

## ECONOMIA CIRCULAR NA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE MÉTODOS E TÉCNICAS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.II-019>

Erika María Riggioni Esquivel (\*), Evandro Andre Konopatzki, Ilton José Baraldi, Elías Lira Dos Santos Junior.

\*Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR/PPGTAMB, Campus Medianeira, erikariggioni@gmail.com

### RESUMO

A economia circular (EC) consolida-se como uma abordagem essencial para mitigar os impactos ambientais do modelo linear, especialmente em setores de elevado impacto, como o de embalagens plásticas. Este estudo tem como objetivo realizar uma prospecção tecnológica de métodos, técnicas e modelos de EC aplicáveis a essa indústria, a partir de uma revisão integrativa de literatura científica nas bases Scopus e Web of Science. Foram identificados e analisados 343 artigos, dos quais 292 atenderam aos critérios de relevância definidos. A pesquisa revelou um aumento expressivo na produção científica sobre EC após 2020, refletindo o crescimento do interesse global pelo tema. Foram mapeados 34 métodos e técnicas, com destaque para abordagens híbridas (34,5%), que incluem tecnologias emergentes como recuperação de fósforo, co-combustão e uso de extratos alcalinos. Esses métodos mostraram-se promissores por sua compatibilidade com a infraestrutura industrial e geração de subprodutos úteis. Técnicas baseadas em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e em métodos multicritério de decisão (MCDM) também se destacaram por sua capacidade analítica e potencial de aplicação estratégica, embora enfrentem limitações quanto à padronização e acesso a dados. Além disso, os métodos de valorização de resíduos orgânicos surgem como soluções promissoras para reduzir o uso de polímeros fósseis. Os resultados revelam um campo dinâmico e em expansão, com forte concentração em áreas como gestão de resíduos e avaliação de circularidade, mas com potencial para crescimento em temas como governança, educação e agricultura circular. Conclui-se que há necessidade de validação empírica, aprimoramento regulatório e investimentos em inovação para viabilizar a transição para um modelo circular mais robusto e escalável na indústria de embalagens plásticas, destacando a carência de soluções adaptáveis, sustentáveis e replicáveis no contexto da transição para uma indústria mais sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Economia circular, embalagens plásticas, indústria, prospecção tecnológica, sustentabilidade.

### INTRODUÇÃO

A Economia Circular (EC) é amplamente reconhecida como uma abordagem promissora rumo à sustentabilidade, configurando-se como alternativa ao modelo linear de extrair–produzir–descartar predominante na economia moderna. Nesse contexto, a EC constitui um caminho para o desenvolvimento sustentável, definido como aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer os sistemas de suporte à vida dos quais dependem as gerações atuais e futuras (GRIGGS, 2013). Em síntese, não é possível haver sociedade ou economia próspera sem um ambiente natural seguro e equilibrado.

O conceito de EC baseia-se na reciclagem de materiais, na desaceleração dos fluxos de recursos por meio da reutilização e reparação, na otimização do uso compartilhado de ativos e na regeneração dos ecossistemas naturais. Seu objetivo é reduzir a dependência de matérias-primas virgens, a exploração excessiva de recursos e a poluição, ao mesmo tempo em que promove novos modelos produtivos mais sustentáveis. Na última década, esse paradigma ganhou posição central na agenda global de sustentabilidade, mobilizando governos, setor produtivo e instituições de pesquisa, com potencial de dissociar crescimento econômico de impactos ambientais (MACARTHUR, 2020).

A EC pode ser compreendida como um fluxo cíclico que envolve extrair, transformar, distribuir, usar e recuperar materiais e energia ao longo do ciclo de vida de produtos e serviços. Cada etapa traz consigo campos de ação específicos, desde a utilização eficiente de recursos e a adoção de eco-inovações, até a rastreabilidade na distribuição, a eficiência no uso por meio da reutilização e remanufatura, e a reintegração de resíduos na cadeia produtiva. Diferentemente da economia linear, centrada em ganhos incrementais de eficiência, a EC propõe redesenhar produtos e processos de modo a eliminar resíduos, ampliar ciclos de vida e reduzir a pressão sobre recursos naturais (STAHEL, 2016).

Além disso, a EC incorpora dimensões estratégicas para a geração de valor, uma vez que práticas como produção limpa e ecodesign permitem reduzir custos de materiais, energia e trabalho, ao mesmo tempo em que fortalecem a competitividade empresarial. Estudos apontam, por exemplo, que a remanufatura no setor de celulares pode economizar até 50% dos custos de entrada de materiais, enquanto no Reino Unido a adoção de estratégias circulares poderia gerar economias anuais de 1,1 bilhão de dólares e reduzir 7,4 milhões de toneladas de emissões de gases de efeito estufa. Nesse

sentido, modelos como o das Três E (Ecológico, Econômico e Equitativo), inspirados no Cradle to Cradle (C2C), integram fluxos de materiais, substâncias e energia naturais e técnicos, orientando-se para uma “economia do bem-estar” (MACARTHUR, 2020).

Outro pilar essencial é o ecodesign, que assume papel estratégico ao incorporar melhorias ambientais em todas as etapas do ciclo de vida, desde a concepção até o tratamento final. Essa prática, vinculada aos princípios do C2C, constitui alternativa à obsolescência programada e promove a eficiência no uso de recursos cada vez mais escassos, agregando valor frente a modelos produtivos externalizados e de baixo custo.

Diante dos desafios ambientais globais, torna-se imprescindível alinhar produção e consumo à preservação ambiental. Nesse sentido, o setor de embalagens plásticas ganha destaque, dado seu elevado impacto ambiental ao longo do ciclo de vida. Aplicar princípios da EC nesse segmento implica redesenhar produtos e processos para reduzir resíduos, otimizar recursos e minimizar a pegada ambiental, exigindo métodos mais eficazes que fortaleçam a transição para modelos circulares (SILVA & RAMOS, 2025). Em contraponto à visão predominante na literatura, que destaca a EC como resposta urgente à crise ambiental, observa-se um paradoxo temporal. Stahel (2016) propõe a EC como um sistema de ciclos longos, centrado na extensão da vida útil dos materiais, enquanto MacArthur (2020) enfatiza a urgência da transformação estrutural como forma de mitigar os efeitos da economia linear. Essa dualidade é reforçada por Griggs et al. (2013), ao atribuírem ao tempo uma dimensão ética e intergeracional.

Por fim, a Economia Circular surge como uma abordagem inovadora voltada a mitigar os efeitos adversos da economia linear e a promover sistemas produtivos mais sustentáveis. Este estudo apresenta uma revisão integrativa de 343 artigos científicos das bases Scopus e Web of Science, dos quais 292 foram selecionados por abordarem métodos, técnicas ou modelos de economia circular aplicados à indústria de embalagens plásticas. O aumento da produção científica a partir de 2020 confirma o crescimento do interesse global pelo tema e a relevância de aprofundar a discussão sobre seus impactos e aplicações.

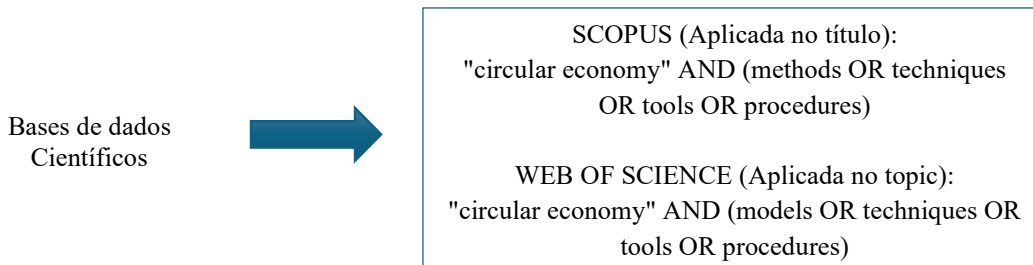
## OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de uma prospecção tecnológica, os principais modelos, métodos e técnicas de economia circular aplicados à indústria de embalagens plásticas, identificando tendências, potencialidades e limitações.

## METODOLOGIA

A coleta de artigos sobre a temática da Economia Circular (EC) e seus métodos, técnicas e modelos foi realizada em duas bases de dados científicas: Scopus (SCP) e Web of Science (WOS), com o intuito de encontrar os principais métodos, técnicas e modelos adequados à aplicação da EC na indústria de embalagens plásticas.

Em todas as bases de dados utilizadas, foram empregados recursos de busca avançada para localizar as palavras-chave investigadas nos títulos e/ou resumos do material prospectado. Para a associação dos termos, utilizaram-se aspas e o operador booleano "AND" para localizar os artigos mais relevantes para este estudo. No caso das bases SCP (2025) e WOS (2025), as palavras-chave foram pesquisadas em inglês para obtenção de melhores resultados. Assim, na busca na SCP e WOS, foi empregada a estratégia com as seguintes palavras-chave: ("Circular Economy" AND (methods OR techniques OR tools OR procedures)), sendo ela aplicada ao “Título” na base SCP, e ao “Topic” em WOS, evidenciado na Figura 1.



**Figura 1: Palavras-chave prospectadas em inglês nas respectivas bases científicas. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

Posteriormente, realizou-se a exclusão dos artigos duplicados e os que não puderam ser baixados em ambas as bases (SCP e WOS) e/ou mesmos os que não foram encontrados. Os dados dos artigos encontrados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel® para análise e avaliação, bem como, para estudos posteriores, verificando-se a quantidade de artigos, os títulos, os autores, o ano de publicação, os países de origem, os locais de publicação, os tipos de publicação, a área de

concentração, as instituições de pesquisa, a base tecnológica, os métodos ou técnicas de economia circular (MTEC), as vantagens e desvantagens de cada um dos MTEC. Conforme apresentado pictoriamente na Figura 2.

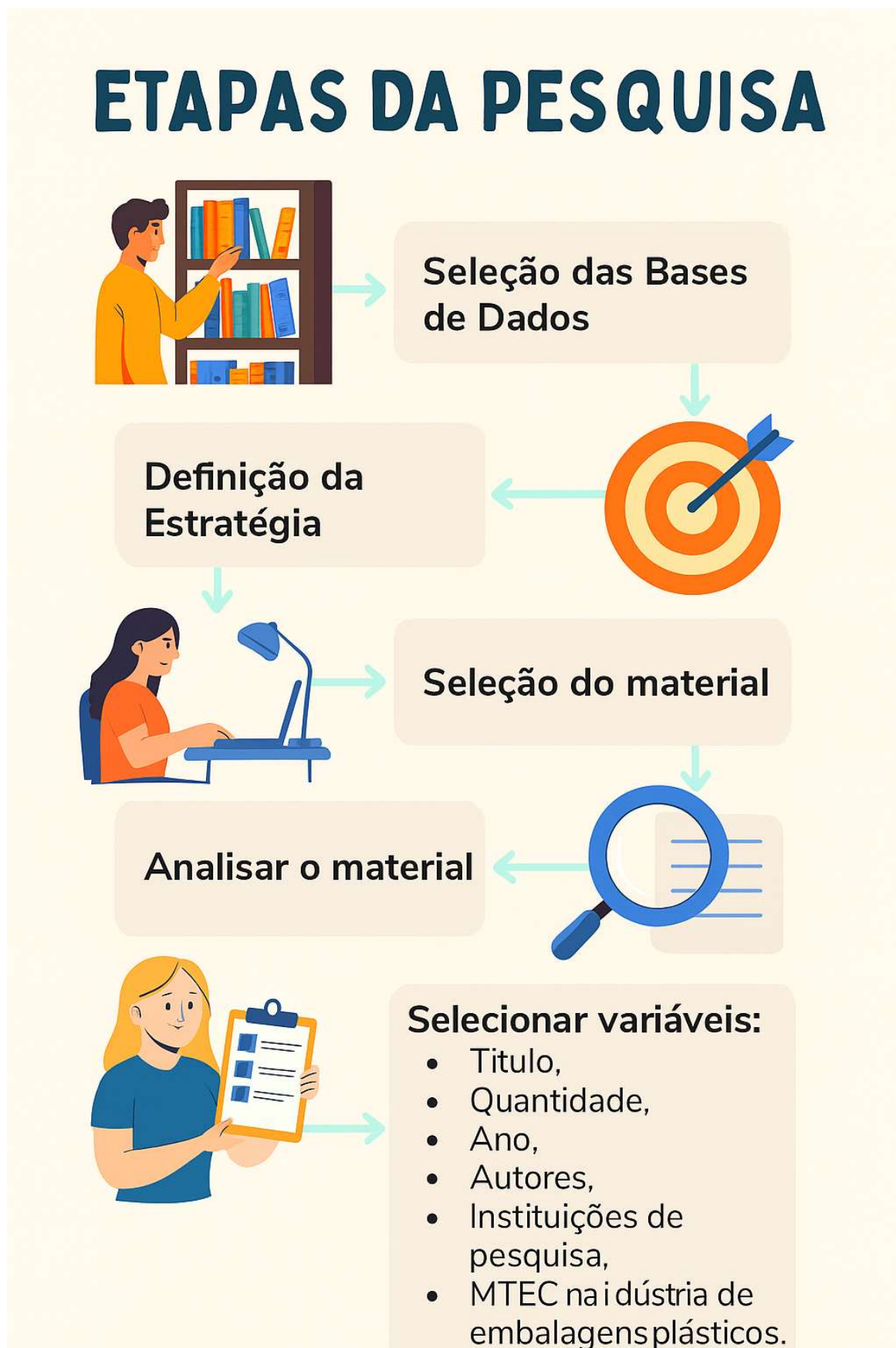


Figura 2: Representação pictórica das etapas da pesquisa. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).

Por fim, com o auxílio de Inteligência Artificial (Consensus - Chat GPT), realizou-se uma seleção adicional utilizando um prompt que identificasse quais dos artigos contemplavam “métodos, técnicas e modelos de economia circular aplicáveis à indústria de embalagens plásticas”; e um segundo prompt que, a partir da lista anterior, filtrasse os dez artigos com “maior relevância em métodos, técnicas e modelos de economia circular aplicáveis à indústria de embalagens plásticas”.

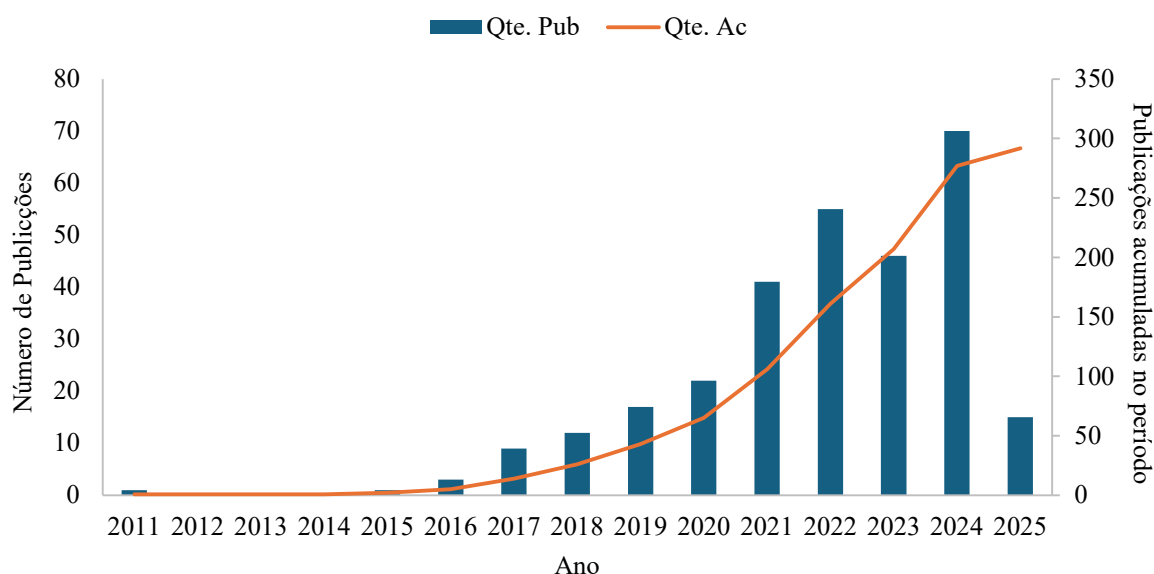
Em seguida, os artigos foram avaliados por título e resumo, com apoio de um filtro da mesma Inteligência Artificial, que selecionou 292 artigos que contemplavam “métodos, técnicas e modelos de EC aplicáveis à indústria de embalagens plásticas”. Nesta versão são apresentados somente a evolução histórica, bem como, os MTEC identificados nos documentos.

## RESULTADOS

Como resultado das buscas com as palavras-chave "Circular Economy" AND (methods OR techniques OR tools OR procedures), identificaram-se 362 artigos na SCP e 142 na WOS. Após o descarte de artigos duplicados e não acessíveis, restaram 257 artigos identificados na base da SCP (em 29 de maio de 2025) e 86 da WOS (em 21 de junho de 2025), totalizando 343 considerados na análise.

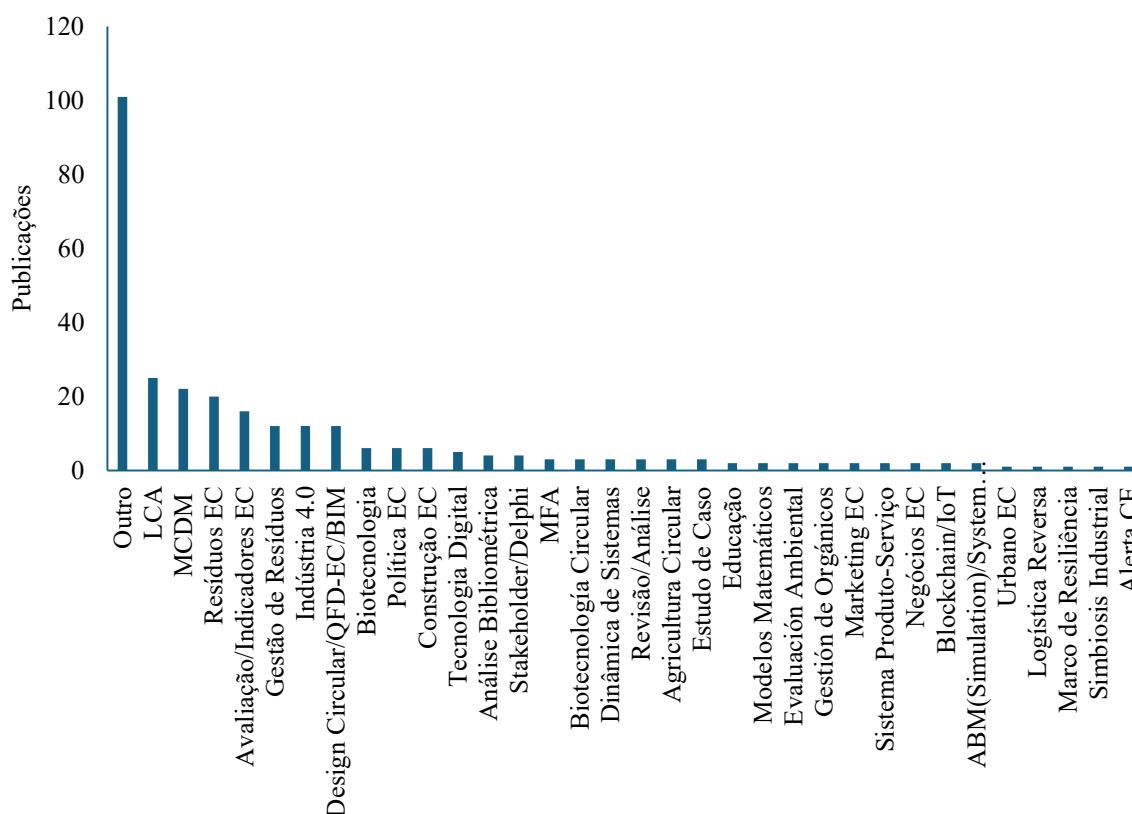
No período analisado (2011 a junho de 2025), observou-se um aumento médio de 38,81% na produção científica, com taxa de crescimento médio anual de 20,85 %/ano. Esse crescimento pode ser visualizado na Figura 3 – Publicações científicas sobre MTEC aplicados a indústrias de embalagens plásticas, que evidencia a evolução da produção acadêmica ao longo dos anos. O pico de publicações ocorreu em 2024 (70 documentos); em 2025 houve uma queda da ordem de 78,57% das publicações, função do não fechamento do ano.

Em 2023 ocorreu um declínio da ordem de 16,36% no número de documentos sobre o tema de estudo, com possíveis justificativas no período pós-pandemia, bem como os expressivos eventos climáticos extremos ocorridos nesse ano — sendo um dos anos mais quentes na temperatura mundial, com aumento da ordem de 1,45 °C da média e com mais de 100.000 mortes por essas temperaturas extremas; conforme também representado na Figura 3.



**Figura 3: Evolução temporal das publicações sobre MTEC aplicadas a indústrias de embalagens plásticas. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

Foram identificados 34 MTEC que são aplicados a indústria de embalagens plásticas. A Figura 4 revela que uma proporção de 34,5% de artigos utiliza MTEC, classificados como “Outro”. Essa categoria inclui abordagens híbridas ou não convencionais, com destaque para recuperação de recursos como fósforo por incineração controlada, co-combustão e uso de extratos alcalinos. Esses métodos mostraram-se compatíveis com infraestruturas industriais existentes e geram subprodutos úteis para a aplicação de modelos circulares.



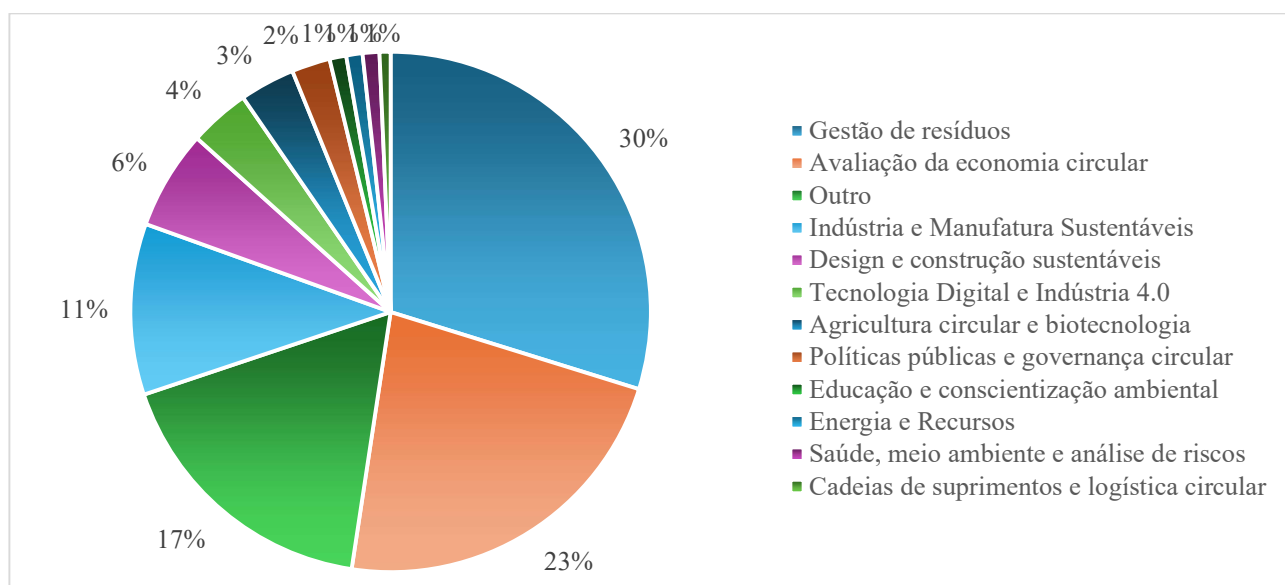
**Figura 4: Métodos e Técnicas de Economia Circular aplicáveis a Indústria de Embalagens Plásticas. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

A incorporação de tecnologias emergentes, como nano aditivos e ferramentas de avaliação multicritério, reforça uma abordagem sistêmica e adaptável. No entanto, há limitações como a presença de metais pesados, baixa biodisponibilidade de nutrientes recuperados, dependência de condições operacionais específicas, barreiras regulatórias e baixa aceitação comercial.

Os métodos baseados em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), presentes em 25 artigos, representam 8,5% dessas publicações e são ferramentas robustas para aplicar princípios de EC. Indicadores como MCI e LCSA permitem integrar aspectos sociais e econômicos, mas ainda enfrentam desafios metodológicos como atribuição de benefícios do reciclado, disponibilidade de dados e representação de múltiplos ciclos.

Os métodos de decisão multicritério (MCDM), presentes em 22 artigos (7,5%), oferecem suporte à priorização de critérios técnicos, econômicos e ambientais. Métodos como VIKOR, TOPSIS, ANP e DEMATEL se destacam por lidar com incertezas, mas requerem expertise técnica e carecem de padronização e aplicação prática na indústria de embalagens. Os métodos de valorização de resíduos orgânicos, identificados em 20 artigos (6,8%), têm potencial elevado, com geração de valor agregado e redução de uso de matéria-prima virgem. Porém, enfrentam desafios de escalabilidade, infraestrutura e heterogeneidade dos resíduos.

Em conjunto, os métodos analisados refletem a diversidade de abordagens para implementar a economia circular, com crescente interesse por soluções inovadoras e sustentáveis na indústria de embalagens plásticas, sobretudo, no desenvolvimento e pesquisa de alternativas substitutivas desse tipo de material a base de petróleo, sobretudo, por produtos biodegradáveis.



**Figura 5: Percentual de publicações por área do conhecimento. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

Outro ponto relevante da análise dos 292 artigos científicos refere-se à distribuição temática e/ou por área do conhecimento, refletindo tanto abordagens consolidadas quanto áreas emergentes no campo da economia circular, conforme apresentado na Figura 05.

Inicialmente, a categoria de gestão de resíduos é a mais representada, abrangendo 30% da área temática. Isso demonstra que a economia circular ainda está fortemente vinculada à gestão de resíduos sólidos — industriais, urbanos e agrícolas — com propostas de estratégias para valorização de resíduos, tecnologias de tratamento e soluções de reutilização. Por exemplo, Álvarez Fernández e Castillo Campo (2025) apresentam um método baseado em princípios da economia circular para otimizar a gestão de águas residuais, com foco na eficiência e reutilização de recursos.

Em segundo lugar, está a categoria de avaliação da economia circular, que concentra 23% dos artigos, focando no desenvolvimento de ferramentas para mensurar a circularidade. As abordagens incluem frameworks multicritério, indicadores, análise do ciclo de vida (ACV) e redes neurais. Longsheng e Shah (2025) propõem uma metodologia que integra áreas naturais protegidas (ANP) e redes neurais artificiais para avaliar o desempenho circular em organizações. E Da Silva e Ramos (2025) avaliam estratégias de economia circular aplicadas a diferentes práticas produtivas.

A categoria de temas diversos ou emergentes reúne 17% dos artigos, com enfoques interdisciplinares que não se enquadram facilmente em uma única categoria. Por exemplo, Sun, Hu e Shen (2025) realizam uma análise quantitativa de narrativas sobre economia circular em meios de comunicação e documentos institucionais, identificando lacunas conceituais e inconsistências no discurso sobre circularidade. Na categoria de indústria e manufatura sustentável, que representa 11% das publicações, os estudos aplicam princípios circulares à produção, com foco em simbiose industrial, redesenho de processos e otimização de recursos. Nayeri e Sazvar (2025) abordam a avaliação da sustentabilidade na obtenção de matérias-primas críticas sob uma perspectiva circular.

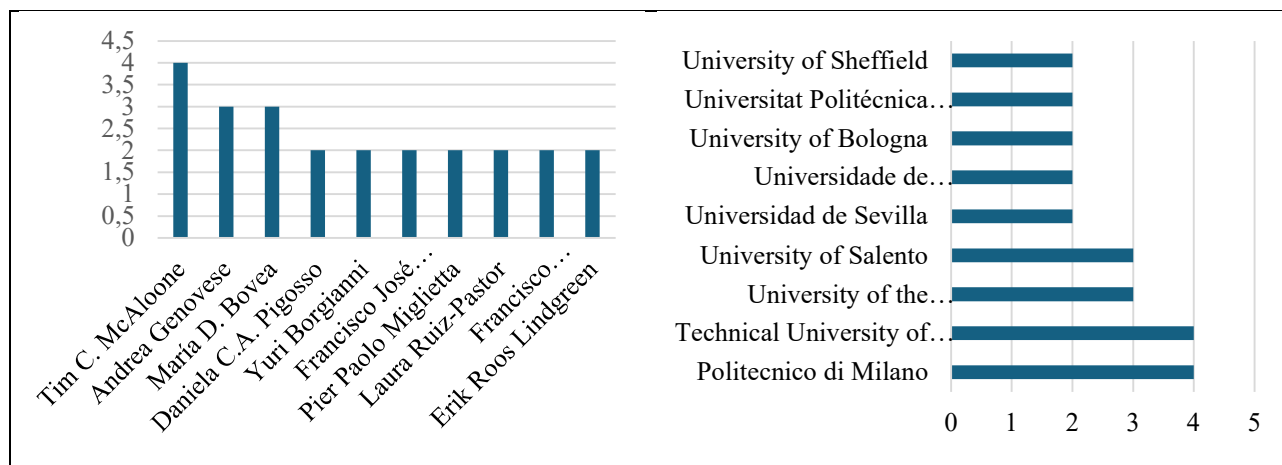
Outra categoria de menor expressão é a de design sustentável e construção, com 6% dos artigos, que examinam o uso de materiais sustentáveis, a reutilização de componentes construtivos e o design circular. Um exemplo é Psilovikos (2025), que investiga a reutilização de estruturas de madeira na construção civil, alinhando-se aos princípios de fechamento de ciclos materiais.

A categoria de educação e conscientização ambiental, embora pouco representada (4%), é considerada estratégica para a disseminação e implementação de práticas circulares. Destacam-se estudos voltados à integração da economia circular em programas educacionais e na formação profissional.

Na sequência, a categoria de política e governança também representa 4%, reunindo artigos sobre regulamentações, instrumentos de políticas públicas e modelos de governança voltados à implementação da economia circular. Tufail et al. (2025) analisam como a economia circular se articula com o desenvolvimento sustentável sob uma perspectiva institucional.

Por fim, a categoria de agricultura e sistemas alimentares sustentáveis representa 2% das publicações, contendo estudos relevantes sobre simbiose agroindustrial, gestão de resíduos orgânicos e aplicação da bioeconomia circular no setor alimentício.

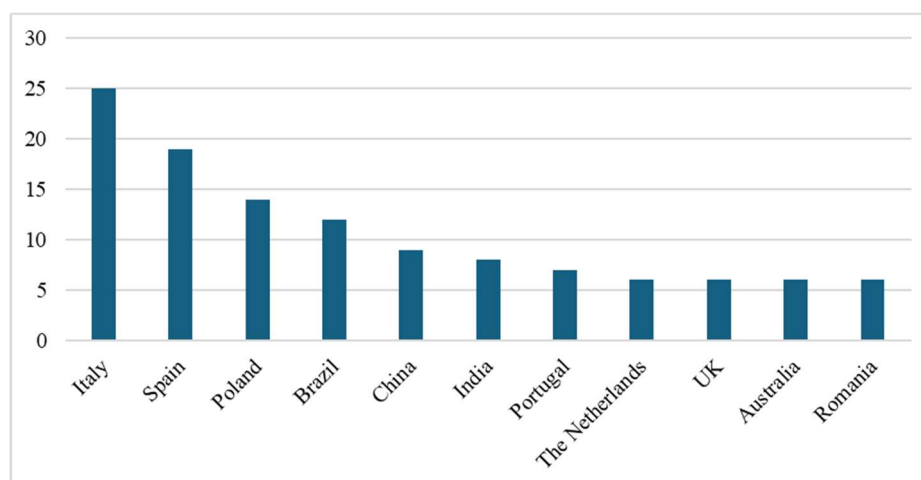
Conclui-se, com base na análise da Figura 05, que a maior parte da produção científica concentra-se nas áreas de gestão de resíduos e avaliação da circularidade, revelando um enfoque técnico-operacional no campo. No entanto, áreas como governança, educação e agricultura sustentável emergem como linhas estratégicas para futuras pesquisas interdisciplinares.



**Figura 6: Publicações científicas por instituição afiliada e por autor. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

A análise dos 292 artigos selecionados permitiu identificar as principais instituições e autores que lideram a produção científica na área de economia circular, conforme ilustrado na Figura 6. Destacam-se o Politecnico di Milano e a Technical University of Denmark (DTU), com quatro publicações cada, seguidos pela University of the Witwatersrand, University of Salento e Universidad de Sevilla, com três publicações. Essas instituições se sobressaem não apenas em volume, mas também na diversidade temática e metodológica de suas pesquisas, abrangendo desde o design sistêmico e a avaliação do ciclo de vida até frameworks multicritério para formulação de políticas públicas e estudos sobre circularidade urbana.

No que se refere aos autores, observa-se uma concentração moderada: Tim C. McAloone lidera com quatro publicações, seguido por Andrea Genovese e María D. Bovea, com três publicações cada. Seus trabalhos abordam temas centrais, como o design para a circularidade, a transformação de cadeias de suprimento e o desenvolvimento de indicadores de circularidade. Além disso, um grupo diversificado de pesquisadores com duas publicações — entre eles Daniela C.A. Pigosso, Francisco J. Castillo-Díaz e Pier Paolo Miglietta — tem contribuído de forma significativa para a transversalidade do campo, explorando setores como o agrícola, energético e o ensino superior. Esse panorama revela um núcleo consolidado de lideranças acadêmicas, acompanhado por uma ampla variedade de abordagens interdisciplinares. Por fim, um aspecto particular considerado na análise dos 292 artigos científicos foi a distribuição dos dez países com maior número de publicações na área de economia circular, conforme detalhado na Figura 7.



**Figura 7: Distribuição dos países geradores de publicações científicas. Fonte: Elaborada pelos autores do Trabalho (2025).**

Observa-se uma distribuição marcadamente desigual da produção científica internacional sobre o tema. A Itália ocupa a primeira posição com 25 artigos, seguida pela Espanha (19), Polônia (14), Brasil (12) e China (9). Esses cinco países concentram mais de 60% do total de publicações analisadas, evidenciando uma concentração geográfica significativa da pesquisa em economia circular.

O protagonismo da Itália pode estar relacionado à sua consolidada tradição acadêmica nas áreas de design sustentável, gestão de resíduos e transição energética — pilares centrais da economia circular. A Espanha, com uma produção expressiva, tem demonstrado interesse crescente em políticas de sustentabilidade e em programas acadêmicos voltados à economia circular, especialmente em centros urbanos como Madrid e Salamanca.

A Polônia, em terceiro lugar, destaca-se possivelmente como reflexo de seus esforços recentes para se alinhar às diretrizes ambientais da União Europeia, impulsionando pesquisas em sustentabilidade industrial. O Brasil, por sua vez, aparece como o principal representante da América Latina no gráfico, revelando uma produção científica em ascensão, com ênfase na aplicação da economia circular nos setores agrícola e industrial — o que está alinhado à sua matriz produtiva. Já a China, apesar de sua relevância econômica e ambiental em escala global, apresenta uma produção mais moderada neste conjunto, possivelmente devido a vieses nas bases de dados utilizadas (SCP e WOS) ou a barreiras linguísticas na publicação científica.

Países com menor número de publicações — como Índia, Portugal, Países Baixos, Reino Unido, Austrália e Romênia — também contribuem para o debate, ainda que em menor escala. No entanto, sua presença na Figura 7 demonstra que o interesse pela economia circular está se expandindo globalmente, particularmente em países com políticas ambientais emergentes ou estruturas acadêmicas em desenvolvimento.

Neste sentido, os resultados indicam que a pesquisa em economia circular ainda se encontra em processo de consolidação, com forte concentração em países europeus e crescimento promissor em outras regiões. Essa tendência ressalta a importância de fomentar redes de cooperação internacional que possibilitem equilibrar a produção científica e promover soluções sustentáveis adaptadas a diferentes contextos territoriais.

## CONCLUSÕES

A aplicação da economia circular (EC) na indústria de embalagens plásticas configura-se como uma transição sistêmica, que ultrapassa soluções técnicas isoladas e demanda articulação entre inovação, governança e participação social. Os resultados obtidos na prospecção tecnológica indicam avanços relevantes, mas ainda insuficientes para consolidar um modelo circular robusto. Assim sendo, a análise conduzida neste estudo revela um panorama dinâmico e em expansão da desta aplicação, destacando uma diversidade significativa de métodos, técnicas e modelos (MTEC) com potencial de contribuir para a transição sustentável do setor. A predominância de abordagens classificadas como “outros” (34,5%) notadamente híbridas e inovadoras, evidencia uma evolução conceitual e prática da EC, embora ainda demandem validação empírica, padronização metodológica e adaptação aos marcos regulatórios vigentes. Métodos fundamentados na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e em técnicas multicritério de decisão (MCDM) emergem como ferramentas promissoras, dadas suas capacidades analíticas e aplicabilidade estratégica, ainda que enfrentem desafios como a escassez de dados e limitações operacionais.

Adicionalmente, observou-se uma forte concentração temática nas áreas de gestão de resíduos e avaliação de circularidade, indicando um predomínio do enfoque técnico-operacional. No entanto, temas como governança, educação ambiental, agricultura circular e bioeconomia aparecem como campos emergentes e estratégicos para futuras pesquisas interdisciplinares e desenvolvimento de políticas públicas. A crescente produção científica internacional após 2020 também confirma o amadurecimento do tema na agenda global de sustentabilidade e sua relevância crescente no contexto da indústria de embalagens plásticas.

Dessa forma, conclui-se que a consolidação de um modelo circular eficaz e escalável neste setor exige o fortalecimento de marcos regulatórios, investimentos em inovação tecnológica, fomento à cooperação internacional e, sobretudo, o desenvolvimento de soluções adaptáveis, sustentáveis e replicáveis. A integração entre ciência, indústria e políticas públicas será fundamental para impulsionar uma transição sistêmica rumo à circularidade plena, alinhada aos princípios da sustentabilidade e da justiça ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdul Ghani, M. et al. **Multicriteria decision making for plastic packaging waste management: A case study in Malaysia.** Waste Management, v. 127, p. 191–200, 2021. Disponível em (DOI): 10.1016/j.wasman.2021.04.020. Acesso em: 2 ago 2025.
2. Álvarez Fernández, Roberto; Castillo Campo, Oscar. **A method based on circular economy to improve wastewater management.** 2025. Disponível em (DOI): <https://doi.org/10.3390/su17041765>. Acesso em: 15 ago. 2025.
3. Costa, H. G. et al. **A fuzzy-TOPSIS approach for assessing sustainability of packaging waste management alternatives.** Journal of Cleaner Production, v. 265, p. 121810, 2020. Disponível em (DOI): 10.1016/j.jclepro.2020.121810. Acesso em: 2 ago. 2025.
4. Geisenheyner, P. et al. **Resource efficiency of plastic packaging in Germany – A multi-level LCA perspective.** Resources, Conservation & Recycling, v. 175, p. 105859, 2021. Disponível em (DOI): 10.1016/j.resconrec.2021.105859. Acesso em: 12 mar. 2024.
5. Griggs, D. et al. **Sustainable development goals for people and planet.** Nature, v. 495, n. 7441, p. 305–307, mar 2013.
6. Huang, Q. et al. **Integrated resource recovery from plastic waste using co-combustion and ash valorization: A circular economy approach.** Journal of Environmental Management, v. 285, p. 112–140, 2021. Disponível em (DOI): 10.1016/j.jenvman.2021.112140. Acesso em: 12 mar. 2024.
7. Longsheng, Cheng; Shah, Syed Ahsan Ali. **A multi-method framework integrating ANP-ANN and circular economy performance evaluation.** 2025. Disponível em (DOI): <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145311>. Acesso em: 26 ago. 2025.
8. Macarthur, E. **Upstream innovation: a guide to packaging solutions.** Ellen MacArthur Foundation, 2020. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/upstream-innovation-a-guide-to-packaging-solutions>. Acesso em: 12 mar. 2024.
9. Nayeri, Sina; Sazvar, Zeinab. **Sustainable evaluation of the raw material process in a circular economy context.** 2025. Disponível em (DOI): <https://doi.org/10.1007/s12597-025-00929-7>. Acesso em: 15 ago. 2025.
10. Psilovikos, T. A. **The use and re-use of timber structure elements in circular construction.** 2025. Disponível em (DOI): <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012040>. Acesso em: 26 ago. 2025.
11. Ramos, T. R. P. et al. **Life cycle sustainability assessment of packaging waste management options: A case study for Portugal.** Science of The Total Environment, v. 777, p. 146061, 2021. Disponível em (DOI): 10.1016/j.scitotenv.2021.146061.
12. Silva, Alexandre Rodrigues da; Ramos, Tomás B. **Evaluating circular economy strategies and practices maturity using a hybrid MCDA approach.** Cleaner Logistics and Supply Chain, [S. l.], v. 7, p. 100262, 2025. Disponível em (DOI): 10.1016/j.clrc.2025.100262. Acesso em: 12 mar. 2024.
13. Stahel, W. R. **Circular economy.** Nature, p. 6–9, 2016.
14. Sun, Wenhao; Hu, Shuhan; Shen, Lei. **Quantitative text analysis of circular economy narratives.** 2025. Disponível em (DOI): <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145021>. Acesso em: 20 ago. 2025.
15. Tufail, Saira; Erum, Naila; Musa, Kazi; Jamali, Asif. **Examining the role of the circular economy in sustainable development.** 2025. Disponível em (DOI): 10.1108/SASBE-08-2024-0282. Acesso em: 3 ago. 2025.