari, D. K., Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2017). Catalytic pyrolysis of waste plastics using staged catalysis for production of gasoline range hydrocarbon oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *124*, 631–637. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2016.12.027

Steensgaard, I. M., Syberg, K., Rist, S., Hartmann, N. B., Boldrin, A., & Hansen, S. F. (2017). From macro- to microplastics - Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags. *Environmental Pollution*, *224*, 289–299. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.007

Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-227.

Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, *123*(1), 321–335. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Vice-Reitoria de Pesquisa da Universidade de Fortaleza, pelo apoio financeiro à execução da pesquisa, e à Fundação Edson Queiroz, pela concessão de uma bolsa de iniciação científica à aluna de graduação e uma bolsa Yolanda Queiroz à aluna de pós-graduação.