

Gerenciamento e legislação de resíduos sólidos: uma análise cienciométrica das produções internacionais

Management and legislation of solid waste: a scientometric analysis of international productions

Igo Marinho Serafim Borges¹, Barthira Almeida Nunes¹, Nádia Diniz de Melo¹, Viviane Farias Silva¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil

Contato: igomarinho27@gmail.com

Palavras-Chave

resíduos sólidos
planejamento
sustentabilidade
gerenciamento

RESUMO

Este estudo, baseado na análise cienciométrica da produção científica na plataforma Web of Science, contribui de forma significativa para o campo dos resíduos sólidos, tanto no aspecto científico quanto tecnológico. A metodologia utilizada possibilitou identificar tendências de pesquisa, medir o impacto acadêmico e compreender as colaborações internacionais, além de sistematizar a produção científica no período de 2018 a 2022. Os resultados reforçam a importância de aprofundar estudos que apoiem políticas públicas e incentivem práticas sustentáveis. O método cienciométrico envolve a coleta e análise de dados bibliográficos para mapear autores, países, periódicos, palavras-chave e frequência de citações, oferecendo uma visão quantitativa e crítica do avanço das pesquisas. Constatou-se um crescimento contínuo nas publicações sobre resíduos sólidos, atingindo seu pico em 2022. Estados Unidos, China e Inglaterra destacam-se como os países com maior número de artigos, refletindo a relevância crescente do tema em resposta aos impactos ambientais, econômicos e sociais do descarte inadequado de resíduos. O estudo enfatiza o papel das políticas públicas, com destaque para a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022, e para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 da Agenda 2030 da ONU, que trata do consumo e produção sustentáveis. No campo científico e tecnológico, a cienciometria se apresenta como ferramenta essencial para avaliar tendências, mensurar impacto e compreender dinâmicas de colaboração. O estudo conclui apontando a necessidade de ampliar e aprofundar pesquisas sistematizadas sobre resíduos sólidos, de modo a fornecer bases sólidas para políticas públicas eficazes e fomentar práticas sustentáveis em larga escala.

Keyword

planning
sustainability
management

ABSTRACT

This study, based on a scientometric analysis of scientific production in the Web of Science platform, makes a significant contribution to the field of solid waste, both in scientific and technological aspects. The methodology employed enabled the identification of research trends, measurement of academic impact, and understanding of international collaborations, as well as the systematization of scientific production from 2018 to 2022. The results reinforce the importance of furthering studies that support public policies and promote sustainable practices. The scientometric method involves the collection and analysis of bibliographic data to map authors, countries, journals, keywords, and citation frequency, providing a quantitative and critical overview of research advancements. A steady increase in publications on solid waste was observed, peaking in 2022. The United States, China, and England emerged as the countries with the highest number of articles, reflecting the growing relevance of the topic in response to the environmental, economic, and social impacts of improper waste disposal. The study highlights the role of public policies, particularly Law No. 12,305/2010, which established Brazil's National Solid Waste Policy (PNRS), regulated by Decree No. 10,936/2022, and Sustainable Development Goal (SDG) 12 of the UN's 2030 Agenda, which focuses on sustainable consumption and production. In the scientific and technological sphere, scientometrics proves to be an essential tool for assessing trends, measuring impact, and understanding collaboration dynamics. The study concludes by emphasizing the need to expand and deepen systematic research on solid waste to provide a solid foundation for effective public policies and to encourage large-scale sustainable practices.

Informações do artigo

Recebido: 27 de julho, 2024

Aceito: 12 de agosto, 2025

Publicado: 30 de agosto, 2025

Introdução

As discussões a respeito dos resíduos sólidos tornaram-se constantes no mundo nas últimas cinco décadas, principalmente devido aos seus impactos abruptos no meio ambiente, cujas consequências podem ser irreversíveis em caso de negligência, falta de planejamento e cooperação entre as diversas esferas sociais.

No Brasil, a pauta tomou maiores proporções após a conferência ECO-92, ao conscientizar a sociedade a respeito de uma nova relação entre homem e natureza em escala global de discussões (Bursztyn, 2012; Melo & Santana, 2018), que envolveu, além da sapiência conceitual, também respaldou obrigações de cada ator: setor público, iniciativa privada e sociedade civil para o gerenciamento dos resíduos no país.

Os resíduos sólidos são um dos maiores desafios a ser enfrentado pela sociedade contemporânea, devido ao grande acúmulo de rejeitos que, lamentavelmente, poluem os solos, rios, mares e o ar. Esses respectivos infortúnios ambientais acarretam prejuízos incalculáveis à flora e à fauna. Aspectos esses que se encontram intrínsecos e justapostos às demandas industriais do sistema capitalista e amalgamados ao consumo exacerbado, irracional/efêmero, o que em consequência acarreta a obsolescência programada. Isso impacta de maneira significativa devido ao aumento na produção de novos produtos e ao descarte prematuro dos antigos. Tal processo pode resultar em maior consumo de energia, emissões de gases de efeito estufa e acúmulo de resíduos eletrônicos nos aterros.

É sabido que o viés econômico tende ao lucro, apesar de surgirem cada vez mais empresas comprometidas em desenvolver tecnologias respaldadas na ecoeficiência (usar o mínimo dos recursos naturais e sem poluir a natureza) de curto e longo prazo.

São evidenciados e classificados os resíduos sólidos, tendo como base os tipos de materiais como metal, plástico, vidro, papel e resíduos orgânicos. Além da categorização baseada no potencial de risco à saúde e ao meio ambiente — que estão inclusos os resíduos inflamáveis, radioativos, infectantes de cunho tóxico ou não tóxico (Fischer, 2022) —, as classificações podem ser por origem, ou seja, pertencer à origem de cunho industrial, comercial, doméstica, institucional, de demolição e até mesmo da construção civil.

Foi diante dos efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde pública que, em 2000, o Código Ambiental Francês criou a definição do termo “resíduo” como algo abandonado. Todavia, isso não determina que não possa ser reutilizado para outros fins, modificando-o ou não. Mas, aqueles considerados como resíduos finais, ou seja, que não podem mais ser tratados no que se refere a condições técnicas, econômicas ou poluentes de natureza perigosa, devem ser inutilizáveis, devendo ser isolados para evitar a poluição à biota (Melo & Santana, 2018).

Independentemente da sua origem, os resíduos sólidos devem ser coordenados de maneira sistemática para garantir melhores práticas ambientais, pois o gerenciamento é um aspecto crítico da higiene ambiental que deve ser constituído e embasado nas estruturas legais

que regem a respectiva temática. Dispomos como parâmetro a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), considerada um marco legal brasileiro, ponderando o meio ambiente em sua totalidade. Em 1988, a Constituição Federativa Brasileira cancelou a propositura e o entendimento do PNMA, estabelecendo como direito fundamental ao indivíduo um meio ambiente saudável.

Diversas pesquisas são produzidas e publicadas por ano sobre a temática de resíduos sólidos (todos os campos), pesquisas estas que trazem teorias e métodos muitas vezes inovadores, tendo como objetivo entender e solucionar problemas relacionados ao reaproveitamento desse rejeito (Vogt et al., 2021).

Assim, a pesquisa de revisão sistemática por meio da cienciometria auxilia na análise da produção científica, possibilitando avaliar e analisar de forma parcial ou total as teorias e métodos utilizados nas pesquisas, contribuindo para a disseminação do conhecimento científico (Mandarini; Alves e Sticca, 2016). Portanto, o banco de dados aplicado no estudo foi o Web of Science, apresentando uma extensa literatura sobre pesquisas internacionais com a temática de resíduos sólidos, com um importante nível de confiabilidade científica mundial.

Em alinhamento com os preceitos da lei e no âmbito teórico-científico que norteia os resíduos sólidos no país, este trabalho tem como objetivo analisar como as produções científicas sobre os resíduos vêm sendo abordadas e com qual intensidade essas publicações estão sendo metodologicamente sistematizadas no decorrer dos últimos cinco anos (2018-2022) em revistas científicas. Os dados foram obtidos através de uma pesquisa e revisão qualitativa/quantitativa em busca no Web of Science, possibilitando melhor compreensão referente às questões relacionadas aos resíduos sólidos.

Gerenciamento de resíduos sólidos em tempos atuais

Nos últimos anos, a questão dos resíduos sólidos tem sido uma preocupação crescente na sociedade. As pesquisas e produções sobre o tema têm se multiplicado, trazendo à tona discussões importantes sobre a gestão adequada desses materiais, ou seja, O âmbito científico e acadêmico tem se empenhado na realização de pesquisas e na produção de trabalhos que abordam tal temática. É imprescindível acompanhar o interesse vigente da comunidade acadêmica em relação à busca de alternativas mais sustentáveis e verificar minuciosamente as abordagens utilizadas para maior aprofundamento desse tema.

O gerenciamento de resíduos sólidos considera alguns motivos de extrema importância sendo eles a legislação e responsabilidade social. Em muitos países, incluindo o Brasil, existem leis e regulamentações que exigem o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Além disso, as empresas estão cada vez mais preocupadas com sua responsabilidade social e adotam práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis a fim de evitar danos à reputação e garantir a conformidade com as leis e regulamentos.

Portanto, o gerenciamento de resíduos sólidos desempenha um papel fundamental na proteção do meio ambiente, na conservação de recursos naturais e na conformidade legal. É essencial que governos, empresas e cidadãos atuem de forma responsável e adotem práticas de gerenciamento adequadas para enfrentar esse desafio atual.

Políticas públicas e Legislação

As políticas públicas e a legislação para a gestão de resíduos sólidos têm se tornado cada vez mais pertinentes no contexto da preservação ambiental e da promoção da sustentabilidade. Em um cenário em que a produção de resíduos sólidos tem aumentado de forma alarmante, é fundamental que haja uma regulamentação que estabeleça diretrizes e medidas para a gestão adequada desses resíduos. Nesse sentido, as políticas públicas têm promovido a conscientização da população, o incentivo à redução, reutilização e reciclagem dos resíduos, bem como o estabelecimento de metas e padrões para a disposição final ambientalmente correta. Além disso, as legislações têm buscado estabelecer responsabilidades, tanto dos setores públicos quanto privados, na implementação de programas e ações que visem ao adequado manejo dos resíduos sólidos, garantindo assim a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida da população.

A história das políticas públicas ambientais no mundo avança a partir dos desastres ambientais, resultando em contaminações ambientais que alcançaram milhares de vidas. Isso demonstra que primeiro vem a descaracterização do meio ambiente, para depois chegarem as soluções (POTT. e ESTRELA, 2017).

Conforme a Lei nº 12.305/2010, instituiu-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que é regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022 e tem seus objetivos e instrumentos voltados à gestão integrada de resíduos sólidos, com exceção dos rejeitos radioativos. As pessoas físicas e/ou jurídicas de direito público e privado, responsáveis pela geração de resíduo sólido, estão sujeitas a esta lei (BRASIL, 2010).

Ressalta-se que o rejeito é um tipo específico de resíduo, quando todas as possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem já tiverem sido esgotadas e não houver solução final para o item ou parte dele. Portanto, as únicas destinações plausíveis são encaminhá-los para um aterro sanitário ambientalmente regularizado ou para incineração, que devem ser feitas de modo que não prejudique o meio ambiente (Carvalho e Pereira, 2013).

Desenvolvimento Sustentável: ODS 12

Para alcançar um futuro mais sustentável e equilibrado ambientalmente, foi criada uma agenda global. Essa agenda é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas, com o intuito de estimular a ação para um determinado período em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12, intitulado Consumo e produção responsáveis, busca promover padrões de consumo e produção sustentáveis, garantir o uso eficiente dos recursos naturais

e reduzir significativamente a produção de resíduos e poluentes.

Como o atual modelo econômico global está baseado em um consumo excessivo de recursos naturais e na geração de resíduos, a implementação do ODS 12 é fundamental para garantir a saúde do planeta e melhorar a qualidade de vida das pessoas. Para alcançar as metas propostas pelo ODS 12, é necessário repensar nosso estilo.

A conscientização dos consumidores também é fundamental para impulsionar as práticas sustentáveis. Os consumidores devem ser informados sobre os processos de produção de cada produto, seu impacto ambiental e social, de modo a tomar decisões mais conscientes e responsáveis. Além disso, é importante buscar uma mudança cultural em que o valor do consumo não seja medido apenas pela quantidade de bens adquiridos, mas também pela qualidade e pelos impactos positivos que eles geram na sociedade e no meio ambiente.

Em 2015, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável estabeleceu um plano de objetivos a serem alcançados com o intuito de obter a paz por meio da erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e bem-estar de todas as pessoas do mundo (UNITED NATIONS, 2015).

A Agenda 2030 propôs 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que abrangem 169 metas a fim de transformar sociedades e economias (Tejaswini et al., 2022). O ODS 12 tem como objetivo alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais e, além disso, apoiar países em desenvolvimento para fortalecer suas capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo. Para maior efetividade da legislação, o Decreto 10.936/2022 regulamentou a Lei 12.306/2010 com o intuito de cumprir metas e ações voltadas para o uso racional dos recursos naturais.

Com a ascensão das Políticas Ambientais, esse modo de agir começa a mudar (Pott. e Estrela, 2017). Nota-se uma maior consciência ecológica em relação à produção e utilização da energia elétrica e de combustíveis, além das formas de obtenção desses recursos naturais; entretanto, o ser humano ainda não se vê como parte inerente ou pertencente ao ambiente (Pott e Estrella, 2017).

Ao alcançar as metas propostas pelo ODS 12, estaremos construindo um mundo mais equilibrado, no qual os recursos naturais são utilizados de forma sustentável, a produção de resíduos e poluição é significativamente reduzida, e as necessidades das gerações presentes e futuras são atendidas de maneira justa e responsável. É um desafio para todos, mas um desafio necessário para garantir um futuro sustentável e próspero para todos.

Como o atual modelo econômico global está baseado em um consumo excessivo de recursos naturais e na geração de resíduos, a implementação do ODS 12 é fundamental para garantir a saúde do planeta e melhorar a qualidade de vida das pessoas. Para alcançar as metas propostas pelo ODS 12, é necessário repensar nosso estilo de vida, desde a forma como produzimos, consumimos e descartamos produtos e serviços.

Cienciometria

A cienciometria é uma área de estudo que utiliza métodos quantitativos para analisar e medir aspectos relacionados à produção científica, como o impacto de publicações, a colaboração entre o pesquisador e a evolução de uma determinada área do conhecimento (Batista & Kumada, 2021).

O método da cienciometria se baseia na coleta e análise de dados bibliográficos e de citações para obter informações objetivas sobre a atividade científica. Existem diferentes técnicas e indicadores usados nessa metodologia, incluindo: Análise de citações. A análise de citações é um dos principais métodos usados na cienciometria.

Ele envolve o estudo das citações presentes em artigos científicos para determinar a influência e o impacto de determinadas publicações, autores ou jornais na comunidade científica. Indicadores como o índice H (que mede a produtividade e o impacto de um pesquisador) e o fator de impacto de periódicos são exemplos de métricas de referência (Traag, Waltman & Van Eck, 2019).

Outro método, a análise sistemática (também conhecida como revisão sistemática da literatura), é uma metodologia de pesquisa que envolve a identificação, seleção, avaliação crítica e síntese de evidências disponíveis na literatura científica sobre um determinado tema de interesse. Esse tipo de análise é amplamente utilizado em diversas áreas do conhecimento para obter uma visão abrangente e imparcial sobre um assunto específico (Batista & Kumada, 2021).

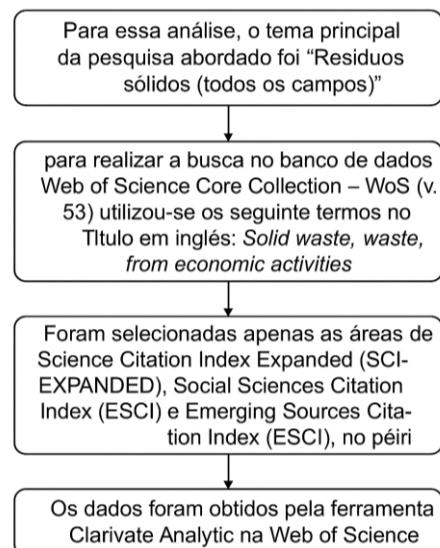
O principal processo básico de uma análise sistemática é a Formulação da pergunta de pesquisa: define-se uma pergunta clara e específica que orientará a busca por evidências. A pergunta deve ser estruturada de acordo com o modelo PICO (População, Intervenção, Comparação, Resultado), que ajuda a delimitar os critérios de inclusão dos estudos (Traag, Waltman & Van Eck, 2019).

Material e métodos

Para essa análise, o tema principal da pesquisa foi "Resíduos sólidos (todos os campos)". Para realizar a busca no banco de dados *Web of Science Core Collection - WoS* (v.5.34), utilizaram-se os seguintes termos no Título em inglês: "*Solid waste*", "*waste*", "*waste from economic activities*". Foram selecionadas apenas as áreas de *Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED), *Social Sciences Citation Index* (SSCI) e *Emerging Sources Citation Index* (ESCI), no período de 2018 a 2022. Os dados foram obtidos pela ferramenta *Clarivate Analytics* na *Web of Science* (WoS, 2023).

Os dados foram extraídos por meio da ferramenta *Clarivate Analytics* da própria plataforma *Web of Science* (WoS, 2023) e exportados no formato .txt (plain text file), compatível com softwares de análise bibliométrica (Figura 1). Para o tratamento dos dados e a construção das redes bibliométricas e de coocorrência, utilizou-se o software VOSviewer (versão mais recente). Essa ferramenta permitiu a geração de mapas visuais com base nas redes de coautoria, coocorrência de palavras-chave, cocitação e relações institucionais.

Figura 1. Fluxograma das etapas de análise através da metodologia de análise cienciometrica.



Fonte: Autores (2023)

As variáveis analisadas incluíram:

- Quantidade de publicações por ano;
- Publicações por categorias da Web of Science;
- Publicações por organizações;
- Publicações por periódicos (revistas);
- Publicações por países;
- Autores mais produtivos;
- Palavras-chave mais recorrentes;
- Principais termos presentes nos títulos e resumos dos artigos.

Essa abordagem permitiu uma visão aprofundada sobre a produção científica relacionada aos resíduos sólidos, contribuindo para identificar lacunas, tendências e áreas de concentração temática. Estudos bibliométricos, como este, são ferramentas eficazes para mapear e analisar o conhecimento científico, orientando futuras pesquisas na área (Batista & Kumada, 2021).

As variáveis analisadas foram as seguintes: quantidade de publicações anuais; publicações por categorias da Web of Science; publicações por organizações; publicações por periódicos/revistas; publicações por países; autores; palavras-chaves; e termos nos textos. Dessa forma, proporciona-se maior conhecimento sobre a temática de resíduos sólidos, já que os estudos bibliométricos são úteis para avaliar e analisar as pesquisas científicas a fim de obter conhecimentos mais aprofundados sobre o tema estudado.

Resultados e discussão

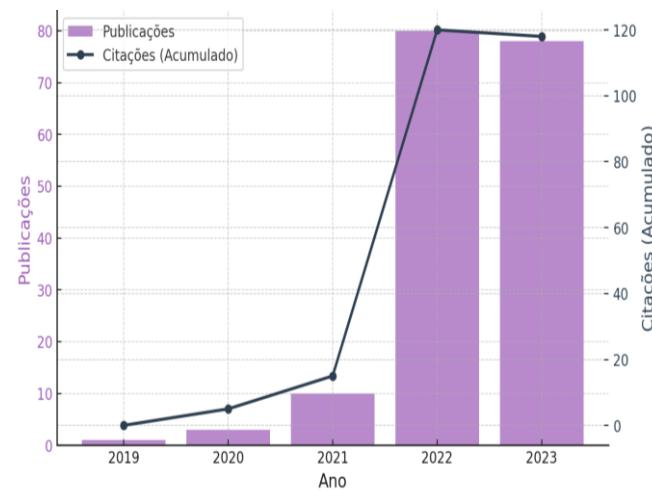
Análise do número de publicações internacionais sobre resíduos sólidos (em geral) por ano e citações

Nessa pesquisa, foram obtidos 107 artigos durante o período analisado. Esses dados podem ser observados na Figura 2. Sabe-se que a coleta desses dados ocorreu em decorrência de um recorte temporal de 2019 a meados de 2023.

O ano de 2019 foi um dos que menos obteve publicações sobre o tema, totalizando apenas 0,0093%, enquanto o ano de 2022, com cerca de 79,44%, foi um dos anos em que mais artigos foram publicados na área.

A partir dos dados observados, é notório o aumento do número de publicações na linha temporal. Evidencia-se ainda que as publicações em periódicos internacionais entre os anos de 2019 e 2022 tiveram um crescimento significativo, principalmente em 2022. Entretanto, no ano de 2023 ocorreu uma queda nas publicações em comparação com o ano anterior. Essa queda se deve ao fato de que os dados de 2023 foram obtidos apenas em meados do ano, ou seja, somente os 6 primeiros meses foram analisados.

Figura 2. Quantidade de publicações internacionais sobre resíduos sólidos de 2019 até 2023



Fonte: Autores (2023)

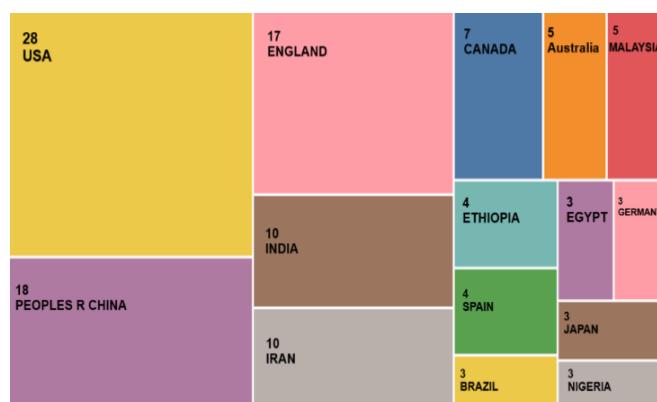
Em seguida, observa-se quais países mais se destacaram nas publicações sobre resíduos sólidos nos anos analisados (Figura 3). Portanto, é importante entender que discutir e produzir ciência sobre a problemática dos resíduos sólidos é de fundamental importância para que haja planos de reutilização ou descarte desse material de forma correta.

O país que mais publicou sobre "resíduos sólidos" foi os Estados Unidos da América (28 publicações), seguido pela China (18 publicações), Inglaterra (17 publicações), Índia (10 publicações) e Irã (10 publicações). Esses países foram os que mais publicaram artigos científicos internacionais sobre a temática em questão.

A publicação de artigos científicos sobre resíduos sólidos desempenha um papel crucial na área ambiental e na gestão sustentável desses materiais.

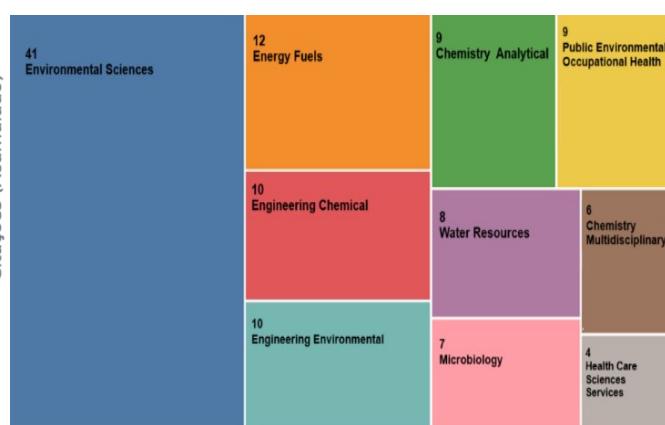
Portanto, a pesquisa contribui para o avanço do conhecimento nessa área. Por meio destas publicações, novas descobertas, técnicas e abordagens são compartilhadas, promovendo o progresso científico e tecnológico no campo dos resíduos sólidos. Na Figura 4, analisa-se o número de publicações por periódico/revista sobre a temática de resíduos sólidos.

Figura 3. Países que mais publicaram sobre a temática de resíduos sólidos em geral nos anos de 2019 a 2023.



Fonte: Autores (2023)

Figura 4. Números de publicações sobre Resíduos Sólidos entre os anos de 2019 até 2023



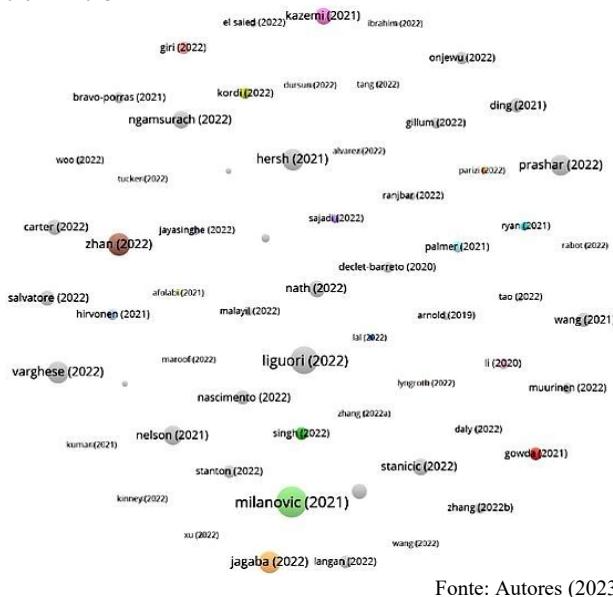
Fonte: Autores (2023)

É de fundamental importância que as revistas científicas publicarem regularmente artigos sobre resíduos sólidos em geral, tendo em vista que esse assunto está relacionado a diversas aspectos como é o caso da divulgação de conhecimento, sabendo que as revistas científicas desempenham um papel fundamental na divulgação do conhecimento científico.

Sendo assim, ao publicar artigos sobre resíduos sólidos, essas revistas forneceram um meio de compartilhar descobertas, pesquisas, estudos de caso e avanços tecnológicos na área. Isso contribui para o crescimento do corpo de conhecimento sobre resíduos sólidos e permite que pesquisadores e profissionais em todo o mundo tenham acesso às informações mais recentes, além de promover reconhecimento acadêmico os periódicos pelas suas publicações anuais (Deus, Battistelle & Silva, 2015).

Na Figura 5, é possível perceber a rede de contribuição das publicações sobre resíduos sólidos por 61 autores. Cada autor apresenta-se ao lado do ano em que publicou sobre resíduos sólidos em revistas internacionais. Quanto maior o círculo que representa o autor, maior é o grau de importância de sua pesquisa, com base no número de citações (cite score) da revista em que o trabalho foi publicado.

Figura 5. Rede de autores que publicaram sobre resíduos entre os anos de 2019 até 2023



Observa-se que a maior parte dos autores presentes na Figura 5, publicaram nos anos de 2021 e 2022, justamente os anos que tiveram um crescente aumento das publicações internacionais voltadas para a temática de resíduos sólidos em geral. Vale salientar que, quanto maior o cluster maior é o número de citações que esse autor tem por outros pesquisadores que também pesquisam sobre a área de resíduos sólidos.

Entre os autores que se destacam na produção científica sobre a temática analisada, observa-se maior relevância visual para Milanovic (2021), Liguori (2022), Singh (2022), Varghese (2022) e Prashar (2022), os quais, possivelmente, concentram o maior número de publicações e citações no período avaliado. Em seguida, sobressaem-se Kazerooni (2021), Hersh (2021), Zhan (2022), Jagaba (2022) e Ding (2021), que, embora apresentem menor destaque relativo, também demonstram contribuição significativa para o avanço das pesquisas no campo.

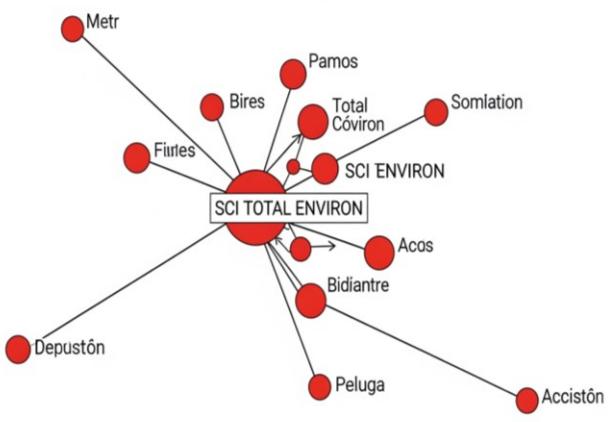
Análise de co-citação, correlação e coocorrência entre os termos “Autores, Países e Palavras-chave”

A análise de co-citação representa uma ferramenta central nos estudos bibliométricos, pois permite identificar relações intelectuais entre pesquisadores que, embora não tenham necessariamente colaborado diretamente, são frequentemente mencionados em conjunto em trabalhos científicos. Essa proximidade nas citações sugere a existência de linhas de pesquisa convergentes, de tradições acadêmicas compartilhadas ou de afinidades teóricas e metodológicas. No campo dos estudos sobre resíduos sólidos, essa abordagem possibilita não apenas reconhecer os autores mais relevantes, mas também compreender como se organizam as redes de conhecimento que sustentam a evolução desse tema ao longo do tempo (Figura 5).

Neste estudo, a rede de co-citação revelou quatro clusters distintos, agrupando 28 autores no total, cada qual

representado por uma cor diferente. Esses agrupamentos correspondem a núcleos de pesquisadores que dialogam mais intensamente entre si, formando comunidades acadêmicas específicas dentro do amplo debate sobre resíduos sólidos. Entre os quatro clusters, destacam-se os de cor vermelha (11 autores) e verde (8 autores), que concentram os nomes mais recorrentes, ou seja, aqueles com maior número de publicações e impacto dentro da rede analisada. Isso demonstra que, mesmo em uma área de pesquisa ampla e multifacetada, há polos de maior densidade científica que acabam exercendo papel de referência para outros investigadores (Figura 6).

Figura 6. Co-citação de autores que citam outros pesquisadores da área de resíduos sólidos entre os anos de 2019 a 2023



No cluster vermelho, o periódico SCI TOTAL ENVIRON aparece como o principal expoente, assumindo posição de centralidade na rede. Isso ocorre porque este periódico concentra o maior número de publicações citadas, funcionando como um eixo em torno do qual outros autores se conectam. Além da quantidade de publicações, observa-se que os pesquisadores associados a esse cluster apresentam também maior frequência de citações, o que evidencia sua relevância na consolidação teórica e metodológica do campo. Essa centralidade não se limita apenas à quantidade de trabalhos, mas reflete também a capacidade de influenciar outros grupos de pesquisa, o que reforça a importância desse núcleo como difusor de conhecimento.

A partir da co-citação, emerge também a análise de cocorrência, que amplia a compreensão sobre a dinâmica da colaboração científica. Enquanto a co-citação foca em como autores são mencionados em conjunto, a cocorrência analisa a frequência com que diferentes pesquisadores trabalham efetivamente lado a lado, desenvolvendo projetos e publicando em coautoria. Em outras palavras, a cocorrência reflete não apenas afinidades intelectuais, mas também laços sociais e institucionais que sustentam a produção científica (Franco; Farias, 2019).

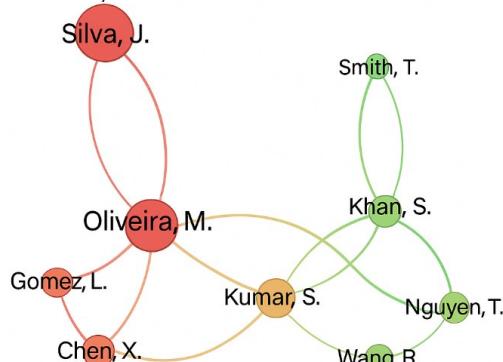
Nesse contexto, a rede de coocorrência pode ser representada por meio de análise de redes complexas, em que os pesquisadores aparecem como nós e suas colaborações como arestas. A estrutura resultante revela a intensidade das interações, as parcerias mais duradouras e os fluxos de conhecimento que circulam dentro da comunidade acadêmica.

Dessa forma, é possível identificar colaborações produtivas, parcerias interinstitucionais estratégicas e até mesmo a formação de escolas de pensamento que orientam a evolução do campo de resíduos sólidos.

A literatura mostra que tais análises trazem benefícios importantes. Primeiramente, permitem reconhecer líderes de colaboração, ou seja, aqueles pesquisadores que se destacam por uma rede de contatos ampla e diversificada, atuando como mediadores de informação e articuladores de projetos interdisciplinares. Em segundo lugar, favorecem a identificação de lacunas de interação, sinalizando áreas ou grupos que poderiam se beneficiar de maior integração com outros clusters de pesquisa. Além disso, ajudam a compreender como fatores externos, como políticas de financiamento ou prioridades institucionais, podem moldar a organização das redes acadêmicas.

Em síntese, a análise integrada de co-citação e coocorrência oferece uma visão abrangente sobre a produção científica em resíduos sólidos, revelando não apenas quem são os principais atores e publicações de referência, mas também como se estruturaram as interações que dão suporte ao avanço desse campo de conhecimento. Ao mapear tanto a dimensão intelectual (co-citação) quanto a dimensão colaborativa (coocorrência), é possível compreender melhor a complexidade das redes científicas, identificar líderes, parcerias estratégicas e tendências emergentes, fornecendo subsídios valiosos para pesquisadores, gestores acadêmicos e formuladores de políticas públicas.

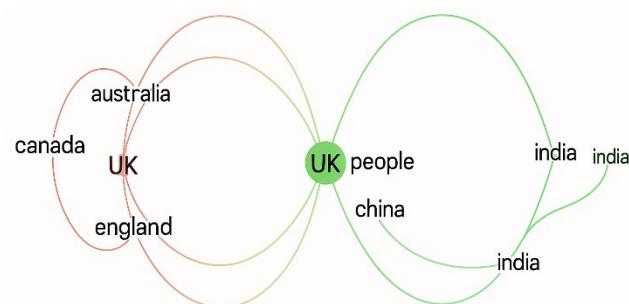
Figura 7. Rede de coocorrência de autores que publicaram sobre resíduos sólidos sem distinção entre os anos de 2019 até 2023



Fonte: Autores (2023)

A Figura 7 ilustra com precisão a rede de coautoria descrita no texto. A imagem confirma a presença de um total de nove autores, cujos nomes listados correspondem exatamente aos nós (círculos) apresentados. Essa rede está claramente organizada em dois clusters de cooperação, distinguíveis pelas cores vermelho/laranja e verde. A distribuição dos autores também coincide perfeitamente, com cinco membros no grupo vermelho/laranja e quatro no grupo verde, validando a correspondência entre a descrição e a representação visual. Ambos os conglomerados possuem a mesma quantidade de países, cada um com 4, sendo compostos pela Austrália, Canadá, Inglaterra, Irã, Estados Unidos, China, Índia e Malásia, essencialmente, países ocidentais. Inglaterra, Estados Unidos e China possuem os documentos mais mencionados, em termos de citações.

Figura 8. Rede de coocorrência na rede de países que publicaram sobre resíduos sólidos que se interligam entre os anos de 2019 até 2023.

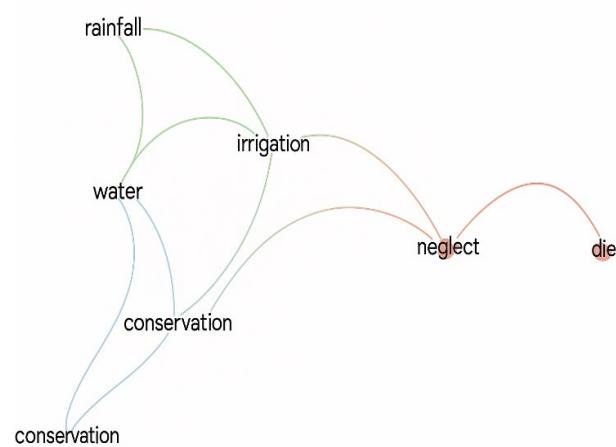


Fonte: Autores (2023)

A imagem 8 apresenta a rede de cooperação internacional na pesquisa sobre a temática de resíduos sólidos. Um total de 6 países compõem essa rede: Reino Unido (UK), Austrália, Canadá, Inglaterra, China e Índia. As linhas que conectam esses países indicam que há uma relação de colaboração e coautoria entre eles. A rede se organiza visualmente em dois clusters principais, interligados, com o Reino Unido desempenhando um papel central.

O tamanho dos círculos representa o volume de publicações de cada país. Nesse sentido, o Reino Unido e a Índia são os mais proeminentes, sugerindo que são os que mais publicam sobre o tema ou possuem uma posição de maior destaque na rede. Em contrapartida, países como Canadá e Austrália têm uma participação mais modesta.

Figura 9. Palavra-chave relacionada a temática de resíduos sólidos totais entre os anos de 2019 até 2023



Fonte: Autores (2023)

A análise da Figura 9 revela uma rede de coocorrência de temas organizada em dois clusters de pesquisa. O cluster verde foca na temática da contaminação da água por resíduos, estando associado a quatro conceitos principais. Desses, dois temas estabelecem uma coocorrência com o cluster vermelho, que se centraliza nos estudos sobre a problemática do "desperdício". Este cluster, por sua vez, desdobra-se em duas áreas de estudo interligadas: a gestão e o projeto.

Esse levantamento demonstra que a pesquisa em resíduos sólidos tem experimentado um crescimento notável nos últimos anos. Tal aumento é impulsionado pela crescente urgência em lidar com as severas

consequências socioambientais que têm afetado a sociedade e o meio ambiente. Essa conjuntura tem motivado os pesquisadores a aprofundar seus estudos e explorar as diversas correlações do tema. Portanto, a minimização dos efeitos prejudiciais ao ecossistema depende, crucialmente, da sinergia entre pesquisas aprofundadas e a implementação incisiva de medidas eficientes.

Conclusão

Durante os últimos anos, a abordagem sobre resíduos sólidos tem crescido no meio acadêmico. Evidencia-se que as publicações em periódicos internacionais, entre os anos de 2019 e 2022, tiveram um crescimento significativo, atingindo o nível mais alto em 2022. Contudo, houve diminuição no ano posterior, mesmo sendo um problema bastante debatido na atualidade, ainda mais durante o período da pandemia.

Os Estados Unidos, China e Inglaterra são os países que lideram o número de publicações em relação ao tema da pesquisa. Esse fato faz com que haja interligação entre grupos de cientistas e estudiosos, tornando o assunto bastante difundido.

É de grande importância compreender que a discussão sobre a produção científica acerca da problemática dos resíduos sólidos é fundamental para a elaboração de planos que visem à reutilização ou ao descarte adequado desse material, fazendo com que se busquem soluções pertinentes ao assunto.

As informações disponíveis têm se tornado uma ferramenta imprescindível no processo de informação da sociedade como um todo, e fazem com que o debate se torne mais presente em todos os níveis da sociedade.

Com o aumento da rede de co-citação, que por sua vez também gera uma grande rede de coocorrência, a frequência das publicações faz com que diferentes autores colaborem uns com os outros nos projetos de pesquisa e na produção acadêmica, gerando assim o avanço das pesquisas científicas e das técnicas de pesquisa. Essa análise da coocorrência de autores oferece ao pesquisador autores de referência no tema.

Outrossim, a cienciometria desempenha um papel crucial na pesquisa científica, pois ela permite quantificar e medir o impacto e a relevância dos trabalhos acadêmicos, e contribui para o avanço do conhecimento. Ela pode servir como orientação para as políticas de financiamento à pesquisa, já que os indicadores de impacto e relevância podem ser levados em consideração ao decidir onde investir recursos.

Por fim, é fundamental que as pesquisas sejam constantes, evolutivas e promotoras de entendimento ambiental entre as pessoas, objetivando a implementação de ações que minimizem os impactos ocasionados pelo aumento da geração de resíduos sólidos produzidos pelo homem. Pois, por meio dessas publicações, ocorre o compartilhamento de novas descobertas, técnicas e abordagens, impulsionando o avanço científico e tecnológico na área de gestão de resíduos sólidos.

Referências

- Brasil. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal. Centro Gráfico, 1988.
- Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 147, p. 3, 3 ago. 2010.
- Bursztyn, Maria Augusta; Bursztyn, M. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012. p-p 101-131.
- Carvalho, P. P.; Pereira, R. S. **Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**. In: **Gestão para o desenvolvimento sustentável: Desafios e proposições para a Sustentabilidade Socioambiental**. Raquel da Silva Pereira (org.). São Paulo: Globus, 2013.
- Deus, Rafael Mattos; Battistelle, Rosane Aparecida Gomes; SILVA, Gustavo Henrique Ribeiro. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 685-698, 2015.
- Franco, Nathalia Mendes Gerotti; De Faria, Leandro Innocentini Lopes. Colaboração científica intraorganizacional: análise de redes por coocorrência de palavras-chave. **Em questão**, p. 87-110, 2019.
- Fançã. Portaria n. 0219, de 21 de set. de 2000. Relative à législative du code de l'environnement. **Paris**, jul. 2000.
- Fischer, R. **A geopolítica dos recursos hídricos no terceiro milênio: prospectiva mundial e tomada de decisões**. 2022.
- Mandarini, Marina Bernardo; ALVES, Amanda Martins; STICCA, Marina Greghi. Subcontratación e impactos en la salud e en el trabajo: una revisión bibliográfica sistemática. **Revista Psicología Organizações e Trabajo**, v. 16, n. 2, p. 143-152, 2016.
- Matos, Silvia Maria Santos Matos; SANTOS, Antônio Carlos dos. **Princípios Éticos - Filosóficos Da Relação Homem - Natureza**. Trans/Form/Ação 41 (2). Apr - Jun 2018.
- Melo, M. A.; Santana S. A QUALIDADE AMBIENTAL E O DIREITO À SAÚDE. In: **[TESTE] Anais do Congresso Internacional de Direito Público dos Direitos Humanos e Políticas de Igualdade**. 2018.
- Nascimento, Rafael Rodrigues. **O Direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado**. 2021.
- Pott .C. M. ; Estrela C.C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estud. av.** vol.31 no.89 São Paulo Jan./Apr. 2017.
- Razera, J. C. C. Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, p. 557-560, 2016.
- Santos B. I.; Kumada, K. M. O. Análise metodológica sobre as diferentes configurações da pesquisa bibliográfica. **Revista brasileira de iniciação científica**, v. 8, p. e021029-e021029, 2021.
- Silva, M. R.; Figueiredo, M. L. F.; Mendes, Walkiria C. Revisão sistemática: um caminho para evidências na produção científica de enfermagem/systematic review: a way for evidence in scientific production of nursing. **Saúde em Foco**, v. 1, n. 1, p. 72-81, 2014.
- So, K. K. F.; Kim, H.; King, C. The thematic evolution of customer engagement research: a comparative systematic review and bibliometric analysis. **International Journal of Contemporary Hospitality Management**, v. 33, n. 10, p. 3585-3609, 2021.
- Tennant, J. Web of Science and Scopus are not global databases of knowledge. **SocArXiv Paper**. (2020). doi:10.31235/osf.io/qhvgr.
- Traag, V. A.; Waltman, L.; Van Eck, N. J. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 5233, 2019.
- United Nations. **Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development, 2015**. Do you know all 17 SDGs? Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 27 de jun. 2023.

Vogt, Hans Heinrich et al. Electric tractor system for family farming: Increased autonomy and economic feasibility for an energy transition. **Journal of Energy Storage**, v. 40, p. 102744, 2021.

Web of Science Core Collection -Wos. (2023). Web of Science-Coleção principal. Retrieved from https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81