

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE APLICADOS À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

SUSTAINABILITY INDICATORS APPLIED TO MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW

 <https://doi.org/10.63330/sasciencsv6n2-220>

Submetido em: 24/09/2026 e Publicado em: 02/10/2026

SAS: e26446

Phelipe Martins Fedri

Mestre em Sustentabilidade, IFPR, Engenheiro Ambiental e de Segurança do Trabalho,
phelipefedri@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9183516716384457>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0202-5038>

Máriam Trierveiler Pereira

Doutora em Engenharia Química com ênfase Gestão, Controle e Preservação Ambiental, IFPR,
Engenheira Civil, Ambiental e de Segurança do Trabalho; mariam.pereira@ifpr.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6867974583171879>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0782-6967>

Resumo

Esta pesquisa tem o objetivo de apresentar uma revisão sistemática de estudos publicados entre 2012 e 2022 sobre indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). Para tanto, foram analisados trabalhos acadêmicos – dissertações, teses e artigos – com foco em metodologias, indicadores e resultados obtidos na avaliação da gestão de RSU. A análise qualitativa, alicerçada na técnica de Análise de Conteúdo, mostrou que a maioria das pesquisas adota uma abordagem aplicada, principalmente estudos de caso, evidenciando iniciativas do setor público para tornar a gestão mais sustentável. Entre os principais desafios elencados, estão a implementação de políticas eficazes, a falta de informações e a integração limitada entre as dimensões ambiental, social e econômica. Ademais, os estudos apontam a necessidade de melhorar os indicadores, reduzir a subjetividade e criar ferramentas que apoiem decisões e planejamento. Nesse contexto, os indicadores de sustentabilidade se sobressaem como instrumentos essenciais para aferir o desempenho, identificar os problemas e monitorar os impactos socioambientais, com o fito de favorecer uma gestão mais transparente e participativa. Conclui-se que avaliações contínuas e integradas constituem um elemento essencial para o alinhamento das estratégias públicas às múltiplas dimensões da sustentabilidade, mediante a participação de diferentes atores e a promoção da proteção ambiental, da inclusão social e da viabilidade econômica. Além disso, o emprego estratégico desses indicadores revela-



se capaz de fortalecer políticas públicas, aprimorar a governança local e estimular práticas sustentáveis, sobretudo diante do crescimento populacional e do consequente aumento na geração de resíduos.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; Indicadores RSU; Revisão Sistemática; SNIS; *Triple Bottom Line*.

Abstract

This research aimed to present a systematic review of studies published between 2012 and 2022 on sustainability indicators in the management of municipal solid waste (MSW). To this end, academic works—dissertations, theses, and articles—were analyzed, focusing on methodologies, indicators, and results obtained in the assessment of MSW management. The qualitative analysis, grounded in the Content Analysis technique, showed that most of the research adopts an applied approach—primarily case studies—highlighting public sector initiatives to make management more sustainable. Among the key challenges identified are the implementation of effective policies, the lack of information, and limited integration among the environmental, social, and economic dimensions. Also, studies point to the need to improve indicators, reduce subjectivity, and create tools that support decision-making and planning. In this context, sustainability indicators stand out as essential tools for assessing performance, identifying problems, and monitoring socio-environmental impacts, with the aim of fostering more transparent and participatory management. It is concluded that continuous and integrated research is an essential element for aligning public strategies with the multiple dimensions of sustainability, through the participation of diverse stakeholders and the promotion of environmental protection, social inclusion, and economic forecasting. Furthermore, the strategic use of these indicators proves capable of strengthening public policies, improving local governance, and fostering sustainable practices, especially considering population growth and the consequent increase in waste generation.

Keywords: MSW indicators; SNIS; Systematic Review; Triple Bottom Line; Urban Solid Waste Management.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea, impulsionada pelos avanços tecnológicos, passou a consumir intensamente os recursos naturais, sobretudo aqueles destinados à produção de bens industrializados. Tal processo produtivo, por sua própria natureza, gera uma quantidade significativa de subprodutos indesejados, conhecidos como resíduos, que, em áreas urbanas, recebem a denominação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No Brasil, a média de geração de RSU foi estimada, em 2024, em 1,051 kg por



habitante por dia, o que corresponde a aproximadamente 81,6 milhões de toneladas ao longo do ano (Abrema, 2025).

Perante esses dados, a adoção de um manejo adequado dos RSU torna-se essencial para mitigar os impactos negativos decorrentes de sua geração. Assim, para dar respaldo a essa necessidade, o ordenamento jurídico brasileiro apresenta como referencial normativo a Política Nacional de Saneamento Básico, instituída pela Lei nº 11.445/2007 e, posteriormente, atualizada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Essa legislação estabelece diretrizes para o setor, prevendo, entre outras exigências, a integração do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos aos Planos Municipais de Saneamento, com a finalidade de garantir a articulação entre as diversas dimensões do serviço público de saneamento (Bessen *et al.*, 2013). Nesse sentido, a ênfase em um gerenciamento eficiente – especialmente nas etapas de transporte e disposição final – contribui diretamente para a redução dos riscos de contaminação do solo, da água e do ar.

Ademais, com o propósito de orientar tanto o setor público quanto o setor privado no que se refere ao gerenciamento e ao controle do descarte de resíduos, foi instituída, no Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022. Essa política estabelece diretrizes, metas e instrumentos voltados à gestão integrada e ao manejo ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, visando à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Todavia, segundo Bessen *et al.* (2013), embora haja esforços por parte do governo para viabilizar a efetivação dessas diretrizes, a carência de infraestrutura nos municípios representa um obstáculo significativo à plena implementação da PNRS.

Esse conjunto de iniciativas políticas, legais e econômicas mostram que existe empenho para a viabilização dessa política pública em todas as esferas de governo. No entanto, permanece o desafio, pois as administrações municipais enfrentam dificuldades técnicas e administrativas para realizar a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos [...] (Bessen, *et al.*, 2013, p. 679).

Ainda, para esses autores, o grande desafio está em estabelecer e utilizar indicadores para verificar o nível de sustentabilidade alcançado pelos agentes públicos responsáveis pela gestão de RSU, ou seja

[...]Um dos desafios é o estabelecimento e o uso de indicadores e de índices de sustentabilidade do serviço de coleta seletiva que permitam aferir sua sustentabilidade e sua comparabilidade, visando ao seu aprimoramento (Bessen *et al.*, 2013, p. 679).

Nesse contexto, a utilização de indicadores torna-se uma ferramenta fundamental para avaliar os avanços alcançados desde a implementação da referida política. Em conformidade com McQueen e Noak (1998), os indicadores consistem em métricas alternativas que permitem quantificar fenômenos específicos



de forma objetiva. Já como propõe Hammond *et al.* (1995), os indicadores são capazes de refletir o desempenho e o progresso de determinados processos em relação às metas previamente estabelecidas.

Nessa conjectura, é possível verificar, segundo a visão desses autores, que, no campo da gestão de RSU, os indicadores de sustentabilidade possibilitam não apenas o monitoramento da eficácia das ações adotadas, mas também a identificação de áreas que demandam melhorias e o redirecionamento de estratégias, o que contribui diretamente para a consolidação de práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

Portanto, a revisão bibliográfica do tipo sistemática revela-se essencial para consolidar evidências científicas sobre os RSU, especialmente no que se refere aos indicadores de sustentabilidade aplicáveis a essa área. Nesse viés, tal abordagem permite reunir, avaliar criticamente e sintetizar os resultados de estudos previamente publicados, com o intuito de oferecer uma visão abrangente e metodologicamente rigorosa sobre as práticas de manejo e gestão dos resíduos, além de embasar futuras investigações com maior precisão e confiabilidade.

Assim, um artigo de revisão sistemática acerca dos indicadores de sustentabilidade aplicados aos resíduos sólidos urbanos tem como propósito identificar, selecionar e analisar estudos relevantes segundo critérios previamente definidos, visando responder a uma pergunta de pesquisa específica. Desse modo, essa metodologia possibilita mapear os indicadores mais utilizados na avaliação da sustentabilidade dos RSU, bem como verificar sua consistência, aplicabilidade e impacto nas dimensões ambiental, social e econômica.

Ademais, este trabalho propõe uma abordagem abrangente sobre temas socioambientais nos âmbitos local, nacional e internacional, com o objetivo de promover ampla divulgação em diversos circuitos acadêmicos. Para tanto, a pesquisa está alinhada à perspectiva interdisciplinar da revista à qual será submetida, priorizando a discussão de problemáticas que se situam na intersecção entre sociedade e natureza.

Por conseguinte, considerando que a sustentabilidade permeia múltiplos aspectos da vida social e que a gestão de RSU impacta diretamente nas dimensões sociais, econômicas e ambientais, este estudo busca construir uma visão multidimensional, integrando diferentes campos do conhecimento científico.

Destarte, com base nesse escopo, o presente estudo objetivou realizar uma síntese estruturada das abordagens metodológicas empregadas na avaliação da sustentabilidade dos RSU. Para isso, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão para selecionar os estudos mais pertinentes. Isso foi feito por meio da análise das metodologias adotadas, dos indicadores utilizados e das tecnologias empregadas no monitoramento e da gestão dos RSU, com foco em sua eficácia, validade e potencial de replicação.



2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, conforme proposta por Gibbs (2009), com foco aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos. Seu caráter é exploratório, com a finalidade de compreender os avanços das pesquisas relacionadas aos indicadores de sustentabilidade na gestão de RSU. Como procedimento metodológico, utilizou-se a pesquisa bibliográfica.

Em consonância com Cruz e Ferreira (2023), o tipo de pesquisa de Revisão Sistemática oferece um panorama com metodologia confiável, rigorosa e auditável que avalia criticamente as pesquisas escolhidas, uma vez que aborda uma questão pontual e utiliza métodos explícitos na investigação da literatura existente.

Uma das formas de estudo de revisão muito comum é a Revisão Sistemática, que busca sintetizar as evidências encontradas em pesquisas, como artigos, teses e dissertações, e interpretar os dados colhidos de forma analítica, sistematizando-os de maneira que permita encontrar amostras confiáveis e precisas. De acordo com as Diretrizes Metodológicas para a execução das revisões sistemáticas, publicadas pelo Ministério da Saúde (2012, p. 11), a revisão sistemática é “confiável, rigorosa e auditável”, uma vez que avalia criticamente as pesquisas escolhidas. (Cruz; Ferreira, 2023, p. 4).

Dessa forma, ao recorrer a essa estrutura metodológica, procurou-se estabelecer um referencial capaz de subsidiar gestores, pesquisadores e formuladores de políticas públicas na compreensão das direções emergentes no campo da sustentabilidade aplicada à gestão de RSU.

2.2 COLETA DE DADOS

Com o intuito de atingir o objetivo proposto nesta pesquisa, foram selecionados trabalhos publicados no período compreendido entre 2012 e 2022. Essa janela temporal foi definida por abranger a última década para a qual estão disponíveis dados referentes aos indicadores de RSU na base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), garantindo, assim, a atualidade e a relevância das informações analisadas.

Em seguida, para a realização da busca bibliográfica, foram utilizados os descritores “Indicadores de Sustentabilidade”, “Resíduos Sólidos Urbanos” e “Desempenho de Sustentabilidade”. Esses termos foram selecionados devido à sua recorrência em diversas dissertações e teses analisadas durante a etapa preliminar da pesquisa, evidenciando sua relevância para o tema em estudo.

Por fim, para verificar o volume de trabalhos disponíveis em plataformas de pesquisa científica, como *Google Scholar*, *Scopus* e *Web of Science*, utilizaram-se os descritores previamente definidos. Ademais, para ampliar o alcance dos resultados e contemplar publicações em língua inglesa, tais descritores foram devidamente traduzidos para esse idioma.

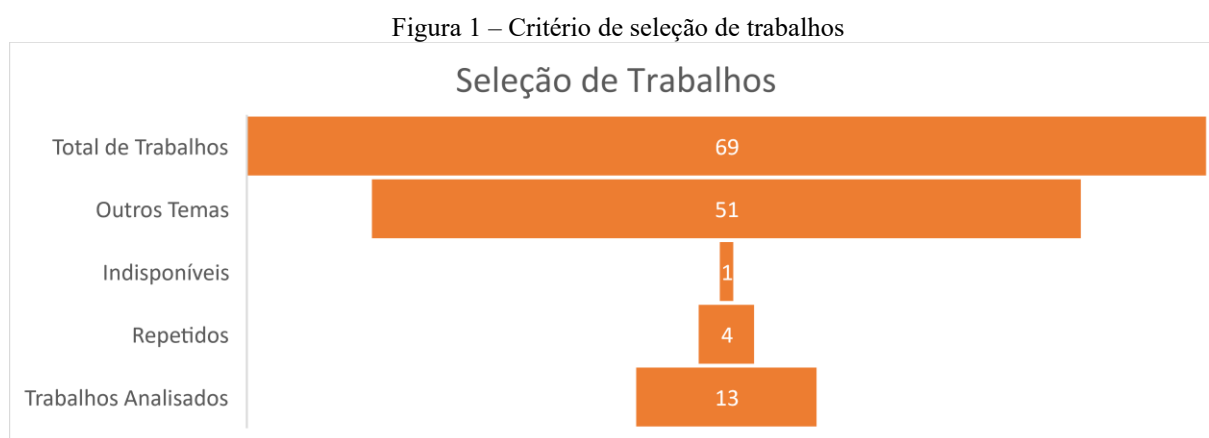


Como resultado, a busca apresentou um total de 22.8021 documentos (*Google Scholar* – 1.600 artigos; *Scopus* (inglês) – 21.118 artigos; *Web of Science* (Capes) – 84 artigos). Diante da elevada quantidade de trabalhos e visando garantir uma análise de conteúdo mais viável e confiável, optou-se por restringir o escopo da investigação às teses e dissertações disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e, também, em artigos científicos nacionais disponíveis no Portal de Periódicos da Capes, com os descritores em língua portuguesa.

Essa escolha se justifica pelo fato de que esses trabalhos acadêmicos, em geral, demandam maior tempo de execução, apresentam maior profundidade metodológica e robustez teórica, além de frequentemente servirem como base para a produção de artigos científicos posteriormente publicados em outras bases de dados. Assim, acrescentando a busca no portal de periódicos da Capes, obteve-se uma parcela de artigos científicos já publicados em revistas.

Ao aplicar os descritores previamente definidos nas plataformas da BDTD, no catálogo de teses e dissertações e no portal de periódicos da Capes, foram identificados 69 trabalhos, entre dissertações, teses e artigos científicos, nas três plataformas analisadas. Em seguida, após leitura atenta dos resumos, esses trabalhos foram selecionados com base nos seguintes critérios: i) exclusão de trabalhos não relacionados ao tema; ii) exclusão de trabalhos indisponíveis nas plataformas; e iii) exclusão de trabalhos duplicados entre as plataformas.

A Figura 1, a seguir, demonstra o critério de seleção aplicado.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Dessa forma, dos trabalhos identificados, 51 foram excluídos por abordarem temas não relacionados aos resíduos sólidos urbanos; 1 estava indisponível na plataforma; e 4 constituíam duplicatas presentes em

1 Pesquisa realizada em 20/11/2025.



pelo menos duas das bases consultadas. Dessa forma, 13 estudos foram selecionados para análise e desenvolvimento da presente pesquisa.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Após a etapa de seleção dos trabalhos, procedeu-se à análise dos resultados por meio da técnica de Análise de Conteúdo, conforme a metodologia delineada por Bardin (2011). Essa abordagem, amplamente reconhecida por sua robustez e rigor na pesquisa qualitativa, revela-se adequada para a interpretação e sistematização dos dados coletados.

Dessa forma, o processo analítico foi conduzido em três etapas complementares: i) Pré-análise: etapa inicial que compreende a organização dos materiais selecionados, com ênfase na definição do referencial teórico-metodológico que embasa a investigação. A leitura flutuante possibilitou o mapeamento preliminar dos conteúdos, bem como a formulação de hipóteses, orientando a delimitação das categorias de análise relacionadas aos indicadores de sustentabilidade; ii) Exploração do material: nesta etapa, os dados foram submetidos à codificação e categorização sistemática, visando à identificação de padrões, tendências e elementos recorrentes relacionados à sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos. A quantificação dos registros categorizados contribuiu para a elaboração de um panorama interpretativo abrangente dos estudos analisados; e iii) Tratamento dos resultados e interpretação: a etapa final consistiu na análise reflexiva dos dados categorizados, à luz dos pressupostos teóricos adotados. Nessa fase, as categorias previamente definidas foram validadas e as hipóteses formuladas foram examinadas criticamente, com o propósito de responder às questões de pesquisa e de contribuir para o avanço do conhecimento na área. As conclusões resultantes consideraram as limitações metodológicas do estudo, apontaram possíveis implicações práticas e sugeriram direções para investigações futuras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de organizar de forma mais sistemática os dados coletados e favorecer sua interpretação, a análise foi estruturada em eixos temáticos, a saber: a) Identificação dos trabalhos e dos autores envolvidos nos estudos de indicadores e resíduos sólidos; b) Linhas de pesquisa e áreas de concentração; c) Tipo de instituição responsável pelas pesquisas; d) Distribuição temporal dos estudos e; e) Contribuições das produções acadêmicas para a área de estudo.



3.1 TRABALHOS, AUTORES E LINHAS DE PESQUISA ENVOLVIDOS NOS ESTUDOS DE INDICADORES E RESÍDUOS SÓLIDOS

Para sistematizar e apresentar as informações de maneira clara e objetiva, elaborou-se o Quadro 1, na qual estão organizados os trabalhos analisados, devidamente codificados (D – Dissertação, T – Tese e A – Artigo).

Quadro 1 – Apresentação dos trabalhos selecionados

ID	TÍTULO e Instituição de Ensino ou Revista	AUTOR	ANO
D1	ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DE COOPERATIVAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MARINGÁ-PR - Universidade Cesumar	Monteschio, Ana Gabriela Bernegozze	2021
D2	USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA ANALISAR O DESEMPENHO DO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA E DA GESTÃO DAS ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB - UEPB - Universidade Estadual da Paraíba	Silva, Jôingrid da	2021
D3	PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE JOÃO PESSOA-PB – UFPB - Universidade Federal da Paraíba	Sá, Ana Cecília Novaes	2021
D4	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS SITUADAS NA REGIÃO DO SERIDÓ DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Bezerra, Andreza Maiara Silva	2021
D5	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE GOIOERÊ-PR - UEM - Universidade Estadual de Maringá	Ferreira, Felipe Facco Mendes	2022
D6	PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA MUNICÍPIOS BRASILEIROS - FURB - Universidade Regional de Blumenau	Tisoco, Milena Caroline	2022
D7	AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO SERTÃO CENTRO SUL – CEARÁ - UFCA - Universidade Federal do Cariri	Silva, Valdenira Carlos da	2021
T1	GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA MUNICÍPIOS DE MÉDIO PORTE - UPF - Universidade de Passo Fundo	Olivo, Valdir Eduardo	2021
T2	PROPOSTA DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE OPERACIONAL DE ATERROS SANITÁRIOS (ISOAS) - UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Cunha, Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro da	2019



T3	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE MUNICÍPIOS PARAENSES - UFPA - Universidade Federal do Pará	Neves, Raísa Rodrigues	2022
A1	USO DE INDICADORES NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE CONSTRUÇÃO E ANÁLISE PARA MUNICÍPIOS E REGIÕES – Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 23.	Pereira, Suellen Silva; Curi, Rosires Catão; Curi, Wilson Fadlo	2018
A2	USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 24.	Barros, Raphael Tobias de Vasconcelos; Silveira, Áurea Viviane Fagundes	2019
A3	INDICADORES AMBIENTAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ASSOCIADO A MELHORIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS – Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8.	Sousa, Mikaelly da Silva; Serra, Juan Carlos Valdés	2019

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A leitura e análise dos 13 trabalhos selecionados possibilitaram a identificação das respectivas linhas de pesquisa e das instituições de ensino superior responsáveis pelo desenvolvimento das investigações relacionadas à temática em foco.

Em seguida, as informações obtidas evidenciaram a relevância acadêmica dessas produções para o campo de estudo voltado aos indicadores de sustentabilidade e à gestão de RSU.

Dessa forma, com o intuito de sistematizar esses dados, o Quadro 2 apresenta os programas de pós-graduação e as linhas de pesquisa às quais os trabalhos das dissertações e teses estão vinculados e as revistas as quais os artigos foram publicados.



Quadro 2 – Estudos e Linhas de Pesquisa das Dissertações e Teses.

ID	Nome do Programa	Linha de Pesquisa
D1	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas	Tecnologias limpas
D2	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional	Desenvolvimento Regional - Linha de Pesquisa Sociedade, Cultura, Turismo e Desenvolvimento Regional
D3	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental	Engenharia Civil e Ambiental
D4	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção	Engenharia de Produção
D5	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana	Engenharia Urbana
D6	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental	Engenharia Ambiental
D7	Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável	Desenvolvimento Regional Sustentável
T1	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental	Engenharia Civil e Ambiental - Área de atuação: Infraestrutura e Meio Ambiente
T2	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e Ambiental - Área de Concentração: Gestão Gerenciamento de Recursos Naturais e Políticas Públicas
T3	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil	Engenharia Civil - Área de Concentração: Engenharia Hídrica, Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Entre as teses e dissertações analisadas, verificou-se que seis delas (60%) não apresentam uma linha de pesquisa claramente definida, sendo classificadas de forma genérica nos respectivos programas de pós-graduação, majoritariamente vinculados à área da Engenharia.

Em contrapartida, quatro estudos (40%) apresentam delimitação explícita quanto às suas linhas de pesquisa, distribuídas entre diferentes áreas temáticas. Destacam-se: Desenvolvimento Regional, com ênfase em Sociedade, Cultura, Turismo e Desenvolvimento Regional (1); Engenharia Civil e Ambiental, com atuação na linha de Infraestrutura e Meio Ambiente (1); Engenharia Sanitária e Ambiental, com foco na gestão e no gerenciamento de recursos naturais (1); e Engenharia Civil (2), com área de concentração em Engenharia Hídrica e linha de pesquisa voltada a Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Esses dados refletem a diversidade de enfoques teórico-metodológicos adotados nas pesquisas, bem como a transversalidade da temática dos indicadores de sustentabilidade aplicados à gestão de RSU.

Também foi verificado que a vinculação genérica das pesquisas aos programas de pós-graduação, sobretudo na área de Engenharia, tende a privilegiar abordagens predominantemente técnicas, focadas em soluções pragmáticas para o gerenciamento de resíduos. Contudo, essa perspectiva restrita pode



comprometer a compreensão abrangente e interdisciplinar do tema, especialmente no que concerne às dimensões da sustentabilidade, às políticas públicas e aos impactos sociais envolvidos.

Conforme apontam Siman *et al.* (2023), a gestão dos RSU frequentemente carece de uma perspectiva social sensível aos diversos atores envolvidos na cadeia de processos, especialmente no que se refere às condições de saúde e segurança do trabalho.

Nesse sentido, para os autores, o enfoque predominantemente técnico adotado pela Engenharia tende a se distanciar das realidades concretas desses trabalhadores, ressaltando a necessidade premente de uma abordagem integrada e humanizada que considere tanto os aspectos técnicos quanto os sociais envolvidos na gestão dos resíduos (Siman *et al.*, 2023).

Não obstante, os trabalhos que apresentam linhas de pesquisa claramente definidas demonstram maior consistência acadêmica e potencial de contribuição científica, ao articular perspectivas provenientes do Desenvolvimento Regional, da Engenharia Sanitária e Ambiental e da Engenharia Civil.

Da mesma forma, analisaram-se as revistas em que os três artigos foram publicados: Engenharia Sanitária Ambiental (2 artigos) e Gestão & Sustentabilidade Ambiental (1 artigo), o que evidencia a predominância da área de Engenharia. Entretanto, os temas tratados, voltados à gestão ambiental e às políticas públicas, também demonstram uma aproximação com o campo da Gestão, ampliando o alcance de possíveis discussões.

Como argumentam Klundert e Anschütz (2001), essa diversidade temática é importante, pois ela pode ampliar o escopo investigativo e permitir abordagens integradas que refletem a complexidade intrínseca à gestão de RSU. Ou seja, segundo os autores, a gestão integrada de resíduos deve adotar um enfoque multidisciplinar, capaz de contemplar simultaneamente as dimensões ambientais, sociais e econômicas.

Portanto, o número reduzido de pesquisas com esse nível de delimitação sinaliza um campo ainda em consolidação, no qual há espaço para o fortalecimento das linhas de pesquisa e para o incentivo à transversalidade entre as dimensões técnica, ambiental, social e econômica que permeiam o tema da sustentabilidade na gestão dos RSU.

3.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DOS ESTUDOS

A Figura 2 apresenta a distribuição temporal dos trabalhos selecionados, evidenciando a pertinência contemporânea da temática relacionada aos indicadores de sustentabilidade.



Figura 2 – Distribuição temporal dos trabalhos selecionados



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Como apresentado na Figura 2, no início do período selecionado para a busca dos estudos (2012 a 2022) e considerando os descritores adotados, não foram identificados trabalhos que atendessem aos critérios de seleção estabelecidos por este manuscrito. A partir de 2018, observa-se o surgimento de uma publicação, seguido por um aumento significativo no número de estudos nos anos de 2019 e 2022, com três trabalhos cada, e especialmente em 2021, que concentra seis publicações. Esse comportamento evidencia um crescimento recente do interesse científico pela temática, sobretudo na fase final da série histórica analisada.

Ou seja, tal recorte temporal pode evidenciar que a temática da sustentabilidade aplicada à gestão dos resíduos sólidos urbanos vem assumindo relevância crescente, em estreita articulação com as dinâmicas sociais, ambientais e políticas contemporâneas. Essas transformações, por sua vez, impõem a necessidade de abordagens investigativas mais amplas, de caráter interdisciplinar e orientadas pelos fundamentos do desenvolvimento sustentável.

Sob a ótica de Tisoco (2022), cuja obra foi selecionada como referência para este estudo, a dimensão temporal assume papel central, especialmente a partir de 2010, com a promulgação da PNRS, e sua consolidação em 2014. Para a autora, esse marco regulatório intensificou o engajamento do poder público na busca por mecanismos mais eficazes de mensuração dos avanços na gestão dos RSU, integrando-se aos esforços voltados ao aprimoramento e à plena efetivação da PNRS em âmbito nacional.

Portanto, a análise evidencia que a consolidação da PNRS, especialmente a partir de 2010, redefiniu os marcos regulatórios da gestão dos RSU e impulsionou a produção científica e o interesse institucional pela temática. Esse movimento, nesse contexto, revela uma reciprocidade entre a agenda acadêmica e as demandas sociais, ambientais e políticas hodiernas, o que reforça ainda mais a necessidade de abordagens investigativas cada vez mais integradas e orientadas pelos princípios do desenvolvimento sustentável.



3.3 TIPO DE INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL PELAS PESQUISAS

As pesquisas dos trabalhos deste estudo foram majoritariamente realizadas por instituições públicas de ensino (11 trabalhos, 85%), enquanto apenas 2 trabalhos (15%) tiveram origem em instituições privadas².

Essa distribuição reflete a política de concessão de bolsas da Capes, que historicamente direciona a maior parte dos recursos às instituições públicas de ensino superior. Contudo, entre 2012 e 2022, os dados estatísticos do GeoCapes, disponibilizados pela própria agência, evidenciam um incremento no financiamento destinado às instituições privadas, sinalizando seu crescente engajamento e investimento nesse campo de pesquisa.

Com base nos dados da Capes (2023), verifica-se que, em 2012, 68,5% das bolsas de estudo foram destinadas às instituições federais, 24,9% às estaduais e apenas 6,4% às instituições particulares. Em 2022, a proporção referente às instituições estaduais manteve-se praticamente inalterada, ao passo que cerca de 10% das bolsas anteriormente alocadas às instituições federais passaram a ser concedidas às instituições particulares, pontuando uma reconfiguração no padrão de distribuição dos recursos.

Portanto, embora as instituições públicas ainda concentrem a maior parte das pesquisas voltadas aos indicadores de gestão dos resíduos sólidos urbanos, o expressivo incremento de bolsas concedidas a entidades privadas entre 2012 e 2022 sinaliza uma reconfiguração no perfil do financiamento acadêmico. Esse processo, por sua vez, contribui para a diversificação do campo investigativo, ao permitir que o setor privado aporte novas perspectivas e fortaleça a interdisciplinaridade indispensável ao avanço de práticas sustentáveis na gestão dos RSU.

3.4 CONTRIBUIÇÕES DAS PRODUÇÕES ACADÊMICAS PARA A ÁREA DE ESTUDO

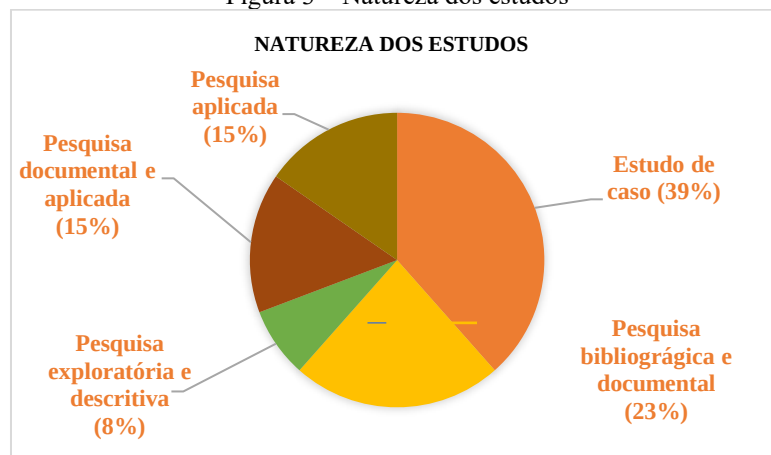
Considerando o contexto de crescente geração de RSU e a urgência de soluções compatíveis com os princípios da sustentabilidade e do modelo do *Triple Bottom Line*, esta seção se propõe a discutir os avanços proporcionados pelas abordagens analíticas identificadas. Para tanto, cabe pontuar o papel estratégico dos indicadores como instrumentos fundamentais para a construção de modelos de gestão mais eficientes, integrados e sensíveis às complexidades do cenário atual.

Desse modo, após as avaliações preliminares dos trabalhos selecionados, tornou-se possível aprofundar a análise das contribuições oferecidas por essas produções acadêmicas no que concerne à interface entre os indicadores de sustentabilidade e a gestão dos RSU. A figura 3, a seguir, ilustra essa relação, a saber:

² Nos artigos, foram observadas as instituições das quais os autores fazem parte.



Figura 3 – Natureza dos estudos



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A partir da análise empreendida, constatou-se que os estudos direcionados aos indicadores e à gestão de RSU têm como prioridade a sistematização das práticas de gestão implementadas nesse domínio. Nesse contexto, observa-se que 69% das produções selecionadas assumem caráter aplicado, das quais, mais da metade – correspondendo a 39% do total – estruturam-se sob a forma de estudos de caso, voltados à apreciação da sustentabilidade dos respectivos objetos investigados.

Dessa forma, para aprofundar a compreensão acerca das temáticas debatidas pelos trabalhos analisados, seus conteúdos foram organizados em quatro categorias temáticas, sendo elas: Gestão Administrativa e Organizacional, que contempla os aspectos de estrutura e eficiência institucional; Políticas Públicas e Planejamento Institucional, voltados à formulação e implementação de estratégias governamentais; Indicadores de Sustentabilidade e Avaliação Técnica, relacionados à mensuração e análise de desempenho ambiental; e Condições de Trabalho e Saúde dos Catadores, que evidenciam a dimensão social e laboral vinculada à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

O Quadro 3, a seguir, ilustra o resultado dessa análise.



Quadro 3 – Resultados e Conclusões dos Trabalhos

Categoria Temática	ID	Síntese dos Resultados e Conclusões
Gestão Administrativa e Organizacional	D1	Conclui a necessidade de apoio na gestão administrativa das cooperativas.
	D3	Expõe as lacunas operacionais, estruturais e organizacionais na coleta seletiva.
	D4	Pleiteia a necessidade de melhorias nas dimensões organizacional e eficiência operacional das associações de catadores.
	D6	Oferece sugestões para aprimorar indicadores de sustentabilidade da GRSU, incluindo redução de subjetividade.
	T3	Elenca como os municípios com gestão insustentável refletem a necessidade de melhorias nos Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).
	A1	Propõe modelos de indicadores que contribuem para o planejamento e a gestão eficiente.
	A2	Discute os desafios na coordenação da gestão metropolitana e municipal.
Políticas Públicas e Planejamento Institucional	D2	Expõe problemas logísticos/financeiros na gestão pública de João Pessoa-PB e o uso de indicadores para avaliar avanços e retrocessos.
	D7	Conclui como a falta de cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos compromete qualidade dos sistemas.
	T1	Demonstra o forte engajamento do governo local em Chapecó-SC, com ações sustentáveis já implantadas.
	T3	Discute a efetivação dos PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos) como ferramenta de decisão.
	A2	Enfatiza a integração de políticas públicas e o envolvimento da sociedade.
	A3	Destaca a importância das legislações nacionais e internacionais na gestão de resíduos.
Indicadores de Sustentabilidade e Avaliação Técnica	D2	O uso de Indicadores de Sustentabilidade de Besen <i>et al.</i> (2016) permitiu acessar um universo de dados que não estão disponíveis para livre acesso da população.
	D5	A aplicação de indicadores sustentáveis classificou o sistema de gerenciamento como de média sustentabilidade.
	D6	O desenvolvimento de conjunto preliminar de 50 indicadores para GRSU (Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos).
	T2	Expôs uma ferramenta que permite identificar problemas operacionais e percepções ambientais.
	T3	Expõe a classificação dos municípios quanto à sustentabilidade da gestão: insustentável, regular, boa e excelente.
	A1	Valida modelos de indicadores para diagnóstico e planejamento.
	A3	Reforça o uso de indicadores ambientais para o monitoramento e aprimoramento das políticas.
Condições de Trabalho e Saúde dos Catadores	D4	Evidencia a necessidade urgente de melhorias nas condições de trabalho, saúde e segurança dos catadores.
	D7	Aponta os desafios na coleta seletiva e as condições operacionais que afetam os catadores.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base na leitura dos trabalhos (2025).

Conforme evidenciado no trabalho D2, a utilização de indicadores configurou-se como uma ferramenta analítica fundamental para interpretar os dados, os quais, embora não estejam amplamente acessíveis à população, revelam que o município enfrenta desafios significativos para atingir os objetivos estabelecidos em prol de uma gestão sustentável dos RSU. De forma complementar, a pesquisa T1



evidência, por meio desses indicadores, o esforço do poder público local em fomentar o engajamento da comunidade nas questões relacionadas ao planejamento, pautando-se nas legislações vigentes e nas diretrizes institucionais.

Já os estudos D1, D3 e D4 postulam a incorporação da dimensão social nas cooperativas de reciclagem, com o propósito de ampliar a compreensão das questões ambientais e econômicas enfrentadas por esses grupos. De modo semelhante, o trabalho T2 fortalece essa abordagem ao utilizar indicadores na análise de aterros sanitários, embasando-se no conceito do *Triple Bottom Line*, o qual permite captar as múltiplas percepções ambientais de diferentes segmentos sociais, para promover uma avaliação integrada e multifacetada.

Os artigos A1 e A2, por sua vez, discutem a gestão dos RSU no contexto municipal, com o intuito de acompanhar esse processo e propor melhorias, sobretudo no que se refere às políticas públicas voltadas para o tema. Além disso, nos dois estudos, são evidenciados os muitos desafios enfrentados pelos municípios para alcançar um gerenciamento de RSU que seja ao mesmo tempo eficiente e sustentável.

Portanto, a partir da análise dos treze trabalhos selecionados, observa-se que persiste uma demanda significativa por aprimoramento das práticas de gestão, especialmente quando são consideradas as dimensões integradoras da sustentabilidade, ou seja, a ambiental, social e econômica.

Ademais, essa constatação ressalta igualmente a necessidade de desenvolver e implementar estratégias mais eficazes, integradas e alinhadas às políticas públicas, de modo a promover a gestão sustentável dos RSU, que contemple não apenas a eficiência operacional, mas também o impacto socioambiental e a participação dos diversos atores envolvidos.

Por fim, como elucidado pelos trabalhos aferidos, a avaliação contínua e sistemática dos processos de gestão dos RSU nos municípios se faz imprescindível para garantir a eficácia, a transparência e a adaptação das práticas adotadas frente aos desafios socioambientais contemporâneos, com o intuito de promover o aprimoramento das políticas públicas e a consolidação de uma gestão sustentável e integrada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo sintetizar o conhecimento produzido entre 2012 e 2022 sobre os indicadores aplicados à gestão de RSU, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática. Do ponto de vista metodológico, sublinha-se a aplicação rigorosa da técnica de Análise de Conteúdo, que permitiu a categorização dos achados em quatro eixos temáticos: Gestão Administrativa e Organizacional; Políticas Públicas e Planejamento Institucional; Indicadores de Sustentabilidade e Avaliação Técnica; e Condições de Trabalho e Saúde dos Catadores. Essa abordagem permitiu construir um panorama estruturado e aprofundado dos diferentes temas debatidos na área, revelando padrões, lacunas e contribuições relevantes para o avanço científico e prático da gestão de RSU.



Os resultados revelam também que a maioria das pesquisas possui caráter aplicado, com predominância de estudos de caso voltados à realidade municipal. Observa-se, ainda, o protagonismo das instituições públicas de ensino na produção científica e a crescente incorporação das dimensões ambiental, social e econômica nas avaliações de sustentabilidade.

Todavia, apesar dos avanços, os estudos perquiridos apontam a persistência de desafios significativos, como a fragilidade na implementação de políticas públicas, a baixa articulação intersetorial e a necessidade de aprimoramento dos indicadores. Isso ocorre, pois, segundo os autores investigados, é preciso que eles sejam menos subjetivos e mais eficazes na gestão integrada dos RSU. Nesse sentido, cabe também suscitar as limitações mais recorrentes, que incluem a falta de transparência nas informações, as dificuldades na operacionalização das políticas, além da carência de integração entre os aspectos socioambientais e econômicos.

Por conseguinte, os estudos examinados igualmente ressaltam a importância da participação ativa e colaborativa de múltiplos atores – entre eles, órgãos governamentais, cooperativas de reciclagem e comunidades locais – na construção de uma gestão de RSU que seja simultaneamente sustentável e inclusiva. Nesse contexto, conforme apontado pelos autores, o fortalecimento dos instrumentos avaliativos, aliado à formulação de estratégias de planejamento integradas e à valorização do engajamento social, constitui um elemento basilar para enfrentar os óbices identificados.

Conclui-se, portanto, que os indicadores representam ferramentas estratégicas para a análise, o monitoramento e a avaliação das práticas adotadas pelos municípios na gestão dos RSU. Como verificado, a ampliação das pesquisas na área, bem como o desenvolvimento contínuo de instrumentos de gestão mais robustos e integrados mostram-se imprescindíveis para a consolidação de modelos eficazes, orientados pelos princípios da sustentabilidade e capazes de atender às demandas atuais e futuras da realidade brasileira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Paraná (IFPR) pela bolsa concedida pelo Edital n. 87/2025.

REFERÊNCIAS

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025**. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/panorama/>>. Acesso em: 15 mai. 2026.

BARDIN, Laurance. **Análise de conteúdo**. São Paulo: 70 ed. 2011



BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos; SILVEIRA, Áurea Viviane Fagundes. **Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte**, 24(2), 411–423, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177499>

BRASIL. **Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. DOU de 05/01/2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 24 set. 2026.

BRASIL. **Lei 12.305, de 12 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. DOU de 02/08/2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 24 set. 2026.

BRASIL. **Lei 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. DOU de 15 de julho de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 24 set. 2026.

BESSEN, Gina. Rizpah.; RIBEIRO, Helena.; GÜNTHER, Wanda. Maria. Rita. **Coleta seletiva com inclusão de catadores no Brasil: construção participativa de indicadores de sustentabilidade**. 2013. In: Júnior, A. P.; Malheiros, T. F. Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental. Barueri, SP: Editora Manole. 2013 p. 677-704.

BEZERRA, Andreza. Maiara. Silva. **Avaliação da sustentabilidade de organizações de catadores de materiais recicláveis situadas na região do Seridó do estado do Rio Grande do Norte**. Natal, (Dissertação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

CRUZ, Fabielle. Rocha. FERREIRA, Jacques. de Lima. Estudos de revisão em Educação: Estado da Arte e Revisão Sistemática. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 30, p. e11512, 2 maio 2023. Disponível em: https://ojs.upf.br/index.php/rep/pt_BR/article/view/11512. Acesso em: 24 set. 2026.

CUNHA, Carlos. Eduardo. Soares. Canejo. Pinheiro. da. **Proposta de índice de sustentabilidade operacional de aterros sanitários (ISOAS)**. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2019.

FERREIRA, Felipe. Facco. Mendes. **Avaliação do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Goioerê/PR**. Maringá, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, 2022.

FONSECA, Leidiane. Welter. **Aplicação da ferramenta “Barômetro da Sustentabilidade” em estudos de bacias hidrográficas urbanas**. Cuiabá, Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Mato Grosso, 2013.



GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed. 2009

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: Panorama**. 2023. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>. Acesso em: 27 out. 2024.

MONTESCHIO, Ana. Gabriela. Bernegozze. **Análise sociambeintal de cooperativas de resíduos sólidos de Maringá-PR**. Maringá, Dissertação (Mestrado em Tecnologias Limpas) – Unicesumar, 2021.

NEVES, Raisa. Rodrigues. **Avaliação da sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos de municípios paraenses**. Belém, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, 2022.

OLIVO, Valdir. Eduardo. **Gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios de médio porte**. Passo Fundo, Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

ONU - Organizações das Nações Unidas. **Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)**, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: nov. 2024

PEREIRA, Suellen. Silva.; CURI, Rosires. Catão.; CURI, Wilson. Fadlo. **Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões**, 23(3), 471–483, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018162872>

SÁ, Ana. Cecília. Novaes. de. **Proposta de indicadores de sustentabilidade para avaliação da coleta seletiva de João Pessoa-PB**. João Pessoa, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, 2021.

SILVA, Jôingrid. da. **Uso de indicadores de sustentabilidade para analisar o desempenho do programa de coleta seletiva e da gestão das organizações de catadores do município de João Pessoa-PB**. Campina Grande, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, 2021.

SILVA, Valdenira. Carlos. da. **Avaliação da condição da gestão integrada de resíduos sólidos de municípios da região do Sertão Centro Sul – Ceará**. Crato, Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Universidade Federal do Cariri, 2021

SOUSA, Mikaely. da Silva.; SERRA, Juan. Carlos. Valdés. **Indicadores Ambientais de Resíduos Sólidos Urbanos Associado a Melhoria das Políticas Públicas**, 8(3), 707-724, 2019. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e32019707-724>

TISOCO, Milena. Caroline. **Proposta de indicadores de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros**. Blumenau, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, 2022