

Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação de Programas de Coleta Seletiva: estudo de caso na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Sustainability Indicators for Evaluation of Selective Collection Programs: a case study in the city of João Pessoa, Paraíba, Brazil

Ana Cecília Novaes de Sá^{1*} , Claudia Coutinho Nóbrega² , Natanael Batista Pereira Alves³ , Rayanne Maria Galdino Silva¹ , Gleyton Lopes Barboza Lacerda³ 

RESUMO

Os indicadores de sustentabilidade têm sido cada vez mais utilizados na avaliação e no monitoramento de programas de coleta seletiva, permitindo a identificação de lacunas e o planejamento de estratégias promissoras. Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar o grau de sustentabilidade do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa/PB, por meio da utilização de indicadores. A avaliação ocorreu com base em uma matriz composta de 16 indicadores agrupados nas dimensões política/institucional, econômica, social e ambiental. Para a quantificação dos indicadores foram adotados dados históricos da coleta seletiva dos anos de 2018 e 2019. A aplicação dos indicadores resultou em uma pontuação final que possibilitou a classificação do grau de sustentabilidade (GS) do sistema. Os resultados apontam para o GS de 4,6, indicando baixa sustentabilidade do programa de coleta seletiva da cidade de João Pessoa. Com relação às dimensões investigadas, constata-se que todas apresentaram baixa sustentabilidade, contudo a dimensão ambiental apresentou o melhor desempenho na investigação (GS = 5,0), revelando que a coleta seletiva tem se destacado nesse âmbito. As descobertas feitas com a utilização de indicadores enfatizam a necessidade de planejamento e ações efetivas para a melhoria e expansão da coleta seletiva no município.

Palavras-chave: resíduos sólidos; gestão de resíduos; coleta seletiva; indicadores.

ABSTRACT

Sustainability indicators have been increasingly used in the evaluation and monitoring of selective waste collection programs, allowing the identification of gaps and the planning of promising strategies. In this sense, this study aimed to assess the degree of sustainability of the selective collection program in the city of João Pessoa, Paraíba, through the use of indicators. Evaluation was based on a matrix composed of 16 indicators grouped in political/institutional, economic, social, and environmental dimensions. For the quantification of the indicators, historical data from the selective collection of the years 2018 and 2019 were adopted. The application of the indicators resulted in a final score that allowed the classification of the degree of sustainability (DS) of the system. The results point to a GS of 4.6, indicating low sustainability of the selective collection program in the city of João Pessoa. Regarding the dimensions investigated, it appears that all of them presented low sustainability; however, the environmental dimension showed the best performance in the investigation (DS = 5.0), revealing that selective collection has stood out in this context. The findings from the use of indicators emphasize the need for planning and effective actions for the improvement and expansion of selective collection in the municipality.

Keywords: solid waste; waste management; selective collect; indicators.

¹Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - Cabrobó (PE), Brasil.

²Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - Joao Pessoa (PB), Brasil.

³Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife (PE), Brasil.

*Autora correspondente: ananovaees1@gmail.com

Recebido: 27/03/2022 - Aceito: 16/03/2023

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a gestão de resíduos sólidos (GRS) emergiu como uma das problemáticas ambientais de relevância, fazendo-se presente em agendas de políticas públicas em todo o mundo. De modo geral, os países estão enfrentando o aumento da geração de resíduos ocasionados pelo crescimento populacional e urbanização, resultando em desafios para os gestores no que tange à gestão e aos impactos ocasionados (AGOVIANO; FERRARO; MUSELLA, 2021).

O Brasil tem encarado mudanças no cenário dos resíduos sólidos, especialmente a partir da promulgação da Lei Federal nº 12.305/2010 e do Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, que regulamenta a lei supracitada (BRASIL, 2010; 2022a). Ambos tratam de questões relacionados à redução da geração de resíduos, à valorização desses materiais por meio da reutilização e reciclagem, à inclusão social de catadores de materiais recicláveis, à disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, bem como de ações relativas à responsabilidade compartilhada e ao envolvimento de diferentes órgãos na participação da construção de estratégias para a GRS (BRASIL, 2010; PALERMO; GOMES, 2017).

Diante da necessidade de medidas capazes de solucionar a problemática da gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU), a Coleta Seletiva (CS) apresenta-se como ferramenta estratégica. No Brasil, a implantação da CS é determinada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo um dos requisitos para que os municípios tenham acesso à recursos da União. Fundamentada na coleta dos resíduos segregados, a CS possui diversos benefícios, como a recuperação de resíduos, a redução de materiais destinados aos aterros sanitários e a geração de emprego e renda pela ação de cooperativas/associações de catadores (AGOVIANO; MUSELLA, 2020).

Para uma CS eficiente, é cada vez mais importante compreender as variáveis que afetam seu desempenho, possibilitando a projeção de sistemas robustos que considerem aspectos econômicos, sociais, ambientais, operacionais e legais (BERTANZA; ZILIANI; MENONI, 2018). Diante disso, os indicadores são exemplos de instrumentos poderosos na estruturação de problemas de gestão e na elucidação de questões negligenciadas, substituindo análises unidimensionais por um agregado de variáveis que auxiliam na interpretação de informações e na identificação de aspectos latentes do sistema (MAURO *et al.*, 2021).

Essas ferramentas apresentam como principais características a representatividade de fenômenos, flexibilidade na aplicação e fácil interpretação (SOUSA; FERREIRA; BRAÑA, 2019). Os diagnósticos fornecidos pelos indicadores subsidiaram os gestores no planejamento e na promoção de políticas e ações.

Diferentes metodologias que contemplam indicadores foram desenvolvidas, levando a uma ampla gama de ferramentas direcionadas à investigação do desempenho dos sistemas de CS. Besen (2011) e Santiago e Dias (2012) propuseram indicadores que são aplicados em diversos estudos na perspectiva da avaliação do nível de sustentabilidade de programas de coleta seletiva (FECHINE; MORAES, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2018; ZON, 2018; PIRES *et al.*, 2019).

Villalba (2020) sugeriu indicadores para a análise da taxa de recuperação dos materiais recicláveis e o progresso de estratégias voltadas para o setor formal e informal de agentes sociais que atuam na esfera da reciclagem. Bertanza, Ziliani e Menoni (2018) propuseram um conjunto de indicadores técnico-econômicos de fácil aplicação, visando avaliar o desempenho operacional e econômico de uma estratégia de cobrança, bem como destacar o espaço para melhorias nos diferentes segmentos do serviço de coleta.

Em alguns estudos de caso, indicadores são utilizados para comparar a eficiência dos sistemas e para mostrar os aspectos que afetam a eficiência dos

serviços. Romano *et al.* (2022) utilizaram o indicador taxa de coleta seletiva para investigar os fatores que afetam essa variável nas províncias italianas. Esse indicador foi associado a variáveis socioeconômicas e individuais, e os autores concluíram que os maiores índices de CS relacionaram-se à maior renda média, à idade esperada, ao número de pessoas com ensino médio ou superior e ao percentual de mulheres administradoras municipais.

Pereira e Fernandino (2019) aplicaram uma matriz de indicadores para o município de Mata de São João (BA), com o intuito de avaliar a sustentabilidade da gestão de resíduos. Foram utilizados indicadores de cinco dimensões da sustentabilidade: política, econômica, ambiental, cultural e social. Foi constatado que o município apresentou baixa sustentabilidade, e que os fatores que exercem influência nesse cenário estão relacionados à ausência de plano de gestão de resíduos sólidos, à baixa abrangência da coleta seletiva, à insuficiência econômica, à educação ambiental limitada a áreas turísticas e à falta de iniciativas para a inclusão de catadores de materiais recicláveis autônomos.

Diante da demanda por informações confiáveis e visando superar problemas relacionados à gestão, o estudo propõe a utilização de indicadores como mecanismo de análise do grau de sustentabilidade (GS) do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa (PB), Brasil.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada a este estudo teve o intuito de avaliar a sustentabilidade do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa, Paraíba, considerando as dimensões política/institucional, econômica, social e ambiental. Os procedimentos metodológicos foram estruturados conforme fluxograma da Figura 1.

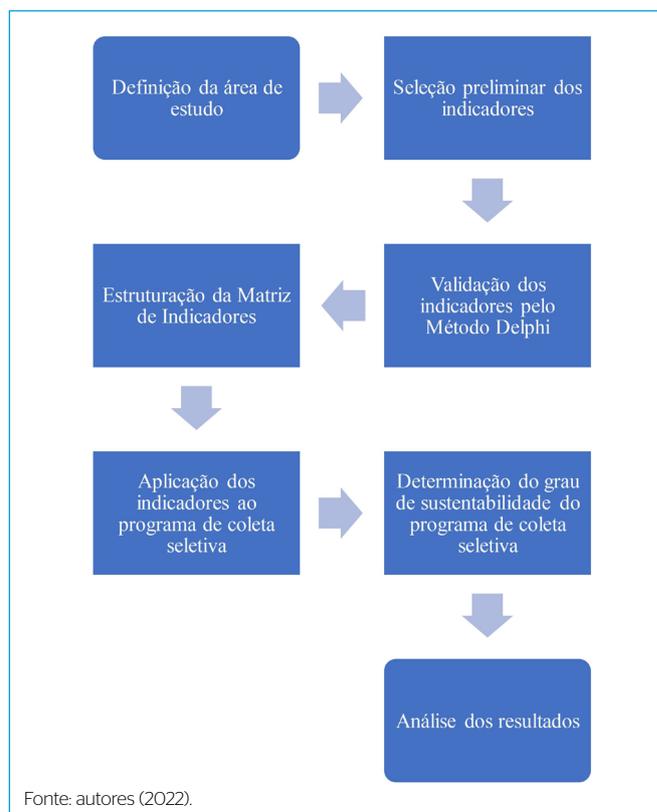


Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas do estudo.

Área de estudo

O local de estudo para aplicação dos indicadores foi a cidade de João Pessoa, localizada no Estado da Paraíba, Brasil. O município possui área territorial de 210.044 km² e teve população estimada para o ano 2021, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), de 825.796 habitantes.

João Pessoa é constituída por 64 bairros, dos quais o Programa de Coleta Seletiva atende 23, contemplando mais de 80.000 das 213.256 residências e dos condomínios do município. No ano de 2015, a taxa de cobertura em relação à população era de 20% (PIMENTEL *et al.*, 2020).

Operacionalização da Coleta Seletiva em João Pessoa, Paraíba

As políticas de reciclagem na capital paraibana têm sido introduzidas gradativamente desde 2003, ano da desativação do lixão do município. O programa de coleta seletiva é composto de quatro associações de catadores de recicláveis, que atuam em quatro núcleos de coleta, além da central de triagem que segrega parte dos materiais recicláveis que chegam ao Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP), sendo responsável pelo maior volume de material coletado.

A coleta de recicláveis é desempenhada majoritariamente pelos catadores associados e autônomos que não possuem vínculo com organização formal. De acordo com o Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS, 2018), foram contabilizados 195 catadores formais atuando no sistema de coleta

seletiva do município, em contrapartida não existiam estimativas concretas da quantidade de catadores informais para o mesmo ano.

Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação da Coleta Seletiva

Os indicadores adotados nesta pesquisa foram selecionados com base em revisão bibliográfica de artigos indexados nas bases de dados Scopus, *ScienceDirect* e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Os critérios de seleção foram fundamentados na viabilidade de aplicação dos indicadores em diferentes cenários, sendo escolhidos aqueles publicados no período temporal de 2010 a 2019 e que apresentaram clareza, facilidade na mensuração, simplicidade na compreensão dos resultados, viabilidade e possibilidade de comparação (BRAGANÇA, CONDE, ALVAREZ, 2017).

Em seguida, os indicadores foram organizados e adaptados de acordo com a realidade local. A nomenclatura dos indicadores, bem como os valores das gradações das tendências à sustentabilidade, foi baseada na literatura científica (BESEN, 2011; SANTIAGO; DIAS, 2012; FECHINE; MORAES, 2014; SNIS, 2018; FUNASA, 2017) e reestruturada por meio do consenso de especialistas em resíduos sólidos, por meio do Método Delphi.

Dessa forma, o Programa de Coleta Seletiva foi avaliado com base em uma matriz composta de 16 indicadores agrupados nas dimensões política/institucional (Tabela 1), econômica (Tabela 2), social (Tabela 3) e ambiental (Tabela 4).

Tabela 1 - Indicadores da dimensão política/institucional.

Dimensão política/institucional			
Indicador	Forma de mensuração	Dimensão da sustentabilidade	Referências
I 01 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta seletiva	Existência e modalidade de instrumentos legais	MF - Existência de contrato ou convênio com repasse financeiro	Besen (2011)
		F - Existência de convênio sem repasse financeiro	
		D - Não existência de contrato ou convênio	
I 02 - Existência de parcerias	Qtde. de parcerias formalizadas	MF - ≥ 4 parcerias	Santiago e Dias (2012), Veiga (2014)
		F - 1 a 3 parcerias	
		D - Nenhuma parceria	
I 03 - Cobertura do serviço - %	Parcela da população atendida pelo programa * 100/parcela da população urbana do município	MF - > 90%	Besen (2011), SNIS (2018), Fratta, Toneli e Antonio (2019)
		F - 70 a 90%	
		D - < 70%	
I 04 - Adesão da população - %	Nº de casas, edifícios e condomínios que participam do programa * 100/nº de residências e condomínios atendidos pelo programa	MF - > 85%	Funasa (2017)
		F - 50 a 85%	
		D - < 50%	
I 05 - Programas de educação e divulgação	Existência e abrangência do(s) programa(s) de educação e divulgação	MF - Existe e abrange todos os públicos (propagandas de TV e rádio).	Besen (2011)
		F - Existe, mas abrange parte do público (redes sociais, atuação em escolas, empresas).	
		D - Não existe programa de educação e divulgação.	
I 06 - Realização de capacitações	Periodicidade das capacitações para os catadores associados	MF - Semestral	Veiga (2014)
		F - Há treinamentos sem frequência definida.	
		D - Não existem capacitações.	
I 07 - Catadores associados capacitados ¹	Nº de catadores associados capacitados * 100/nº total de catadores associados	MF - > 85%	Besen (2011)
		F - 50 a 85%	
		D - < 50%	

MF: muito favorável; F: favorável; D: desfavorável; ¹catadores capacitados podem ser entendidos como os catadores formalizados em cooperativas que passaram por, pelo menos, um treinamento relacionado a suas atividades.

Tabela 2 - Indicadores da dimensão econômica.

Dimensão econômica			
Indicador	Forma de mensuração	Dimensão da sustentabilidade	Referências
I 08 - Custo da coleta seletiva em relação à massa coletada seletivamente - R\$/t ¹	Custo total com coleta seletiva/qtde. coletada seletivamente	MF - < R\$ 250,00	Besen (2011), Bringhenti, Zandonade e Günther (2011)
		F - R\$ 250,00 a R\$ 350,00	
		D - > R\$ 350,00	
I 09 - Percentual do orçamento municipal destinado aos serviços de coleta seletiva - %	Orçamento para coleta seletiva × 100/total do orçamento municipal	MF - > 6%	Santiago e Dias (2012)
		F - 3 a 6%	
		D - < 3%	
I 10 - Existência da TCR e percentual concedido para a coleta seletiva	Existência da TCR e destinação de um percentual para a coleta seletiva	MF - Existe e destina um percentual para a coleta seletiva	Elaborado pelos autores (2021)
		F - Existe, mas não há repasse financeiro para a coleta seletiva	
		D - Não há TCR	

TCR: taxa de coleta de resíduos; MF: muito favorável; F: favorável; D: desfavorável; ¹catadores capacitados podem ser entendidos como os catadores formalizados em cooperativas que passaram por, pelo menos, um treinamento relacionado a suas atividades.

Tabela 3 - Indicadores da dimensão social.

Dimensão social			
Indicador	Forma de mensuração	Dimensão da sustentabilidade	Referências
I 11 - Renda média mensal dos catadores associados nos núcleos de coleta seletiva - R\$	Renda média mensal dos catadores/salário mínimo vigente	MF - > 2 salários mínimos	Besen (2011), Santiago e Dias (2012), Fechine e Moraes (2014), Veiga (2014)
		F - 1 a 2 salários mínimos	
		D - < 1 salário mínimo	
I 12 - Condições de trabalho - % ¹	Nº de requisitos atendidos × 100/nº de requisitos desejáveis	MF - > 90%	Besen (2011), SNIS (2018)
		F - 60 a 90%	
		D - < 60%	

MF: muito favorável; F: favorável; D: desfavorável; ¹condições de trabalho desejáveis para os catadores nas cooperativas: existência de refeitório, limpeza diária do refeitório, existência de sanitários, limpeza diária dos sanitários, controle periódico de roedores e insetos, ventilação e iluminação adequadas, controle de odores incômodos, assento em altura adequada ao trabalho, cobertura adequada da edificação, proteção física dos equipamentos que apresentam risco no manuseio (esteiras, prensas, moedor de vidro), utilização de equipamentos de proteção individual.

Tabela 4 - Indicadores da dimensão ambiental.

Dimensão ambiental			
Indicador	Forma de mensuração	Dimensão da sustentabilidade	Referências
I 13 - Massa <i>per capita</i> coletada seletivamente - kg/habano	Qtde. de recicláveis coletados via coleta seletiva/pop. urbana × ano	MF - > 14 kg/habano	Fechine e Moraes (2014), Veiga (2014)
		F - 3 a 14 kg/habano	
		D - < 3 kg/habano	
I 14 - Taxa de rejeitos - %	(Qtde. coletada seletivamente - qtde. comercializada) × 100/qtde. coletada seletivamente	MF - < 10%	Besen (2011), Santiago e Dias (2012), SNIS (2018)
		F - 10 a 20%	
		D - > 20%	
I 15 - Taxa de recuperação de recicláveis	Qtde. coletada seletivamente × 100/massa de resíduos potencialmente recicláveis	MF - > 80%	Besen (2011), Santiago e Dias (2012), Fechine e Moraes (2014), Centrulo et al. (2018)
		F - 50 a 80%	
		D - < 50%	
I 16 - Percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas - %	Quantitativo de recicláveis vendidos às indústrias e/ou empresas (t) × 100/quantitativo comercializado (t)	MF - > 80%	Elaborado pelos autores (2021)
		F - 50 a 80%	
		D - < 50%	

MF: muito favorável; F: favorável; D: desfavorável.

O resultado dos indicadores foi avaliado conforme os critérios da dimensão da sustentabilidade, na qual variam entre muito favorável (MF), favorável (F) e desfavorável (D). Cada critério possui uma pontuação associada, valor numérico este que foi adaptado da metodologia proposta por Santiago e Dias (2012), conforme segue: pontuação 5 para tendência muito favorável; pontuação 3 para tendência favorável; pontuação 1 para tendência desfavorável, e pontuação 0 quando não há dados para calcular o indicador.

Após a atribuição de valores para cada indicador, foi determinado o GS do Programa de Coleta Seletiva de João Pessoa (Equação 1), por meio do índice proposto por Santiago e Dias (2012):

$$GS = \frac{\sum \text{notas da avaliação de campo}}{\sum \text{máxima pontuação da matriz final}} \times 10 \quad \text{Equação 1}$$

As notas da avaliação de campo indicam o somatório da pontuação alcançada por cada indicador após sua aplicação, enquanto a máxima pontuação da matriz está relacionada à soma da pontuação máxima que cada indicador pode alcançar, considerando-se um cenário ótimo. Desse modo, o GS foi enquadrado em faixas de classificação, indicando o nível de sustentabilidade do sistema (Tabela 5).

Para a quantificação dos indicadores foram adotados dados históricos da coleta seletiva dos anos de 2018 e 2019. A aquisição das referidas informações (quantidade de parcerias, massa coletada seletivamente, adesão da população e outras) ocorreu nos núcleos de coleta seletiva, central de triagem, Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana — EMLUR (órgão responsável pela limpeza pública do município), bem como em artigos científicos, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS-JP) e bases de dados oficiais como SNIS e IBGE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coleta seletiva do município de João Pessoa, Paraíba

A geração de resíduos sólidos no município de João Pessoa foi de 258.932,52 toneladas no ano de 2018, resultando na geração *per capita* de 0,89 kg/hab./dia (EMLUR, 2020), valor inferior à média nacional apontada pelo Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, que foi de 0,96 kg/hab./dia para o mesmo ano (BRASIL, 2019).

Com relação à composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares, infere-se que a matéria orgânica é a fração mais expressiva, representando 57% do total. Este percentual corrobora o encontrado para outros municípios brasileiros (MENEZES *et al.*, 2019; SOUZA; MOURA; MACHADO, 2020; SILVA *et al.*, 2020). Em contrapartida, em 2019, a parcela reciclável somou 27% da amostra, destacando-se o plástico (19%), seguido de papelão (3%), papel (2%), vidro (2%) e metais (1%) (EMLUR, 2020).

Tabela 5 – Grau de sustentabilidade de acordo com as faixas de classificação.

Intervalo do índice	Grau de sustentabilidade
0 a 2,5	Insustentável
2,6 a 5,0	Baixa sustentabilidade
5,1 a 7,5	Média sustentabilidade
7,6 a 10,0	Alta sustentabilidade

Fonte: Fechine e Moraes (2014).

Pimentel *et al.* (2020) identificaram duas rotas de tratamento e disposição para os resíduos de João Pessoa: rota tecnológica convencional (RTC) e rota tecnológica seletiva (RTS). Na RTC ocorre a coleta indiferenciada, por intermédio de caminhões compactadores que têm como destino final o ASMJP. Entretanto, alguns veículos são conduzidos à Central de Triagem (CT), localizada nas proximidades do aterro. Nesse local, a parcela reciclável é segregada e comercializada, e os rejeitos são destinados às células do ASMJP.

A RTS tem início com o recolhimento dos resíduos previamente segregados nas residências. Eles seguem para os núcleos de coleta seletiva localizados em alguns bairros da capital, onde é realizada a separação dos materiais, sendo a fração reciclável comercializada para os atravessadores que os revendem para indústrias recicladoras e os rejeitos encaminhados ao ASMJP (NÓBREGA *et al.*, 2019; PIMENTEL *et al.*, 2020).

Validação dos indicadores de sustentabilidade

Dimensão Política/Institucional

O **indicador I 01** (instrumentos legais em relação ao município com prestadores de serviço da coleta seletiva) foi classificado como **favorável**, pois foi constatada a existência de convênio, sem repasse financeiro, entre o poder público municipal e as associações de catadores. O suporte fornecido às associações ocorre por meio da concessão de galpões, fardamentos, equipamentos de proteção individual (EPI) e serviços de manutenção e transporte para locomoção até a central de triagem. Este tipo de convênio é celebrado em outros municípios, a exemplo de Itaquera/SP, onde a gestão custeia despesas das associações de catadores, como aluguel, água, energia e impostos (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2021).

O programa possui mais de quatro parcerias formalizadas com instituições públicas e privadas, de modo que o **indicador I 02** (existência de parcerias) apresentou tendência **muito favorável**. As parcerias são indispensáveis para o desempenho, expansão e continuidade do sistema, além de auxiliarem na estruturação financeira e operacional do programa (ZON *et al.*, 2020).

O **indicador I 03** (cobertura do serviço) apontou para taxa de cobertura de 43%, contemplando 23 dos 64 bairros da capital. Dessa forma, a abrangência espacial é considerada baixa, representando tendência **desfavorável** para o indicador. A taxa encontrada neste estudo é superior à de capitais brasileiras como Recife (PE), que atende 30% (JUCÁ; BARBOSA; SOBRAL, 2020), e Natal (RN), que abrange 35% (DANTAS, M. W. A., 2019). Siman *et al.* (2019) enfatizaram a importância da expansão da cobertura da coleta seletiva como forma de minimizar o descarte de materiais potencialmente recicláveis em aterro sanitários e, conseqüentemente, os impactos ambientais e econômicos decorrentes dessas ações.

O **indicador I 04** (adesão da população) foi classificado como **desfavorável**, pois não existem dados sobre o número de residências edifícios e condomínios que aderem à coleta seletiva no município, dificultando a mensuração do referido indicador. Zon *et al.* (2020) mostraram que, dos 24 municípios do Estado do Espírito Santo investigados, apenas dois mensuravam a quantidade de residências que aderem à coleta seletiva, tornando evidente a carência de procedimentos que estimem dados desta natureza.

O **indicador I 05** (programas de educação e divulgação) foi avaliado como **favorável**, visto que existem projetos de educação ambiental realizados pela EMLUR, Setor de Educação Ambiental (SEDEC), Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) e educadores ambientais do

Centro de Estudos e Práticas Ambientais (CEPAM). Essas ações são realizadas mediante solicitação feita por órgãos públicos, empresas privadas e escolas e atendem parte específica da população.

Segundo o Presidente da Associação dos Catadores de Recicláveis de João Pessoa, desde a formalização da associação foram realizadas diversas ações de capacitações. As iniciativas foram direcionadas para os temas de Segurança no Trabalho, utilização adequada de EPI, gestão e comercialização de materiais recicláveis. Com relação à periodicidade, foi afirmado que não há frequência definida, mas, à medida que surgem qualificações, os catadores participam da dinâmica. Logo, o **indicador I 06** (realização de capacitações) foi classificado como **favorável**.

Para o cálculo do **indicador I 07** (catadores associados capacitados) foi considerado o número de catadores entrevistados nos núcleos (72) durante a etapa de levantamento das informações para o PMGIRS-JP (JOÃO PESSOA, 2014). Esta opção foi considerada com o intuito de tornar a análise representativa, visto que os dados apresentam a quantidade de catadores que eram capacitados nessa época. O indicador foi classificado como **desfavorável**, pois apenas 18% dos catadores eram capacitados.

Dimensão Econômica

No que se refere ao custo da coleta seletiva em relação à massa coletada seletivamente (**I 08**), no ano de 2018 o município de João Pessoa (PB) apresentou custos intermediários, R\$ 318,70/t (R\$ refere-se à moeda brasileira, o Real (1 R\$ = US\$ 3,88 em 2018). Esse custo é semelhante ao de capitais como as de Sergipe e Bahia, que apresentaram despesas de R\$ 357,00/t (DANTAS, J. H. L., 2019) e R\$ 339,52/t (FECHINE, 2014a), respectivamente. De acordo com a Pesquisa Ciclosoft 2018 realizada pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2018), o custo médio da coleta seletiva por tonelada para o ano de 2018 foi de R\$ 442,24. Em comparação com o encontrado para a capital paraibana, foi possível constatar que o custo foi inferior à média nacional, indicando situação **favorável** para este indicador (**I 08**).

O percentual do orçamento municipal destinado aos serviços de coleta seletiva (**I 09**) foi avaliado como **desfavorável**, visto que não há destinação direta de uma parcela do orçamento municipal para a coleta seletiva. A Prefeitura, por meio da EMLUR, apoia os núcleos de coleta seletiva com manutenção, transporte, galpões e quitação de despesas.

O indicador “existência da taxa de coleta de resíduos (TCR) e percentual concedido para a coleta seletiva” (**I 10**) foi classificado como **favorável**, pois existe TCR sem repasse financeiro para a coleta seletiva. Não há repasse, pois o valor angariado não é suficiente para cobrir as despesas com os serviços de limpeza urbana, em virtude dos custos elevados e da grande parcela de inadimplência por parte da população (JOÃO PESSOA, 2014).

A taxa de resíduos é uma das formas de garantir a sustentabilidade econômica dos serviços relacionados ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010), sendo adotada em vários municípios como instrumento da gestão de resíduos, entretanto a incidência de contribuição em países em desenvolvimento ainda é irrisória ou não consiste em exigência por parte dos entes públicos municipais (SIDDIQI; HARAGUCHI; NARAYANAMURTI, 2020).

Dimensão Social

De acordo com o levantamento da arrecadação monetária com a venda dos recicláveis realizado por Lins (2020), inferiu-se que a renda média mensal dos

catadores (**I 11**) variou entre um e dois salários-mínimos, sendo este indicador **favorável**. O ganho dos associados está condicionado ao quantitativo coletado pelas associações, que no ano de 2018 correspondeu a R\$ 2.609.894,65 em comercialização de recicláveis. Considerando-se que o programa de coleta seletiva possuía 195 catadores associados no referido ano, estima-se o ganho mensal de R\$ 1.115,30, valor superior ao salário-mínimo vigente em 2018, que era de R\$ 954,00. Entretanto, os ganhos poderiam ser maiores não fossem os fatores impactantes mencionados por Miranda *et al.* (2020), como problemas de gestão, ineficiência da coleta seletiva e disputa de materiais com catadores autônomos.

O indicador “condições de trabalho” (**I 12**) foi determinado com base em 14 condições de trabalho desejáveis propostas por Besen *et al.* (2017). A análise indicou cenário **desfavorável**, em que apenas cinco condições foram atendidas (existência de sanitários, limpeza diária dos sanitários, utilização de EPI, ventilação e iluminação adequadas, cobertura adequada da edificação), representando 35,7% do total. Para Fidelis e Colmenero (2018), a estrutura física e a segurança no ambiente de trabalho são pontos indispensáveis para elevar e assegurar qualidade de vida, segurança e organização para as associações e cooperativas. A ausência de condições satisfatórias interfere diretamente no desempenho dos catadores e na expansão da coleta seletiva (DUTRA; YAMANE; SIMAN, 2018; NOBRE *et al.*, 2020).

Dimensão Ambiental

De acordo com dados obtidos no SNIS (2019), a massa *per capita* coletada seletivamente (**I 13**) para o ano de 2018 foi de 5,28 kg/hab.ano, representando um quantitativo ínfimo quando comparado ao recolhido pelo sistema de coleta regular, que foi de 321,27 kg/hab.ano para o mesmo ano. Este indicador foi julgado como **favorável**. Contudo, existe a necessidade da universalização do serviço para todo o município, de modo que reflita no aumento da taxa de reciclagem. Silva, Jucá e Almeida (2017) relatam que o quantitativo recolhido está relacionado com a cobertura da coleta seletiva e os investimentos aplicados para a melhoria do sistema.

De modo geral, não existe o controle de dados concretos sobre a quantidade de resíduos que chegam às associações e que são descartados como rejeitos. Desse modo, os dados para a análise do **indicador I 14** (taxa de rejeitos) foram extraídos do estudo realizado por Pimentel (2017), que estimou a parcela de resíduos que chegavam aos núcleos de coleta e a respectiva fração comercializada, possibilitando a estimativa da quantidade de rejeito encaminhado ao aterro sanitário. Assim, a taxa de rejeitos encontrada foi de 8,9%, revelando tendência **muito favorável** para este indicador.

A taxa de recuperação de recicláveis (**I 15**) foi obtida da massa coletada seletivamente em relação à potencialmente reciclável. Em João Pessoa, em 2019, os resíduos passíveis de reciclagem representam 27% em relação aos resíduos sólidos gerados no município (EMLUR, 2020). Assumindo esta parcela reciclável (27%) em relação a 258.932,52 t de resíduos sólidos domiciliares gerados em 2018, tem-se uma massa potencialmente reciclável de 69.911,78 t. Em contrapartida, a massa reciclável coletada seletivamente para o mesmo ano foi de 3.802,82 t (LINS, 2020). Logo, a taxa de recuperação foi de 5,44%, resultando em tendência **desfavorável** à sustentabilidade. Apesar do baixo percentual de recuperação dos recicláveis, João Pessoa destaca-se entre as cidades brasileiras que mais reciclam (BRASIL, 2022b). De acordo com o SNIS (2019), a taxa média de recuperação no país foi de 2,2% para o ano de 2019, sendo o valor encontrado para a capital paraibana superior à

média nacional. Almeida e Mol (2020) encontraram percentual de 0,68% para Belo Horizonte/MG, enquanto Dantas M.W.A. (2019) verificou redução das taxas de recuperação em Natal/RN, de 1,16% em 2013 para 0,92% em 2016.

O percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas (I 16) foi classificado como **desfavorável**, pois as associações de materiais recicláveis não comercializam os materiais diretamente para as empresas recicladoras. A venda é feita para os atravessadores que atuam como intermediadores entre as associações e as indústrias recicladoras.

Grau de sustentabilidade da Coleta Seletiva

A Tabela 6 mostra os resultados do cálculo dos indicadores, a classificação em termos de tendência à sustentabilidade e a pontuação atribuída a cada indicador de acordo com o enquadramento da tendência. De acordo com os resultados obtidos com o cálculo dos indicadores, foi determinado o GS. O GS do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa foi de 4,6, revelando a baixa sustentabilidade do sistema.

Embora todas as dimensões tenham apontado baixa sustentabilidade, a dimensão ambiental apresentou o melhor desempenho, com GS 5,0. Nela, o resultado positivo da taxa de rejeitos em relação à massa coletada seletivamente indica a efetividade da atividade dos catadores no âmbito da segregação dos resíduos. Em contrapartida, a recuperação dos recicláveis ainda é baixa, refletindo a necessidade de investimentos para a expansão do sistema e ações de educação ambiental para que as taxas aumentem substancialmente.

As dimensões política/institucional e econômica apresentaram GS de 4,6. Constatou-se que, na política/institucional, a gestão municipal está articulada com as associações de catadores, fornecendo insumos para o fortalecimento da categoria. Com relação à cobertura do sistema, ela é insuficiente e pode ser considerada uma das principais causas para as baixas taxas de coleta de recicláveis no município. Já na dimensão econômica a maior defasagem observada está condicionada à ausência de arrecadação e alocação de recursos para a coleta seletiva, o que se reflete na desestruturação do programa, com prejuízos na qualidade dos serviços prestados.

O menor GS foi observado para a dimensão social (4,0), demonstrando que melhorias devem ser realizadas, principalmente no âmbito de trabalho, em que a infraestrutura se mostrou insatisfatória, com necessidade de melhorias nos galpões e manutenção dos equipamentos. Quanto aos ganhos dos catadores, eles excedem um salário-mínimo em média, mas poderiam ser maiores se a comercialização fosse realizada diretamente para as indústrias recicladoras e se não houvesse competição de materiais com catadores autônomos.

CONCLUSÕES

Os indicadores de sustentabilidade propostos neste estudo mostraram-se executáveis na análise da coleta seletiva municipal, possibilitando a identificação dos pontos assertivos e das falhas do sistema. Neste processo, a qualidade dos dados é crucial para a estimativa e interpretação precisas e confiáveis dos resultados.

Tabela 6 – Resultado do cálculo dos indicadores de sustentabilidade.

Dimensão	Indicador	Resultado	TS	Avaliação de campo	Máxima Pontuação da Matriz	GS
Política/Institucional	I 01 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta seletiva	Apenas convênio	F	3	5	4,6
	I 02 - Existência de parcerias	> 4	MF	5	5	
	I 03 - Cobertura do serviço	43%	D	1	5	
	I 04 - Adesão da população	Sem informações	D	0	5	
	I 05 - Programas de educação e divulgação	Existe, mas abrange parte do público	F	3	5	
	I 06 - Realização de capacitações	São realizadas capacitações	F	3	5	
	I 07 - Catadores associados capacitados	18%	D	1	5	
Econômica	I 08 - Custo da coleta seletiva em relação à massa coletada seletivamente	R\$ 318,70/t	F	3	5	4,6
	I 09 - Percentual do orçamento municipal destinado aos serviços de coleta seletiva	Não destina	D	1	5	
	I 10 - Existência da TCR e percentual concedido para a coleta seletiva	Existe, mas não há repasse para a Coleta Seletiva	F	3	5	
Social	I 11 - Renda média mensal dos catadores associados nos núcleos de coleta seletiva - R\$	R\$ 1.115,30	F	3	5	4,0
	I 12 - Condições de trabalho - %	45,4%	D	1	5	
Ambiental	I 13 - Massa <i>per capita</i> coletada seletivamente	5,28 kg/habano	F	3	5	5,0
	I 14 - Taxa de rejeitos	8,9%	MF	5	5	
	I 15 - Taxa de recuperação de recicláveis	5,44%	D	1	5	
	I 16 - Percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas	Não comercializa diretamente para empresas recicladoras	D	1	5	
Total				37	80	4,6

TS: tendência à sustentabilidade; MF: muito favorável; F: favorável; D: desfavorável; GS: grau de sustentabilidade.

Entretanto, a ausência de dados confiáveis inviabilizou a estimativa de indicadores específicos, reforçando a necessidade de planejamento e sistematização de informações para o monitoramento das nuances na gestão de resíduos.

A aplicação do índice de sustentabilidade do programa de coleta seletiva da cidade de João Pessoa (PB) indicou baixa sustentabilidade do sistema, com média de 4.6 e desempenho insatisfatório em todas as dimensões investigadas. Este resultado aponta para algumas lacunas que afetam o funcionamento do sistema, como a universalização do serviço, a melhoria das condições estruturais e os incentivos.

Infere-se que o estudo representa o ponto de largada para os gestores compreenderem e investigarem os fatores que influenciam os baixos níveis de sustentabilidade do sistema. Os indicadores no processo de avaliação viabilizam a comparação de cenários e a identificação das lacunas existentes. Por essa razão, sugere-se a implantação de indicadores como ferramentas estratégicas de planejamento, de tomada de decisão e de transparência por parte dos gestores públicos nas mais diversas esferas.

Esta pesquisa reafirma que os indicadores adotados são eficientes e apresentam capacidade de síntese das condições do sistema de coleta seletiva. Além disso, reforça a premissa apontada pela maioria dos estudos da área sobre a importância de dados sobre GRS confiáveis e de qualidade, que possibilitem o acompanhamento das variações do sistema, pois este é um dos principais obstáculos encontrado para a utilização de indicadores.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

SÁ, A. C. N.: Conceituação, Curadoria de Dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia; Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição. NÓBREGA, C. C.: Análise formal, Revisão e Edição. ALVES, N. B. P.: Conceituação, Análise Formal, Revisão e Edição. SILVA, R. M. G.: Conceituação, Análise Formal, Revisão e Edição. LACERDA, G. L. B.: Análise Formal e Revisão.

REFERÊNCIAS

- AGOVIANO, M.; FERRARO, A.; MUSELLA, G. Does national environmental regulation promote convergence in separate waste collection? Evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 291, p. 125285, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125285>
- AGOVIANO, M.; MUSELLA, G. Separate waste collection in mountain municipalities. A case study in Campania. *Land Use Policy*, v. 91, p. 104408, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104408>
- ALMEIDA, C.M.C.; MOL, M.P.G. Avaliação da coleta seletiva no município de Belo Horizonte, Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, v. 13, n. 3, p. 1032-1047, 2020. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.69460>
- BERTANZA, G.; ZILIANI, E.; MENONI, L. Techno-economic performance indicators of municipal solid waste collection strategies. *Waste Management*, v. 74, p. 86-97, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.009>
- BESEN, G.R. *Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade*. 2011. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2011.
- BESEN, G.R.; GÜNTHER, W.M.R.; RIBEIRO, H.; JACOBI, P.R.; DIAS, S.M. *Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 2017. 60 p.
- BRAGANÇA, L.; CONDE, K.M.; ALVAREZ, C.E. Proposta de indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana para países Latino-americanos. In: *Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável*, 2., p. 85-94, 2017.
- BRASIL. *Lei Federal nº 12.305*, de 02 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. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 26 out. 2019.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos* – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 247 p.
- BRASIL. *Decreto nº 10.936*, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 12 ago. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares*. Brasília, DF: MMA, 2022b. 209 p.
- BRINGHENTI, J.R.; ZANDONADE, E.; GÜNTHER, W.M.R. Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 876-884, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.04.010>
- CENTRULO, T.B.; MARQUES, R.C.; CENTRULO, N.M.; PINTO, F.S.; MOREIRA, R.M.; MENDIZÁBAL-CORTÉS, A.D.; MALHEIROS, T.F. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 205, n. 20, p. 179-187, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.094>
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). *Pesquisa Ciclosoft 2018*. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/9>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- DANTAS, J.H.L. *Índice de sustentabilidade para coleta seletiva no município de Aracaju/Se*. 2019. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2019.
- DANTAS, M.W.A. *A Coleta Seletiva na Cidade do Natal-RN: uma avaliação utilizando índice de sustentabilidade*. 2019. Artigo Científico (Mestrado em uso sustentável de recursos naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- DUTRA, R.M.S.; YAMANE, L.H.; SIMA, R.R. Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers' organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management*, v. 77, p. 50-58, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.009>

- ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (EMLUR). *Comunicação pessoal*. 16 de dezembro de 2020.
- FECHINE, R. *Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva na cidade de Salvador-BA*. 2014. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- FECHINE, R.; MORAES, L.R. S. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador-BA. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 2, n. 1, p. 87-104, 2014. <https://doi.org/10.17565/gestav2i1.9223>
- FIDELIS, R.; COLMENERO, J.C. Evaluating the performance of recycling cooperatives in their operational activities in the recycling chain. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 130, p. 152-163, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.002>
- FRATTA, D.S.A.; TONELI, J.T.C.L.; ANTONIO, G.C. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators. *Waste Management*, v. 85, p. 11-17, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.001>
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>. Acesso: 02 fev. 2022.
- JOÃO PESSOA. *Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)*, 2014. João Pessoa, 2014. Disponível em: <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/plano-municipal-de-residuos-solidos/>. Acesso: 02 ago. 2021.
- JUCÁ, J.F.T.; BARBOSA, K.R.M.; SOBRAL, M.C. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. *Waste Management & Research*, v. 38, ed. 12, p. 1450-1454, 2020. <https://doi.org/10.1177/0734242x20941088>
- LINS, R.B. *Análise Ambiental e Econômica do Sistema de Coleta Seletiva*. Estudo de Caso: João Pessoa-PB. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.
- MAURO, V.; GIUSTI, C.; MARCHETTI, S.; PRATESI, M. Does uncertainty in single indicators affect the reliability of composite indexes? An application to the measurement of environmental performances of Italian regions. *Ecological Indicators*, v. 127, p. 107740, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107740>
- MENEZES, R.O.; CASTRO, S.R.; SILVA, J.B.G.; TEIXEIRA, G.P.; SILVA, M.A.M. Statistical analysis of the gravimetric characterization of household solid waste: A case study from the city of Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 2, p. 271-282, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019177437>
- MIRANDA, I.T.P.; FIDELIS, R.; FIDELIS, D.A.S.; PILATTI, L.A.; PICININ, C.T. The Integration of Recycling Cooperatives in the formal Management of Municipal solid waste as a strategy for the Circular Economy – The Case of Londrina, Brazil. *Sustainability*, v. 12, n. 24, p. 10513, 2020. <https://doi.org/10.3390/su122410513>
- NOBRE, F.J.V.; CABRAL, G.V.M.; DIAS, L.G.; PRATES, L.A.S.; ABDO, V.H.H.; COUTINHO, C.M.S.; OLIVEIRA, I.S.; FERREIRA, B.C.S. Coleta seletiva de papel, plástico, metal e vidro em Belo Horizonte. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 4, 19081-19094, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-176>
- NÓBREGA, C.C.; CARVALHO, M.; GARCIA, H.R.M.; FORÉS, V.I.; BOVEA, M.D. Avaliação do ciclo de vida da coleta seletiva de papel e papelão no núcleo do Bessa, município de João Pessoa (PB), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 5, p. 875-886, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019197802>
- OLIVEIRA, V.; SOUSA, V.; VAZ, J.M.; DIAS-FERREIRA, C. Model for the separate collection of packaging waste in Portuguese low-performing recycling regions. *Journal of Environmental Management*, v. 216, p. 13-24, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.065>
- PALERMO, G.C.; GOMES, A.P.P. *Tratamento e Gestão de Resíduos*. Rio de Janeiro: UVA, 2017.
- PASCHOALIN FILHO, J.A.; GHERMANDI, A.; DIAS, A.J.G.; LUZ, E.G.; CORTESE, T.T.P. Stakeholder views of source separation collection program in East São Paulo, Brazil. *Waste Management & Research*, v. 39, p. 93-100, 2021. <https://doi.org/10.1177/0734242x20972774>
- PEREIRA, T.S.; FERNANDINO, G. Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. *Ocean and Coastal Management*, v. 179, p. 104839, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104839>
- PIMENTEL, C.H.L. A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB - à luz das rotas tecnológicas de tratamento. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- PIMENTEL, C.H.L.; NÓBREGA, C.C.; JUCÁ, J.F.T.; PIMENTEL, U.H.O.; MARTINS, W.A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-126>
- PIRES, L.R.; SINGH, A.S.; VALADÃO JUNIOR, V.M. O programa de coleta seletiva da cidade de Uberlândia-MG: uma análise do seu desempenho e nível de sustentabilidade. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 4, n. 2, p. 250-278, 2019. <https://doi.org/10.29327/1530417-160751>
- ROMANO, G.; LOMBARDI, G.V.; RAPPOSELLI, A.; GASTALDI, M. The factors affecting Italian provinces' separate waste-collection rates: An empirical investigation. *Waste Management*, v. 139, p. 217-226, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.037>
- SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.17, n.2, p. 203-212, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522012000200010>
- SIDDIQI, A.; HARAGUCHI, M.; NARAYANAMURTI, V. Urban waste to energy recovery assessment simulations for developing countries. *World Development*, v. 131, p. 104949, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104949>
- SILVA, A.C.; JUCÁ, J.F.T.; ALMEIDA, K.M.V. Fluxos Comerciais de Materiais Secos Recicláveis e Reaproveitáveis das Capitais do Nordeste Brasileiro: estudo de caso da Capital Aracaju (Se). In: *Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27, 2017 Anais... Argentina, 2017.

- SILVA, C.O.; KONRAD, O.; CALLADO, N.H.; ARAÚJO, L.G.S.; HASAN, C. Resíduos sólidos urbanos de Maceió/AL: análise da composição gravimétrica sob influências sazonais. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n. 3, p. 426-439, 2020. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.003.0033>
- SIMAN, R.R.; GUNTHER, W.M.R.; BESEN, G.R.; YAMANE, L. Sustainability Indicators of Municipal Selective Collection and Waste-Pickers Organizations: case study. In: *Conferência Internacional Sobre Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos*, 7, 2019.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Resíduos Sólidos 2018*. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorical/>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Série Histórica 2019*. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorical/>. Acesso em: 05 nov. 2019.
- SOUSA, V.; FERREIRA, C.D.; BRAÑA, A.F. Benchmarking operational efficiency in waste collection: Discussion of current approaches and possible alternatives. *Waste Management & Research*, v. 37, p. 803-814, 2019. <https://doi.org/10.1177/0734242x19854119>
- SOUZA, Z.H.; MOURA, V.S.F.; MACHADO, B.L. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares dispostos no lixão do município de Mineiros - Goiás. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 31392- 31401, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-556>
- VEIGA, T.B. Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.
- VEIGA, T.B.; COUTINHO, S.S.; ANDRE, S.C.S.; MENDES, A.A.; TAKAYANAGUI, A.M.M. Building sustainability indicators in the health dimension for solid waste management. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 24, p. e2732, 2016. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.0635.2732>
- VILLALBA, L. Material Flow Analysis (MFA) and waste characterizations for formal and informal performance indicators in Tandil, Argentina: Decision-making implications. *Journal of Environmental Management*, v. 264, p. 110453, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110453>
- ZON, J.L.N. *Avaliação da sustentabilidade de programas municipais de coleta seletiva e organizações de catadores de materiais recicláveis do Espírito Santo*. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.
- ZON, J.L.N.; LEOPOLDINO, C.J.; YAMANE, L.H.; SIMAN, R.R. Waste pickers organizations and municipal selective waste collection: Sustainability indicators. *Waste Management*, v. 118, p. 219-231, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.023>