


## IMPACTO DAS EMBALAGENS PLÁSTICAS E DOS BIOPLÁSTICOS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-150>

Data de submissão: 14/03/2025

Data de publicação: 14/04/2025

**Ricardo Matheus**

Mestre em Sustentabilidade

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

E-mail: matheusengemat@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4720-4819>

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/1136945393497123>

**Marcos Ricardo Rosa Georges**

Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas

E-mail: marcos.georges@puc-campinas.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2828-6680>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3209476953629191>

**Denise Helena Lombardo Ferreira**

Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas

E-mail: lombardo@puc-campinas.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3138-2406>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5309189687577128>

**Samuel Carvalho de Benedicto**

Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas

E-mail: samuel.benedicto@puc-campinas.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4591-6077>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8787788684633261>

### RESUMO

Após quase vinte anos de discussão, no Brasil, em meio a um cenário que seguia sem controle, o governo federal promulgou em 2010, a lei 12.305 que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, marco regulatório que prevê a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, instituindo prazo limite de quatro anos para a disposição final adequada dos rejeitos, sendo dos municípios a responsabilidade pelos resíduos gerados em seus territórios. Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, mostram que mais da metade dos municípios ainda não se adequou. A adoção de tecnologias é fundamental para o resgate e elevação do valor incorporado aos resíduos sólidos, para seu reaproveitamento antes da chegada aos aterros. No presente estudo, foi feito um levantamento bibliográfico e documental a fim de investigar sobre o cenário dos resíduos sólidos no Brasil, dando ênfase à classe dos resíduos oriundos dos plásticos, identificando seus impactos, propondo bioplástico como alternativa, com consequente contribuição para a economia ecológica. Contudo, pode-se afirmar que existe a necessidade de maior exploração e mais estudos sobre o tema na direção do cenário de gestão e redução destes resíduos plásticos, com auxílio de tecnologias, bem

como estudos com vistas para materiais alternativos, como os bioplásticos, reduzindo, assim, potencialmente a contaminação do meio ambiente com uma abordagem de boas práticas para a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Embalagens biodegradáveis. Bioplásticos. Gestão de resíduos sólidos. Tecnologias aplicadas a gestão de resíduos sólidos. Resíduos plásticos.

## 1 INTRODUÇÃO

Atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia, Brasil é o 4º país que mais produz lixo no mundo, segundo dados do *World Wild Fund for Nature* (WWF). O estudo “Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização”, mostra que o país produz 11.355.220 toneladas de lixo plástico, e destes, apenas 1,28% é reciclado, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (1º), China (2º) e Índia (3º) (WWF, 2019).

Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023), mostram que no Brasil, cerca de 3 milhões de toneladas de resíduos sólidos têm como destino rios e mares todos os anos, quantidade suficiente para cobrir 7 mil campos de futebol. Esta produção vertiginosa e a má gestão de resíduos levaram ao cenário em que entre 4 milhões e 12 milhões de toneladas métricas de plástico entrassem no oceano todos os anos (Ocean Society, 2022).

Dentre os resíduos, os plásticos são encontrados na água potável, rios, oceanos, solo ou mesmo no interior de animais aquáticos, impactando o meio ambiente, a saúde humana e a saúde de outros organismos vivos.

Os resíduos plásticos compõem um problema complexo e precisam de uma abordagem mais amplificada. Isto inclui a procura de melhores *designs*, matérias-primas mais sustentáveis e parcerias entre várias partes interessadas, incluindo a indústria de produção, a de embalagens, consumidores, acadêmicos/pesquisadores, tomadores de decisão, políticos e a própria indústria de gestão de resíduos. O *design* dos produtos de plástico deve facilitar a reutilização, a reparação e a reciclagem, conforme sugerido na “Estratégia Europeia para os Plásticos na Economia Circular” (Grover *et al.*, 2023).

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ao considerar a atual situação global dos resíduos plásticos, há duas questões emergentes a serem abordadas: uma delas é reduzir o volume de fluxos de resíduos não controlados ou mal geridos que vão para as massas de água (incluindo oceanos) e a outra é aumentar o nível de reciclagem (PNUMA, 2021).

Os plásticos e Micro Plásticos (MP's) tornaram-se, nesta década, uma das questões ambientais significativas para o mundo, devido ao uso abundante de produtos elaborados à base deste material. Os plásticos não são apenas amplamente distribuídos, mas também persistentes no meio ambiente. Os resíduos de plásticos e MP's são principalmente desviados da terra e transportados para o oceano através do sistema de água doce. É necessária uma compreensão abrangente da origem, destino e transporte dos plásticos e MP's. Os modelos de transporte e destino dos MP's podem trazer informações complementares para entender a origem e distribuição deste elemento, e, assim, ajudar

as partes interessadas a superarem o problema dos resíduos plásticos e dos MPs na cadeia produtiva e consequentemente no meio ambiente.

Cowger *et al.* (2024) afirmam que as marcas podem ser usadas para responsabilizar as empresas de plásticos por seus itens que poluem o meio ambiente. Na pesquisa realizada pelos autores foram usados dados de um panorama mundial considerando 84 países no período de cinco anos (2018–2022), com objetivo de identificar as marcas de produtos encontradas em resíduos de itens plásticos no meio ambiente, por meio de 1.576 eventos de auditoria. Constatou-se que 50% dos itens não tinham marca associada, o que exigiria relatórios obrigatórios do produtor, pois são denominados resíduos não rastreáveis. Outra constatação importante do estudo realizado ocorreu sobre as cinco principais marcas globais, cujos resíduos plásticos são rastreáveis, ou seja, vinculados ao nome da marca. Essas marcas foram: *The Coca-Cola Company* (11%), *PepsiCo* (5%), *Nestlé* (3%), *Danone* (3%) e *Altria* (2%), respondendo por 24% do total de resíduos plásticos rastreáveis (vinculados a nomes de marcas). Além disso, 56 empresas representaram mais de 50% do total de resíduos. Houve um sinal claro e forte de relação linear de produção, poluição (%) entre a produção anual de plástico das empresas e a poluição plástica vinculada à sua marca, com empresas de alimentos e bebidas sendo grandes poluidores desproporcionalmente.

É notório que abordar eficazmente a poluição global por plásticos exige que os produtores corporativos de resíduos plásticos reduzam os plásticos em seus produtos e evitem, especialmente, itens plásticos de uso único. É preciso que utilizem técnicas de *designs* de produtos seguros e sustentáveis, reduzindo a demanda global por novos produtos, ao mesmo tempo que aumentem a capacidade de reutilização, reparação e reciclagem. Além disso, é necessário investir em alternativas não plásticas com melhor qualidade comprovada, com perfis de segurança e ambientais, e que apoiem alternativas de modelos de distribuição (por exemplo, recarga-reutilização), que diminuam a poluição.

Para Silva *et al.* (2020), matérias-primas vegetais apresentam viabilidade na produção de embalagens biodegradáveis, pois apresentam características físicas e químicas que permitem ótima proteção para produtos. Ressalta-se que essas matérias-primas vegetais são facilmente encontradas e apresentam uma boa forma de aproveitamento dos resíduos vegetais.

Conforme Onofre *et al.* (2018), os polímeros biodegradáveis podem representar uma fonte de minimização do impacto ambiental causado pelo grande volume de polímeros sintéticos extraídos de fontes não renováveis, tais como a fonte principal, o petróleo. O maior desafio é incentivar o consumo consciente destes produtos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem como objetivo estimular alterações no modo de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil através da Lei 12.305 de agosto de 2010 (Brasil,

2010). Dentre os diversos desafios, a PNRS definiu a obrigatoriedade do envio obrigatório de resíduos para reciclagem e compostagem. Os aterros sanitários passaram a constituir a forma legalmente adequada de disposição final somente para resíduos denominados rejeitos, isto é, resíduos que após esgotamento de todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos viáveis, não possuem outra possibilidade a não ser a sua disposição final (Brasil, 2010).

Diante do exposto, como as tecnologias poderiam auxiliar para o aumento de eficiência dos processos de gerenciamento de resíduos sólidos?

A presente pesquisa permite uma visão geral, não limitante, sobre resíduos plásticos no Brasil, no âmbito de sua geração e forma de gerenciamento, dando uma dimensão ao problema e, de certa forma, alertando para a emergência de discussão sobre o tema. É também apresentado brevemente o cenário dos resíduos plásticos, caso substituídos por bioplásticos, abrindo-se precedente para novas pesquisas, que tragam ênfase ao assunto que é de grande relevância, emergência e interesse.

Também é foco desta pesquisa, investigar uma parte de dados disponíveis sobre resíduos plásticos de fontes fósseis gerados no Brasil, como apresenta-se a gestão de resíduos sólidos utilizando tecnologias como suporte e apresentar bioplásticos como alternativa aos fósseis.

## **2 METODOLOGIA**

Para o presente estudo considerou-se a metodologia da pesquisa científica. A presente pesquisa é caracterizada quanto à sua natureza em pesquisa básica, pois não há uma perspectiva de aplicação imediata, sendo sem pretensão de solucionar um problema real, assim então, invocando a responsabilidade social da comunidade científica.

Em relação aos objetivos, a abordagem tem característica exploratória já que a ideia foi trazer à tona o cenário em que se envolve a gestão dos resíduos sólidos no Brasil. No que se refere à abordagem, é qualitativa, pois favorece a compreensão dos fatos pesquisados de modo científico (Godoy, 1995). A pesquisa qualitativa contribui com informações mais aprofundadas sobre o assunto, sem apresentar representatividade numérica sobre o objeto de estudo (Gerhardt; Silveira, 2009).

Quanto aos procedimentos houve a preocupação de um olhar em relação a trabalhos já elaborados, isto é, foi delineado através de levantamento bibliográfico e documental, utilizando a plataforma de pesquisa científica Scielo, bem como visitando documentos públicos, tais como panoramas sobre o tema, publicados por associações de classe autoridades no tema em estudo (Gerhardt; Silveira, 2009).

Para a busca, utilizou-se as palavras-chaves: “Embalagens biodegradáveis”, “Bioplásticos”, “Gestão de resíduos sólidos”, “Tecnologias aplicadas a gestão de resíduos sólidos”, de maneira

individualizada. O período considerado foi entre 2012 a 2022. Para a análise dos dados considerou-se a quantidade de trabalhos, cujo filtro, se enquadraram aos objetivos de pesquisa.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado alguns conceitos que se relacionam com os resíduos sólidos e seu gerenciamento, abordando um potencial alternativo aos plásticos de fonte fóssil, o bioplástico. Adicionalmente, apresenta-se as tecnologias potenciais para um gerenciamento mais eficiente destes resíduos.

#### 3.1 IMPACTOS DOS PLÁSTICOS DE FONTE FÓSSIL (PETROPLÁSTICOS)

Para Shaftel *et al.* (2023), o setor plástico é a segunda maior fonte industrial de emissão de Gases do Efeito Estufa e a que mais cresce no mundo. Sua composição é 99% derivada de combustíveis fósseis. Outro importante impacto do resíduo plástico é que já foi detectado no local mais profundo da Terra, a fossa das Marianas, a 10,984 quilômetros de profundidade. Szigethy e Antenor (2023), afirmam que, reciclar não basta, o desafio é de escala industrial. Há indícios crescentes de microplásticos sendo absorvidos pelos plânctons. Embora alguns países tenham limitado a produção de plástico, a taxa global ainda é crescente.

A Tabela 1 destaca o *ranking* dos países que mais geram lixo plástico, bem como a correspondente taxa de reciclagem.

**Tabela 1.** *Ranking* dos países maiores geradores de lixo plástico e taxa de reciclagem.

País	Total lixo plástico gerado (Ton/ano)	Total Incinerado (Ton/ano)	Total reciclado (Ton/ano)	Relação produção/reciclagem (%)
EUA	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25

Fonte: WWF (2019).

### 3.2 BIOPLÁSTICOS

De acordo com a EUBP (2024), os bioplásticos são uma grande família de materiais diferentes, não são apenas um único material. Eles são compostos por toda uma família de materiais com diferentes propriedades e aplicações. Um material plástico é definido como bioplástico se for de base biológica, biodegradável ou apresentar ambas as propriedades.

Benefícios dos Bioplásticos: Menor poluição da atmosfera quando comparados aos petroplásticos; quando degradados, geram volume pequeno de gases causadores do efeito estufa, em alguns casos, chega a ser negativa a emissão, quando considerado todo o ciclo de vida do produto, (Dornburg; Hermann; Patel, 2008; Mores, 2013; OCDE, 2013), uma vez que são oriundos de fontes vegetais que absorvem CO<sub>2</sub> e liberam oxigênio através da fotossíntese (Brito; Carbone; Blanquart, 2008).

### 3.3 EMBALAGENS BIODERGRADÁVEIS

São embalagens, cuja origem química, permite que microorganismos presentes no meio ambiente, as converta em substâncias naturais, como água, dióxido de carbono e composto (sem aditivos artificiais), segundo a Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem, ABICOM (2024) e *European Bioplastics*, EUBP (2024).

De base biológica: Significa que o material ou produto é (parcialmente) derivado de biomassa (plantas). A biomassa usada para bioplásticos provém, por exemplo, de milho, cana-de-açúcar ou celulose.

Biodegradável: A biodegradação é um processo químico durante o qual microorganismos disponíveis no meio ambiente convertem materiais em substâncias naturais, como água, dióxido de carbono e composto (não são necessários aditivos artificiais). Depende das condições ambientais circundantes (por exemplo, localização ou temperatura), do material e da aplicação.

De base biológica não é igual a biodegradável. A propriedade da biodegradação não depende da base de recursos de um material, mas está antes ligada à sua estrutura química. Em outras palavras, os plásticos 100% de base biológica podem ser não biodegradáveis e os plásticos 100% de base fóssil podem ser biodegradáveis.

Os bioplásticos estão impulsionando a evolução dos plásticos com duas grandes vantagens dos de base biológica em comparação com as suas versões convencionais: poupam recursos fósseis através da utilização de biomassa que se regenera (anualmente) e proporciona o potencial único de neutralidade carbônica. Além disso, a biodegradabilidade é uma propriedade complementar de certos tipos de bioplásticos e oferecem meios adicionais de recuperação no final da vida útil de um produto.



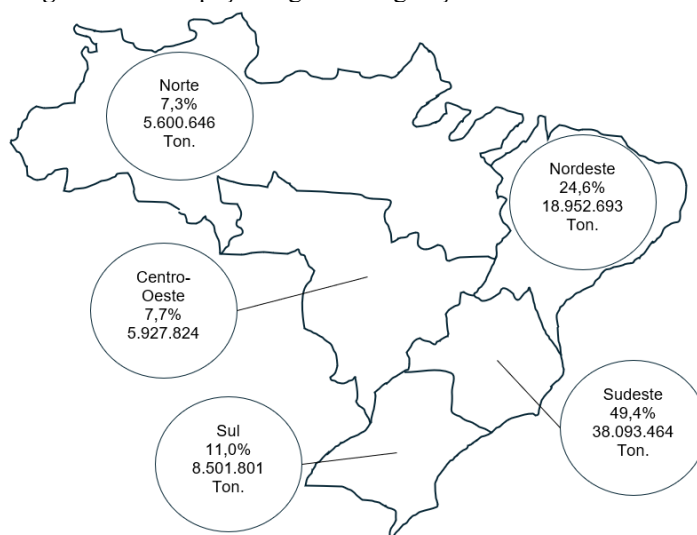
### 3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com Santos (2007), a quantidade de resíduos gerados por um país está relacionada com a evolução de sua população, com o nível de urbanização, com o poder de compra dos habitantes, dentre outros fatores. A população do Brasil no ano de 2022 chegou a 203.080.756 habitantes e é o 5º maior país em extensão territorial do mundo, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2022).

Segundo a ABREMA (2023) e o IBGE (2022), a geração de resíduos sólidos no Brasil no ano de 2022 alcançou o valor de 380kg por habitante por ano, totalizando 77.170.687,28 toneladas por ano.

A Figura 1 destaca a participação regional do Brasil na geração de resíduos sólidos durante o ano de 2023.

**Figura 1.** Participação regional na geração de resíduos sólidos.



**Fonte:** ABREMA (2023).

Observa-se pela Figura 1 que a região Sudeste é a maior geradora de resíduos sólidos, sendo responsável por quase 50% da geração total de resíduos do Brasil, o que colabora com a afirmação anterior de que a produção de resíduos sólidos está relacionada com o poder de compra da população.

### 3.5 TECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com Barbosa *et al.* (2023), *Robotic Process Automation* (RPA), é uma tecnologia computacional emergente quando o assunto é automação de processos de negócios que permite a criação de robôs que executam tarefas antes executadas somente por humanos. Para Marques Júnior e Maciel Júnior (2023), a convergência entre os mundos físico e digital traz diversos desafios e



oportunidades, tais como melhor conectividade, experiências personalizadas, novos modelos de negócios, tomada de decisões otimizada, inovação e crescimento econômico. Internet das Coisas, em inglês, *Internet of Things* (IOT), permite interconexão de dispositivos, objetos e pessoas, levando a automação, compartilhamento de dados e maior eficiência em processos. Algumas técnicas e modelos computacionais que contribuem com a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) urbanos, já existem, tais como os sistemas de apoio à decisão (SAD), auxiliando no planejamento e na gestão dos resíduos e os sistemas de informação geográfica (SIG) permitindo a identificação através do georreferenciamento e o geoprocessamento das áreas de deposição de resíduos. Os SADs são muito utilizados devido à crescente preocupação com a gestão de resíduos, o que impulsionou as empresas de coleta seletiva a adotarem sistemas de gestão para gerir seus processos. A busca é por coleta de todos os resíduos com uma frequência adequada com mínimo de recursos possíveis (Thorneloe; Jambeck; Weitz, 2007).

### 3.6 ECONOMIA ECOLÓGICA

De acordo com May, Lustosa e Vinha (2003) ocorre a necessidade de, não apenas, buscar uma melhor eficiência na utilização dos recursos, dentro da capacidade de suporte, mas ainda eliminar a poluição e principalmente, a mudança de valores direcionados à educação ambiental e sustentabilidade.

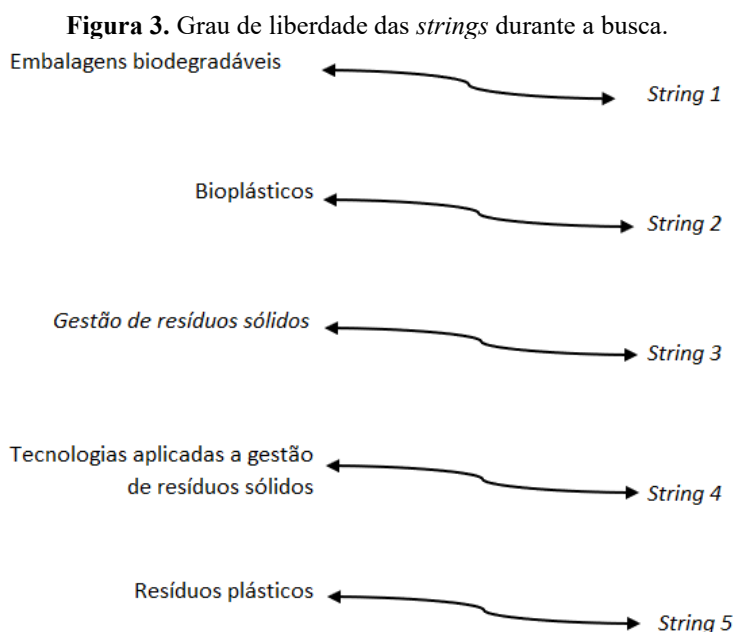
A partir de uma perspectiva econômica, os problemas ambientais persistem porque envolvem falhas de mercado. Nesse dilema se encontra a ausência de direitos de propriedade, pelo fato de ninguém ser dono da atmosfera, nem dos corpos d'água da terra, e não há nenhum incentivo de mercado para que se pague pelo direito de proteger esses recursos, nem pelo direito de poluí-los (Thomas; Callan, 2014).

Nos conflitos ambientais, envolvendo extração, ou transporte de matérias-primas, na poluição local ou regional, observa-se o uso de diferentes idiomas. Pode ser que o setor público e empresas queiram impor a linguagem econômica, prometendo uma análise custo-benefício com todas as externalidades traduzidas em dinheiro. Mas, pode acontecer que os afetados, entendam essa linguagem econômica, de forma diferente, defendendo seus valores ecológicos, culturais, baseados no direito à subsistência das populações. E por fim, defendendo que a terra e o subsolo são sagrados, e que “a própria cultura não tem preço” (Martinez-Alier, 2007, p.3).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve a preocupação em trazer dados sobre a gestão dos resíduos sólidos no Brasil, focando específica e principalmente naqueles oriundos de objetos plásticos, cuja empresa de origem, é a petroquímica, ou seja, o foco foi para os resíduos de petroplásticos, preocupação global e de grande relevância. Destacou-se impactos destes resíduos no meio ambiente e, de outro lado, foi apresentado benefícios da utilização de plásticos alternativos, os bioplásticos. Uma outra questão, de grande importância, é a forma como o gerenciamento destes resíduos vem sendo feito do ponto de vista das tecnologias, ou seja, como elas auxiliam no processo de gerenciamento e benefícios associados.

Com o estudo, dadas as palavras-chaves utilizadas de forma individualizada, notou-se poucas repetições de artigos trazidos como resultado de busca, no entanto, a Figura 3 mostra as palavras-chave, bem como o grau de liberdade entre elas, ou seja, na busca não houve a necessidade de encadeamento entre elas, portanto, as *strings* foram individuais.



**Fonte:** Os autores.

Durante as buscas, foi possível constatar que, ao buscar pela primeira *string*, “Embalagens biodegradáveis”, na plataforma Scielo, houve o retorno de 20 periódicos, sendo que 17 foram eliminados por não trazer relação com o interesse do estudo. Com a segunda *string*, “Bioplásticos”, o retorno foi de apenas 1 artigo, cujo tema está relacionado com o que se buscava. Na terceira *string*, “Gestão de resíduos sólidos”, o retorno foi de 157 periódicos, sendo que foram excluídos 128, por falta de aderência ao tema. Na quarta *string*, “Tecnologias aplicadas a gestão de resíduos sólidos”, retornaram 9 artigos, sendo que foram eliminados 6 deles por não aderência. Já em quinta e última

*string*, “Resíduos plásticos”, retornaram 48, sendo eliminados 42 artigos. Os dados podem ser melhor visualizados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resultados dos dados pesquisados conforme *strings*.

<i>String</i>	Total	Eliminados	Utilizados
Embalagens biodegradáveis	20	17	03
Bioplásticos	01	0	01
Gestão de resíduos sólidos	157	128	29
Tecnologias aplicadas a gestão de resíduos sólidos	9	6	03
Resíduos plásticos	48	42	06
<b>Total:</b>	<b>235</b>	<b>193</b>	<b>42</b>

Fonte: Os autores.

A Tabela 2 apresenta um universo de 193 artigos retornados na plataforma Scielo, sendo que deste total, somente 42, o que resulta em 21,76%, corresponde a artigos que possuem relação com o tema de interesse, na ocasião representado pelas *strings* de 1 a 5.

Na análise individual, cada uma das palavras-chave, apresentou um número relativamente baixo de estudos relacionados com o tema. Do ponto de vista do contexto dos estudos encontrados, as abordagens não foram diretamente referentes ao contexto de cidades sustentáveis, economia ecológica e tecnologias.

## 5 CONCLUSÃO

Os dados sobre a geração de resíduos plásticos comparando alguns principais países, mostram que o Brasil ocupa o 4º lugar, ficando para trás apenas dos EUA, China e Índia.

Na busca realizada, totalizando 03 artigos aplicáveis de um total de 09, foram encontradas apenas duas tecnologias computacionais que tratam de resíduos sólidos: SAD e SIG.

Contudo, é plausível afirmar que existe a necessidade de mais estudos sobre o tema para a integração destes conceitos e melhoria principalmente na direção de redução destes resíduos plásticos, com auxílio de tecnologias, bem como estudos com vistas para materiais plásticos alternativos, como os bioplásticos, que possuem potencial de reduzir assim, a contaminação do meio ambiente por resíduos e com uma maior eficiência na gestão.

A eliminação gradual do uso único e de curta duração em itens plásticos usados em produtos pelos maiores poluidores reduziriam enormemente a poluição plástica global.

## REFERÊNCIAS

ABICOM. **Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem**. Disponível em: <<http://www.abicomweb.org.br/>> Acesso em: 15 jun. 2024.

ABREMA. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br>. Acesso em: mai. 2024.

BARBOSA, J. S. A. *et al.* Integrando o mundo físico ao virtual com a automação de processos. **Revista Computação Brasil**, n. 51, p. 32, 2023.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.

BRITO, M. P. de; CARBONE, V.; BLANQUART, C. M. Towards a sustainable fashion retail supply chain in Europe: Organisation and performance. **International Journal of Production Economics**, v. 114, n. 2, p. 534-553, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.06.012>.

COWGER, W. *et al.* **Global producer responsibility for plastic pollution**, 2024.

DORNBURG, V.; HERMANN, B. G.; PATEL, M. K. Scenario Projects for Future Market Potentials of Biobased Bulk Chemicals. **Environmental Science and Technology**, 2008.

EUBP. European Bioplastics. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics>. Acesso em: 12 abr. 2024.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GODOY, A. S. A pesquisa qualitativa e sua utilização em administração de empresas. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 65-71, 1995.

GROVER, V. I.; KRANTZBERG, G.; JETOO, S.; BABEL, S. **Plastics pollution**. Nature-Based Solutions and Effective Governance. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10. jun. 2024.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 8. abr. 2024.

MARQUES JUNIOR, F. D.; MACIEL JUNIOR, P. D. Oportunidades e desafios da integração dos mundos físico e digital. **Revista Computação Brasil**, n. 51, 2023.

MARTÍNEZ ALIER, J. **O ecologismo dos pobres**. Trad. de Maurício Waldman. São Paulo: Contexto, 2007.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MORES, G. V. **Inovação e sustentabilidade na cadeia produtiva do plástico verde**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos em Agronegócio, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10183/78686>. Acesso em: 20 jun. 2024.

OCEAN SOCIETY. **The Ocean Plastic Pollution Problem**. The Ocean Society, 2022. Disponível em: <https://www.oceanicsociety.org/resources/7-ways-to-reduce-oceanplastic-pollution-today/>. Acesso em: 15 mai. 2024.

ONOFRE, S. B. *et al.* **Avaliação e diferentes tipos de embalagens biodegradáveis**. 2018.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Da Poluição à Solução: Uma análise global sobre lixo marinho e poluição plástica**, 2021.

SANTOS, M. S. **Gerenciamento do destino final dos resíduos sólidos municipais na região metropolitana do Recife: histórico e proposições**, 2007.

SHAFTEL, H.; CALLERY, S.; JACKSON, R.; BAILEY, D. **Scientific Consensus: Earth's Climate is Warming; Global Climate Change, Vital signs of the Planet**, 05 de abril de 2023. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/>. Acesso em: 08 abr. 2023.

SILVA, M. L. *et al.* **Aproveitamento de resíduos vegetais como alternativa na fabricação de embalagens biodegradáveis**, 2020.

SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. IPEA, Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em 09 abr. 2023.

THOMAS, J. M. CALLAN, S. J. **Economia ambiental, aplicações políticas e teoria**. São Paulo: Cengage CTP. Cengage Learning, 2014.

THORNELOE, S. A.; WEITZ, K.; JAMBECK, J. Application of the US decision support tool for materials and waste management. **Waste Manag.**, v. 27, n. 8, p. 1006-20, 2007. doi: 10.1016/j.wasman.2007.02.024. Epub 2007 Apr 12. PMID: 17433663.

WWF. World Wide Fund for Nature. **Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização**, 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 23 abr. 2024.