


Utilização do método Delphi para validar indicadores de sustentabilidade da coleta seletiva


Use of the Delphi method to validate sustainability indicators for selective collection

- **Data de entrada:**
18/03/2023
- **Data de aprovação:**
17/04/2023


Ana Cecília Novaes de Sá^{1*} | Claudia Coutinho Nóbrega¹ | Natanael Batista Pereira Alves² | DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.033>
Rayanne Maria Galdino Silva¹

ORCID ID

Sá ACN  <https://orcid.org/0000-0002-4939-8844>

Nóbrega CC  <https://orcid.org/0000-0003-3459-185X>

Alves NBP  <https://orcid.org/0000-0002-9345-5535>

Silva RMG  <https://orcid.org/0000-0001-8288-0934>

Resumo

O método Delphi tem sido utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão, permitindo que cenários sejam avaliados e melhorados por meio do consenso de especialistas sobre determinado tema. Na perspectiva dos indicadores, essa metodologia auxilia na redução de ambiguidades e na consolidação dessas ferramentas. Nesse sentido, este estudo propõe a identificação e validação de indicadores de sustentabilidade para avaliar programas de coleta seletiva. Para tanto, 32 indicadores foram analisados por meio da referida metodologia, com o intuito de reduzir incertezas e selecionar os indicadores mais relevantes para retratar esses sistemas. Foram adotadas duas rodadas do método, nas quais os especialistas avaliaram o grau de importância dos indicadores e as gradações estabelecidas. Além disso, foi possível sugerir inclusão, exclusão e aperfeiçoamento dos indicadores. Em suma, 26 especialistas participaram efetivamente das duas etapas, e, ao fim do processo, 25 indicadores permaneceram para integrar a matriz de indicadores, sendo sete políticos/institucionais; três econômicos; três sociais; cinco ambientais; dois da saúde e segurança do catador; e cinco da dimensão de desastres, epidemias e pandemias. Os resultados demonstraram que o método Delphi é um recurso eficiente no processo de validação de indicadores, sendo possível alcançar resultados satisfatórios e um elevado nível de consenso e estabilidade do ponto de vista dos especialistas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Gestão de resíduos. Coleta seletiva.

Abstract

The Delphi Method has been used as a tool to support decision-making, enabling the evaluation of scenarios and improved by the consensus of experts on the subject. From the point of view of indicators, this methodology helps to reduce ambiguities and consolidate these tools. Thus, this study proposes the identification and validation of sustainability indicators to evaluate selective collection programs. For this, 32 indicators were analyzed using this methodology to reduce uncertainties and select the most relevant indicators to describe these systems. Overall, two rounds of the method were adopted in which specialists evaluated the degree of importance of the indicators and the established gradations. Moreover, it was possible to suggest the inclusion, exclusion, and improvement of

¹ Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa – Paraíba – Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife – Pernambuco – Brasil

* **Autora correspondente:** ananovaes1@gmail.com

these indicators. In short, 26 specialists effectively participated in the two stages and, at the end of the process, 25 indicators remained to integrate the matrix of indicators, seven political/institutional, three economic, three social, five environmental, two on collectors' health and safety, and five on the dimension of disasters, epidemics, and pandemics. Results showed that the Delphi Method is an efficient resource in the indicator validation process, making it possible to achieve satisfactory results and a high level of consensus and stability from specialists' point of view.

Keywords: Solid waste. Waste management. Selective collect.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos têm sido objeto de preocupação por parte de órgãos públicos e ambientais, em razão da variedade e dos riscos que oferecem à saúde humana e ao meio ambiente. Com a constante geração de resíduos, uma grande parcela ainda não é adequadamente coletada, tratada e destinada, tornando necessária a utilização de ferramentas estratégicas que incorporem os requisitos de análise e monitoramento da gestão de resíduos (Cavicchia; Sarnacchiaro; Vichi, 2021).

Nessa perspectiva, a coleta seletiva (CS) constitui uma via de recuperação dos resíduos que promove qualidade e reciclagem para os materiais (Gadaleta *et al.*, 2022), bem como a redução de desvios dos materiais para aterros sanitários (Slavik; Dolejš; Rybová, 2021). No Brasil, a CS é uma das atividades caracterizadas como instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A Lei nº 12.305/2010 institui a responsabilidade dos municípios de adotar e implantar os programas de coleta seletiva em parceria com cooperativas/associações de catadores, como uma das alternativas para minimizar a problemática dos resíduos sólidos através da recuperação de recursos (Siman *et al.*, 2020).

No processo de acompanhamento do progresso de programas de coleta seletiva em termos ambientais, econômicos e sociais, são utilizados indicadores específicos (Pires *et al.*, 2019). Os indicadores são caracterizados como ferramentas de gestão, e sua aplicação fornece informações relevantes a respeito do sistema, facilitando o processo de tomada de decisão (Olay-Romero *et al.*, 2020) e monitora-

mento contínuo (Greene; Tonjes, 2014). Esses instrumentos são determinados pela PNRS como parte do conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), devendo ser incluídos no processo organizacional dos programas de coleta seletiva.

Para Santos *et al.* (2017), a definição e classificação dos indicadores devem ser fatores considerados na resolução de questões complexas relacionadas à gestão de resíduos sólidos. Olay-Romero *et al.* (2020) afirmam que, desde a última década do século XX, indicadores foram construídos para analisar sistemas de gestão.

A construção dos indicadores deve garantir que eles sejam capazes de representar o que está sendo estudado, bem como deve envolver dimensões da sustentabilidade. Por meio dessa ferramenta, é possível analisar e monitorar de maneira assídua os aspectos econômicos, ambientais, sociais, operacionais e técnicos da coleta seletiva (Deus; Bezerra; Battistelle, 2019); e, de posse destas informações, será possível identificar as melhores estratégias para o aperfeiçoamento do programa.

O método Delphi tem sido bastante utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão de prospectivos cenários. Esse método possibilita reconhecer as limitações de um sistema, bem como filtrar aspectos irrelevantes para o estudo (Buia *et al.*, 2020), auxiliando na redução de incertezas, contribuindo para a consolidação do objeto de estudo e fortalecendo a precisão e qualidade dos resultados obtidos.

As principais características do método são: a coleta de dados e informações; o anonimato dos respondentes, visando à não ocorrência de interferência e persuasão de opiniões sobre o elemento analisado; as interações/repetições que ocorrem por meio de rodadas, até que seja alcançada a estabilidade das respostas; o *feedback* controlado da opinião dos especialistas; e a estatística das respostas, representada pela média, mediana e frequência (Rowe; Wright, 2001; Gracht, 2012; McLachlan; Bungay, 2021).

Esse processo é conduzido com um conjunto de profissionais que possuem conhecimento e experiência na área de estudo. Ahmad e Wong (2019) definem o especialista, no método Delphi, como um indivíduo que possui fundamentos e competências na área de estudo, com nível de educação superior ou ocupante de cargo em uma organização profissional. A função desses especialistas é de avaliar e julgar questões complexas, por meio de pesquisas ou questionários (Billings *et al.*, 2020), até que se atinja o consenso desejado (Marques; Freitas, 2018).

Em relação às iterações, a quantidade é bastante relativa, podendo ocorrer de duas a quatro rodadas, a depender do nível de consenso atingido. Fachine e Moraes (2014) realizaram duas rodadas, Billings *et al.* (2020) estabeleceram três. Por tal razão, Quirke *et al.* (2021) afirmam que o método apresenta um procedimento para formação do consenso que busca atingir resultados padronizados. Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo validar indicadores de sustentabilidade da coleta seletiva utilizando o método Delphi.

2 METODOLOGIA

Os indicadores foram selecionados na etapa de revisão bibliográfica, por meio de critérios de exclusão e inclusão. Os critérios de inclusão foram: clareza; facilidade dos indicadores em mensurá-los; e escala cronológica, sendo escolhidos aqueles publicados em pesquisas científicas, órgãos fede-

rais, estaduais ou municipais a partir de 2010, ano em que foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Em contrapartida, os parâmetros de exclusão consideraram pesquisas publicadas em anos anteriores a 2010; indicadores que não apresentavam mensuração compreensível; e que não se enquadravam em dimensões de sustentabilidade.

Os indicadores apresentados neste estudo foram extraídos de pesquisas realizadas por Santiago e Dias (2012), Campani, Wartchow e Ramos (2013), Alvarenga (2014), Fachine e Moraes (2014), Veiga (2014), Lopes (2016), Besen *et al.* (2017), Silveira (2018) e outros.

Foram identificados 81 indicadores. Em virtude da ampla quantidade encontrada, bem como da semelhança nas nomenclaturas e fórmulas de cálculo, foi realizada a triagem, o que resultou em 28 indicadores selecionados, além da construção de quatro. Essas ferramentas foram, então, agrupadas em dimensões da sustentabilidade: (i) política/institucional; (ii) econômica; (iii) ambiental; (iv) social. Além disso, houve a inclusão das dimensões “saúde e segurança do catador” e “desastres, epidemias e pandemias”.

O método Delphi foi utilizado com o intuito de atingir o consenso sobre os indicadores mais relevantes da coleta seletiva. Duas rodadas foram estabelecidas. Na primeira, foi enviada carta convite para os especialistas, via e-mail, com instruções de preenchimento e *link* do instrumento que direcionava os participantes para a pesquisa. A plataforma online Google Forms foi utilizada nesta investigação, por se tratar de uma ferramenta capaz de gerar relatórios de fácil interpretação para análise estatística.

Os especialistas foram instados a classificar a relevância dos indicadores para o estudo e a concordância com as gradações. O grau de relevância foi julgado por meio da escala Likert de cinco pontos, distribuída da seguinte forma: 1 (irrelevante); 2 (baixa relevância); 3 (desejável); 4 (relevante); e 5 (muito relevante). Por seu turno, o nível de aceitação das gradações

definidas para as tendências à sustentabilidade foi analisado por meio das alternativas: concordo (C); concordo parcialmente (CP); ou discordo (D).

Além disso, um espaço foi destinado para observações e sugestões. Após o retorno do instrumento respondido, foi conduzida a análise qualitativa e quantitativa das respostas. A análise qualitativa consistiu em reunir as contribuições textuais, por meio da transcrição dos comentários para planilhas do Microsoft Excel; para a análise quantitativa, foi realizada a estatística descritiva, na qual foi calculada média, mediana e frequência das respostas, com emprego do *Software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

O ponto de corte foi baseado no nível de consenso (NC) $\geq 75\%$; portanto, o somatório das notas 4 (relevante) e 5 (muito relevante) deveriam ser iguais ou superior ao NC. Os indicadores que não atingiram o NC foram excluídos. Em relação à concordância com as tendências à sustentabilidade, não foi estabelecido nível de consenso, pois o intuito da referida análise foi de identificar as faixas de gradação mais adequadas para os indicadores. Assim, a investigação de tal parâmetro foi baseada em resultados qualitativos.

A primeira rodada permitiu a identificação de possíveis erros de digitação ou valores, bem como a alteração, exclusão e inclusão de novos indicadores, vislumbrando a melhoria das ferramentas para análise. O instrumento da segunda rodada foi enviado tão somente para os especialistas que participaram efetivamente da primeira, sendo certo que sua elaboração foi feita com base nos resultados obtidos anteriormente. Dessa forma, os respondentes foram abordados com um novo e-mail que incluía o *feedback* da primeira rodada e o link com o novo instrumento. Na ocasião, os especialistas tiveram a oportunidade de avaliar os resultados alcançados na primeira rodada, compará-los com suas opiniões e refletir sobre a

possibilidade de alterar as notas atribuídas com base nas médias e medianas.

Após o recebimento dos documentos respondidos, foram realizados todos os procedimentos citados na primeira etapa (análise qualitativa e quantitativa). Em seguida, foram realizadas as modificações sugeridas, e os indicadores validados foram transferidos para um quadro final.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil dos Especialistas

Para integrar a etapa Delphi, um grupo de profissionais foi selecionado. O critério de escolha foi fundamentado na sua experiência acadêmica e/ou profissional com a temática abordada, sendo incluídos profissionais autônomos, pesquisadores e acadêmicos vinculados a associações, órgãos, instituições públicas e privadas.

Foram identificados e convidados para integrar o grupo de colaboradores 55 indivíduos. Desse total, 35 aceitaram participar da pesquisa, respondendo o termo de aceite e contribuindo com a primeira rodada do método Delphi. O Quadro 1 mostra o perfil dos participantes de acordo com gênero, faixa etária, formação e nível de escolaridade.

Quadro 1 – Caracterização dos especialistas participantes da rodada Delphi.

Gênero	Feminino	71%
	Masculino	29%
Faixa etária	25-35 anos	52%
	36-45 anos	24%
	46-55 anos	16%
	> 56 anos	8%
Formação	Engenharia Civil	49%
	Engenharia Ambiental	39%
	Engenharia Agrônômica	6%
	Engenharia Sanitária	3%
	Gestão Ambiental	3%
Nível de Escolaridade	Graduação	9%
	Especialização	11%
	Mestrado	37%
	Doutorado	43%

3.2 Rodadas do Método Delphi

A primeira rodada foi enviada para 55 especialistas, havendo uma taxa de retorno de 63,6%, totalizando 35 respostas. Essa etapa ocorreu entre os meses de abril e junho de 2020, tendo sido o prazo de envio dilatado duas vezes. A segunda rodada aconteceu entre setembro e novembro de 2020, com o envio de 35 instrumentos, dos quais 26 foram devolvidos, representando um retorno de 74,3% (Tabela 1). A ampliação de prazos é recorrente em estudos que aplicam esse método, pois se trata de um processo lento e que envolve diversos fatores como a dimensão da análise, o tipo e a acessibilidade aos especialistas (Schmalz; Spinler; Ringbeck, 2021).

Tabela 1 – Questionários enviados e devolvidos nas rodadas do método Delphi.

Rodada	Participantes		
	Enviado	Retorno	Taxa de retorno
1ª rodada	55	35	63,6%
2ª rodada	35	26	74,3%

Trinta e dois indicadores seguiram para análise da relevância e concordância com as gradações atribuídas às tendências da sustentabilidade. O primeiro momento resultou em 125 observações, abarcando sugestões de alteração, exclusão e inclusão de novos indicadores e suas respectivas tendências. Todas as recomendações foram analisadas, de maneira criteriosa, e sintetizadas preservando a ideia principal, sendo acatadas quando consideradas pertinentes.

Foi constatado que, dos 32 indicadores sugeridos, 30 atingiram o consenso desejado. Outras pesquisas adotaram a metodologia como um complemento para seleção de indicadores, e obtiveram níveis de consenso desejáveis (Abreu; Mesias, 2020; Shukor; Ng, 2022, Cobben; Ooms; Roijakkers, 2023). Entretanto, apesar da elevada aceitação, a maioria dos indicadores foram submetidos a modificações, conforme sugestões dos especialistas. No Quadro 2, podem ser observados os resultados referentes à primeira e segunda rodada do método Delphi.

Quadro 2 – Resultado da primeira e segunda rodada do método Delphi.

Indicador	1ª Rodada		2ª Rodada		
	Σ 4 e 5 (%)	Situação	Σ 4 e 5 (%)	Situação	
Dimensão Política/Institucional	I 01 – Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta seletiva	97,1	AR	100	SA
	I 02 – Existência de parcerias	94,3	AR	96,1	SA
	I 03 – Autofinanciamento	91,4	E	-	Excluído
	I 04 – Cobertura do serviço	100	AR	100	SA
	I 05 – Adesão da população	100	AR	100	AR
	I 06 – Programas de educação e divulgação	100	AR	100	AR
	I 07 – Catadores associados capacitados	97,1	AR	100	SA
	I 08 – Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre coleta seletiva para a população	97,1	E	-	E
Dimensão Econômica	I 09 – Custo do programa de coleta seletiva em relação à massa coletada seletivamente	94,3	AR	96,1	SA
	I 10 – Percentual de materiais recicláveis comercializados	94,3	AR	100	SA
	I 11 – Percentual do custo do programa de coleta seletiva em relação ao custo com manejo de resíduos	91,4	E	-	E
	I 12 – Percentual do orçamento municipal destinado aos serviços de coleta seletiva	80	SA	100	SA
	I 13 – Custo da coleta seletiva em relação aos custos com a gestão de resíduos	82,9	AR	100	E

continua...

Quadro 2 – Continuação...

	Indicador	1ª Rodada		2ª Rodada	
		Σ 4 e 5 (%)	Situação	Σ 4 e 5 (%)	Situação
Dimensão Social	I 14 – Renda média mensal dos catadores associados nos núcleos de coleta seletiva	100	AR	100	SA
	I 15 – Catadores associados que atuam nos núcleos de coleta seletiva	91,4	AR	100	SA
	I 16 – Inclusão de catadores não associados	74,3	E	-	E
	I 17 – Rotatividade de catadores	71,4	E	-	E
	I 18 – Condições de trabalho	I 19 incorporado ao I 18 SA		100	SA
	I 19 – Uso de EPIs				
Dimensão Ambiental	I 20 – Massa per capita coletada seletivamente	97,1	SA	100	SA
	I 21 – Taxa de material recolhido pela coleta seletiva em relação à quantidade total coletada de resíduo sólido urbano (RSU)	94,3	AR	100	SA
	I 22 – Taxa de rejeitos	88,6	SA	100	SA
	I 23 – Taxa de recuperação de recicláveis	97,1	SA	100	SA
	I 24 – Satisfação da população atendida em relação à coleta seletiva (periodicidade/frequência/horário)	88,6	E	-	E
Dimensão Saúde	I 25 – Catadores com vacinação em dia e exames periódicos de saúde	97,1	SA	96,2	SA
	I 26 – Seguro de acidentes ocasionados no local de trabalho	88,6	E	-	E
	I 27 – Catadores associados afastados por acidentes ou lesões ocasionados pelo manejo de resíduos, ou por doenças em geral	94,3	SA	100	E
	I 28 – Tipos de riscos existentes para os catadores nas associações	85,7	AR	88,4	SA
Dimensão Covid-19	I 29 – Treinamentos e capacitações em períodos de pandemia	97,1	AR	96,1	SA
	I 30 – Remuneração dos catadores	97,1	SA	100	SA
	I 31 – Campanhas de divulgação para orientar a população acerca do manejo dos resíduos sólidos durante períodos de desastres/epidemias/pandemias	94,3	SA	95,9	SA
	I 32 – Percentual de catadores afastados por Covid-19	94,3	AR	96,1	SA
Novos indicadores	I 33 – Realização de capacitações com os catadores associados	Incluído		100	SA
	I 34 – Existência de Taxa de Coleta de Resíduos (TCR) e percentual concedido para coleta seletiva	Incluído		96,2	SA
	I 35 – Percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas	Incluído		100	SA
	I 36 – Readequação do local de trabalho e fornecimento de materiais de prevenção em situações de desastres/epidemias/pandemias	Incluído		100	AR

Legenda: SA: Sem Alterações; AR: Aceito com Ressalvas; E: Excluído.

Alcançaram 100% de consenso entre os especialistas os indicadores I 04 – Cobertura do serviço; I 05 – Adesão da população; I 06 – Programas de educação e divulgação; e I 14 – Renda média mensal dos catadores associados nos núcleos de coleta seletiva. Em contrapartida, os indicadores Inclusão de catadores não associados (I 16) e Rotatividade

de catadores (I 17) apresentaram as menores taxas de concordância, 74,3% e 71,4%, respectivamente, percentuais inferiores ao NC estabelecido ($\geq 75\%$). Por esse motivo, tais indicadores foram eliminados e não seguiram para a segunda rodada. A falta de consenso pode ter sido motivada pela dificuldade em calcular e acompanhar essas ferramentas,

pois os especialistas alegaram que a rotatividade de catadores (I 17) “pode ser justificada por várias razões como condições precárias de trabalho ou salários abaixo do esperado, deste modo, a sustentabilidade dos demais indicadores pode garantir a redução dessa instabilidade”.

Além da exclusão dos dois indicadores supracitados, mais cinco foram eliminados em função da dificuldade em mensurá-los e da inviabilidade de reformulá-los. Os indicadores suprimidos foram: I 03 Autofinanciamento; I 08 – Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre coleta seletiva para a população; I 11 – Percentual do custo do programa de coleta seletiva em relação ao custo com manejo de resíduos; I 16 – Inclusão de catadores não associados; I 17 – Rotatividade de catadores; I 24 – Satisfação da população atendida em relação à coleta seletiva (periodicidade/frequência/horário); I 26 – Seguro de acidentes ocasionados no local de trabalho.

O indicador com maior número de objeções foi o I 03 – Autofinanciamento, uma vez que os especialistas relataram a dificuldade em mensurar esta ferramenta. A existência de parcerias (I 02) foi considerada importante, entretanto foi bastante questionada em relação às tendências à sustentabilidade. Para os contribuintes, as gradações poderiam abranger valores menores, em razão da dificuldade em formalizar parcerias.

A análise dos catadores formais que atuam na coleta seletiva (I 15) foi considerada desafiadora, apontando-se a dificuldade em reconhecer a categoria e a necessidade da realização de pesquisas censitárias para coleta de dados atualizados a respeito da quantidade de catadores que atuam de maneira informal. Apesar da complexidade do cálculo, optou-se pela sua permanência na segunda rodada.

A princípio, os indicadores Condições de trabalho (I 18) e Uso de equipamento de proteção individual (EPIs) (I 19) eram desmembrados. Após sugestões,

optou-se pela incorporação do I 19 ao I 18, entendendo o primeiro como uma das condições de trabalho desejáveis. Assim, os resultados obtidos pelos indicadores segregados foram desconsiderados e seguiram para análise na segunda rodada.

Quatro indicadores foram inseridos e seguiram para validação na segunda rodada do método Delphi. Foram eles: I 33 – Realização de capacitações com os catadores associados (dimensão política/institucional); I 34 – Existência de Taxa de Coleta de Resíduos (TCR) e percentual concedido para coleta seletiva (dimensão econômica); I 35 – Percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas (dimensão ambiental); e I 36 – Readequação do local de trabalho e fornecimento de materiais de prevenção em situações de desastres/epidemias/pandemias (dimensão Covid-19)

No que diz respeito à concordância com a Tendência à Sustentabilidade – TS, infere-se que todas as gradações alcançaram aprovação igual ou superior a 60%. Os indicadores com menores concordâncias foram: I 05 – Adesão da população, com 60%; I 13 – Custo da coleta seletiva em relação aos custos com a gestão de resíduos, com 62,9%; e I 03 – Autofinanciamento, com 68,6%. Apesar da taxa de aceitação satisfatória, houve ressalvas, principalmente para a atualização de valores e ampliação de gradações para abarcar faixas menores de concordância.

Os valores de discordância oscilaram entre 2,9% e 11,4%, sendo que os indicadores com maiores percentuais de divergência foram: I 26 – Seguro de acidentes ocasionados no local de trabalho (11,4%); e I 27 – Catadores associados afastados por acidentes ou lesões ocasionadas pelo manejo de resíduos, ou por doenças em geral (8,6%). O parâmetro de concordância foi adotado com o intuito de analisar a anuência dos especialistas em relação às escalas propostas, e se elas são adequadas e viáveis para o indicador.

Como produto da primeira rodada, 7 indicadores foram excluídos, 4 incluídos e 25 mantidos. Dos vinte e cinco, 18 foram retificados e 7 se mantiveram inalterados. Foram feitas alterações nas denominações, fórmulas de cálculo e gradações das tendências à sustentabilidade. Além disso, alterações nas nomenclaturas das dimensões “Saúde” e “Covid-19” foram realizadas com o intuito de torná-las mais abrangentes. Dessa forma, a dimensão saúde foi renomeada para dimensão “Saúde e segurança do catador”, e a dimensão “Covid-19” para dimensão “Desastres, epidemias e pandemias”.

Na segunda rodada, 28 indicadores foram analisados. Com o retorno das respostas, foram contabilizadas 46 sugestões: 15 para os indicadores da dimensão política/institucional; 9 para a dimensão econômica; 5 para a dimensão social; 6 para a dimensão ambiental; 8 para a dimensão saúde e segurança do catador; e 3 para a dimensão desastres, epidemias e pandemias.

Todos os indicadores alcançaram bons resultados, sendo aprovados com nível de consenso superior a 75%. A aceitação variou entre 88,4% e 100%, com destaque para os indicadores das dimensões Social e Ambiental, que atingiram unanimidade dos especialistas. No geral, houve convergência das opiniões, quando comparado à primeira rodada, tornando-se um indicativo de que as modificações realizadas foram acatadas.

Os indicadores com 100% de consenso desta rodada foram o I 01, I 04, I 05, I 06, I 07, I 33 (dimensão política/institucional); I 10, I 12, I 13 (dimensão econômica); I 14, I 15, I 18 (dimensão social); I 20, I 21, I 22, I 23, I 35 (dimensão ambiental); I 27 (dimensão saúde e segurança do catador); e I 30 e I 36 (dimensão desastres, epidemias e pandemias).

O menor consenso foi observado para o I 28 – Tipos de riscos existentes para os catadores nas associações, que foi de 88,4%. Os especialistas julgaram o indicador como subjetivo e de difícil mensuração, em face da diversidade de riscos

presentes no ambiente de trabalho. Embora contestado, optou-se pela sua permanência, levando em consideração que as informações fornecidas por essa ferramenta poderão contribuir, em um primeiro momento, para avaliação do cenário atual.

O I 15 (Catadores associados que atuam nos núcleos de coleta seletiva) foi bem avaliado, atingindo concordância de 100%. Entretanto, apesar da importância inegável, os especialistas alertaram quanto a medição e acompanhamento deste indicador, declarando-o complexo em virtude da escassez de dados sobre o quantitativo de catadores de recicláveis informais e sobre a instabilidade no número de catadores associados.

Em relação às tendências à sustentabilidade, os dados apontaram para resultados satisfatórios na rodada, eis que todas as tendências alcançaram concordância superior a 75%. A menor concordância encontrada foi para o I 04 – Cobertura do serviço, com 76,9%. No tocante à discordância das tendências, foi constatado que os valores variaram de 3,8% a 7,7%, tendo apenas 5 indicadores apresentado tal discordância: I 34 – Existência TCR e percentual concedido para a coleta seletiva (3,8%); I 15 – Catadores associados que atuam nos núcleos de coleta seletiva (7,7%); I 21 – Taxa de material recolhido seletivamente em relação à quantidade total coletada de resíduo sólido urbano (RSU) (3,8%); I 23 – Taxa de recuperação de recicláveis (3,8%); e I 28 – Tipos de riscos existentes para os catadores nas associações (7,7%).

Os indicadores I 13 (Custo da coleta seletiva em relação aos custos com a gestão de resíduos) e I 27 (Catadores associados afastados por acidentes ou lesões ocasionadas pelo manejo de resíduos, ou por doenças em geral) foram excluídos em virtude da ausência de dados para mensurá-los. Quanto aos indicadores incluídos, três (I 33, I 35, I 36) atingiram consenso de 100%, apenas o I 34 (Existência da TCR e percentual concedido para a coleta seletiva) atingiu 96,2%. O indicador I 36 (Readequação do

local de trabalho e fornecimento de materiais de prevenção em situações de desastres/epidemias/pandemias) foi o único dos indicadores inseridos que recebeu contribuições de ajustes das escalas, sendo todas acatadas.

Detectada a necessidade de adaptar alguns indicadores para a versão final, foram ajustados cinco deles (Quadro 3). As alterações preconizadas na

segunda rodada são, em tese, alusivas às faixas de gradações. O indicador Adesão da população (I 05) considerava, na forma de mensuração, o número de “residências” que participam do programa, termo que se refere a casas, condomínios e edifícios que participam da coleta seletiva. Com o intuito de tornar a forma de mensuração mais clara, optou-se por especificar o tipo de residência.

Quadro 3 – Alterações realizadas após a segunda rodada do método Delphi.

Indicador	Alteração	2ª rodada	Modificações para Matriz Final
I 05 – Adesão da população	Mensuração	Nº de residências que participam do programa * 100 / Nº de residências atendidas pelo programa	Nº de casas, edifícios e condomínios que participam do programa * 100 / Nº de residências atendidas pelo programa
I 06 – Programas de educação e divulgação	Gradação	MF: Existe e abrange todos os públicos (propagandas de TV)	MF: Existe e abrange todos os públicos (propagandas de TV e rádio)
I 25 – Catadores com vacinação em dia e exames periódicos de saúde	Gradação	MF: > 80% F: 50 a 80% D: < 50%	MF: 90% F: 70 a 90% D: < 70%
I 30 – Remuneração dos catadores	Nomenclatura	Remuneração dos catadores	Auxílio dos catadores
I 36 – Readequação do local de trabalho e fornecimento de materiais de prevenção em situações de desastres/epidemias/pandemias	Gradação	MF: > 80% F: 50 a 80% D: < 50%	MF: > 90% F: 50 a 90% D: < 50%

Legenda: MF: Muito Favorável; F: Favorável; D: Desfavorável.

Com relação às tendências à sustentabilidade do indicador I 06 (Programas de educação e divulgação), os especialistas propuseram a incorporação de programas de rádio na tendência muito favorável (MF), com propósito de incluir este público na abrangência dos programas, sendo a sugestão considerada adequada. Em relação ao I 25, foi recomendado o aumento das gradações das tendências, haja vista a importância de gradações elevadas para estimular os cuidados que devem ser adotados pelos catadores. Sugestões semelhantes foram identificadas para o I 29.

O termo “remuneração” dos catadores (I 30) foi substituído para “auxílio”, dado que remuneração se refere aos benefícios extrassalariais, mas os catadores associados às cooperativas e associações não possuem salário fixo e carteira assinada.

3.3 Indicadores Finais

A aplicação do Delphi demonstrou a importância das metodologias participativas no desenvolvimento da percepção sobre os indicadores relevantes para medir e monitorar programas de coleta seletiva, através da captação de variáveis importantes para o tema. Com base na visão e nas informações fornecidas pelos especialistas nas duas rodadas, 25 indicadores de sustentabilidade foram validados para avaliar esses sistemas. Abreu e Mesias (2020) utilizaram o método para identificar os indicadores adequados para avaliar o desenvolvimento rural. Para os autores, a abordagem permitiu a priorização dos indicadores e dimensões importantes, bem como a adaptação das ferramentas através dos diferentes pontos de vista.

Os indicadores selecionados estão estruturados em 6 dimensões, 25 formas de mensuração e 75 tendências à sustentabilidade. O arranjo dos indicadores por dimensão encontra-se da seguinte

forma: sete indicadores políticos/institucionais; 3 econômicos; 3 sociais; 5 ambientais; 2 da saúde e segurança; e 5 relacionados a desastres, epidemias e pandemias (Quadro 4).

Quadro 4 – Indicadores de sustentabilidade da coleta seletiva.

DIMENSÃO POLÍTICA/INSTITUCIONAL			
Indicador	Forma de mensuração	Dimensão à 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	Quantidade 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 (%)	Nº da população atendida pelo programa * 100 / Nº da população urbana do município	MF: $> 90\%$	Besen (2011), SNIS (2018)
		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 atendidas pelo programa	MF: $> 85\%$	Besen <i>et al.</i> (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: Existem e abrangem todos os públicos (propagandas de TV e rádio)	Besen (2011)
		F: Existem, mas abrangem parte do público (redes sociais, atuação em escolas, empresas)	
		D: Não existem programas de educação e divulgação	
I 06 – Realização de capacitações	Periodicidade das capacitações para os catadores associados	MF: Semestral	Veiga <i>et al.</i> (2014)
		F: Há treinamentos sem frequência definida	
		D: Não existem capacitações	
I 07 – Catadores associados capacitados	Nº de catadores associados capacitados * 100 / Nº total de catadores associados	MF: $> 85\%$	Besen (2011)
		F: 50 a 85%	
		D: $< 50\%$	
DIMENSÃO ECONÔMICA			
I 08 – Custo da coleta seletiva em relação à massa coletada seletivamente (R\$/t)	Custo total com coleta seletiva / Qntd coletada seletivamente	MF: $< R\$ 250,00$	Besen (2011), Bringhenti, Zandonade e Günther (2011)
		F: R\$ 250,00 a R\$ 350,00	
		D: $> R\$ 350,00$	

continua...

Quadro 4 – Continuação...

DIMENSÃO ECONÔMICA			
I 09 – Percentual do orçamento municipal destinado aos serviços de coleta seletiva (%)	Orçamento para coleta seletiva * 100 / Total do orçamento municipal	MF: > 6% F: 3 a 6% D: < 3%	Santiago e Dias (2012)
I 10 – Existência da Taxa de Coleta de Resíduos (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 F: Existe, mas não há repasse financeiro para a coleta seletiva D: Não há taxa de coleta de resíduos	Elaborado pelos autores
DIMENSÃO SOCIAL			
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 F: 1 a 2 salários mínimos D: < 1 salário mínimo	Besen (2011), Veiga (2014)
I 12 – Catadores associados que atuam nos núcleos de coleta seletiva (%)	Qntd de catadores associados nos núcleos * 100 / Qntd de catadores que atuam na coleta seletiva	MF: > 80% F: 50 a 80% D: < 50%	Elaborado pelos autores
I 13 – Condições de trabalho (%) ¹	Nº de requisitos atendidos * 100 / Nº de requisitos desejáveis	MF: > 90% F: 60 a 90% D: < 60%	Besen (2011), SNIS (2018)
DIMENSÃO AMBIENTAL			
I 14 – Massa per capita coletada seletivamente (kg/hab.ano)	Qntd de recicláveis coletados via coleta seletiva no ano / População urbana	MF: > 14 kg/hab.ano F: 7 a 14 kg/hab.ano D: < 7 kg/hab.ano	Fechine e Moraes (2014), Veiga (2014)
I 15 – Taxa de material recolhido pela coleta seletiva em relação à quantidade total coletada de resíduos sólidos urbanos (RSU) (%)	Massa coletada seletivamente * 100 / Qntd total de RSU coletado	MF: > 20% F: 10 a 20% D: < 10%	Veiga (2014)
I 16 – Taxa de rejeitos (%)	(Qntd coletada seletivamente - Qntd comercializada) * 100 / Qntd coletada seletivamente	MF: < 10% F: 10 a 20% D: > 20%	Besen (2011), Santiago e Dias (2012), SNIS (2018)
I 17 – Taxa de recuperação de recicláveis	Qntd coletada seletivamente * 100 / Massa de resíduos potencialmente recicláveis	MF: > 25% F: 15 a 25% D: < 15%	Santiago e Dias (2012), Fechine e Moraes (2014)
I 18 – Percentual de recicláveis vendidos diretamente para indústrias e/ou empresas (%)	Qntd de recicláveis vendidos às indústrias e/ou empresas (t) * 100 / Qntd comercializado (t)	MF: > 80% F: 50 a 80% D: < 50%	Elaborado pelos autores

continua...

¹ Condições 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 EPIs.

Quadro 4 – Continuação...

DIMENSÃO SAÚDE E SEGURANÇA DO CATADOR			
I 19 – Catadores com vacinação em dia e exames periódicos de saúde (%)	Qntd de catadores vacinados e com exames periódicos * 100 / Qntd total de catadores	MF: > 90% F: 70 a 90% D: < 70%	Adaptado de Veiga <i>et al.</i> (2016)
I 20 – Tipos de riscos existentes para os catadores nas associações (%) ²	Nº de riscos a que os catadores estão expostos (por classe) * 100 / Nº total de riscos	MF: < 10% F: 10 a 20% D: > 20%	Veiga <i>et al.</i> (2016)
DIMENSÃO DESASTRES, EPIDEMIAS E PANDEMIAS			
I 21 – Treinamentos e capacitações em períodos de desastres/epidemias/pandemias	Existência de capacitações reforçando a importância da higienização contínua, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), manuseio dos resíduos.	MF: Capacitação contínua de catadores nas cooperativas F: Capacitação esporádica D: Não existência de ações de capacitação	Elaborado pelos autores
I 22 – Auxílio dos catadores	Existência de auxílio temporário durante períodos de desastres/epidemias/pandemias	MF: Auxílio financiado pela prefeitura, órgão público ou empresa privada + Auxílio Emergencial do Governo Federal F: Apenas auxílio emergencial ofertado pelo Governo Federal D: Não recebimento de qualquer auxílio social	Elaborado pelos autores
I 23 – Campanhas de divulgação para orientar a população acerca do manejo dos resíduos sólidos durante períodos de desastres/epidemias/pandemias	Existência dos programas (via televisão, rádio, outdoor, redes sociais) e frequência das campanhas de divulgação	MF: Existem, com frequência igual ou superior a 3 dias por semana F: Existem, com frequência igual ou inferior a 2 dias por semana D: Não existem campanhas	Elaborado pelos autores
I 24 – Percentual de catadores afastados por Covid-19	Nº de catadores afastados por Covid-19 * 100 / Nº total de catadores associados	MF: < 10% F: 10 a 20% D: > 20%	Elaborado pelos autores
I 25 – Readequação do local de trabalho e fornecimento de materiais de prevenção em situações de desastres/epidemias/pandemias ³	Nº de situação atendidas * 100 / Nº de situações desejáveis	MF: > 90% F: 50 a 90% D: < 50%	Elaborado pelos autores

Legenda: MF: Muito Favorável; F: Favorável; D: Desfavorável; Qntd: Quantidade.

² **Riscos de acidentes:** uso de máquinas e equipamentos sem proteção e manutenção, possibilidade de incêndio e explosão, armazenamento inadequado, má iluminação, problemas com eletricidade, ferramentas improvisadas; **Riscos ergonômicos:** esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, ritmos excessivos, trabalho diurno e noturno, jornada de trabalho prolongada, monotonia e repetitividade; **Riscos físicos:** lesões auditivas provocadas por ruídos, vibrações, frio, calor, umidade, pressão, radiação; **Riscos químicos:** poeiras, gases, vapores, substâncias compostas e produtos químicos; **Riscos biológicos:** contaminação por vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas, bacilos.

³ Situações desejáveis relacionadas ao ajuste do local de trabalho em situações de desastres/epidemias/pandemias: Fornecimento constante de máscaras, distribuição de luvas, disponibilidade de álcool em gel em pontos estratégicos, instalação de pias por todo galpão, suprimento de produtos para desinfecção e higienização do local, escalas alternadas de turnos de trabalho, distância mínima de 1,5 m entre catadores nas associações, fiscalizações.

A ampla difusão do tema possibilitou a identificação de um número considerável de indicadores consolidados pela literatura e pelas bases de dados oficiais. No entanto, muitos indicadores não apresentavam fórmulas de cálculo objetivas ou descritores bem estabelecidos, o que motivou a complementação dessas ferramentas com utilização da metodologia. Dessa forma, essa proposta estimula a adoção de instrumentos aplicáveis à realidade local, mostrando-se um importante recurso de transparência entre governo e população.

Percebe-se, inicialmente, que grande parte dos indicadores focam nos aspectos político/institucionais (7) e ambientais (5). A dimensão política/institucional busca investigar os instrumentos legais municipais e institucionais relacionados à coleta seletiva, e considera indicadores como autofinanciamento do programa, parcerias existentes, cobertura do serviço. Em contrapartida, os indicadores da dimensão ambiental buscam avaliar o quantitativo coletado seletivamente, volume comercializado, taxa de rejeitos. Todos os indicadores desta dimensão almejam a preservação dos recursos naturais e meio ambiente, e refletem as multifaces que envolvem a problemática.

Deus, Bezerra e Battistelle (2019), por meio de revisão bibliométrica, identificaram os indicadores gerais mais utilizados na avaliação do desempenho da gestão de RSU e concluíram que a dimensão ambiental é tratada com maior relevância pela literatura, seguida das dimensões econômica e social.

Dentre os 25 indicadores sugeridos, destacam-se dois bastante difundidos na literatura: a massa per capita coletada seletivamente (I 14) e a taxa de recuperação de recicláveis (I 17). O indicador massa per capita coletada seletivamente reúne informações sobre o quantitativo de materiais recicláveis capturados via coleta seletiva. Tal indicador é amplamente adotado pela literatura (Fechine; Moraes, 2014; Silva; Prietto; Korf, 2019; Veiga, 2014)

e pelas bases oficiais como o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS).

O SNIS apontou uma média brasileira per capita de massa coletada seletivamente de 15,3 kg/hab./ano em qualquer modalidade de coleta seletiva no ano de 2020, com destaque para as regiões Sul (38,6 kg/hab./ano) e Centro-Oeste (13,4 kg/hab./ano) (SNIS, 2021). Fechine e Moraes (2014) aplicaram o referido indicador para a cidade de Salvador (BA) e obtiveram o valor de 1,40 kg/hab./ano, constando a baixa sustentabilidade do indicador para o município. Essa ferramenta é um excelente indicador da eficiência da coleta seletiva, apontando para a necessidade de investimentos em infraestrutura e educação ambiental para a melhora do sistema (Silva; Jucá; Almeida, 2017).

Jucá, Barbosa e Sobral (2020) constataram que, nos municípios que possuíam coleta seletiva na região metropolitana de Recife (PE), apenas 1% dos resíduos coletados eram reciclados e, desses, apenas 29% eram recuperados. Os autores enfatizam a importância de ações integradas que busquem a eficiência desses sistemas, tais como expansão da cobertura da coleta seletiva, educação ambiental e valorização do mercado de reciclagem.

A taxa de recuperação de recicláveis (I 17) é outro importante indicador da coleta seletiva, pois é capaz de sinalizar a efetividade da reciclagem por meio da análise da porcentagem de resíduos reciclados em relação ao total coletado seletivamente. Silva, Prietto e Korf (2019) avaliaram o referido indicador em três municípios localizados no Rio Grande do Sul e constataram que ambos apresentaram valores abaixo da média global da taxa de reciclagem, que foi de 5% em 2016. De acordo com os autores, as baixas taxas são reflexo da falta de investimentos na coleta seletiva.

A valorização da reciclagem fortalece a economia através da redução de despesas com coleta, transporte e destinação final; melhora o sistema de gestão de resíduos sólidos; diminui os impactos

ambientais decorrentes da extração de matéria-prima virgem e descarte inadequado de materiais; resgata a cidadania; e gera renda. Por tais motivos, é essencial que sejam desenvolvidas estratégias para que a população participe efetivamente da coleta e para que os catadores desempenhem as atividades visando à maximização da recuperação dos resíduos.

4 CONCLUSÃO

Os resultados do estudo demonstraram que o método Delphi é uma ferramenta eficiente no processo de validação e refinamento de indicadores, uma vez que utiliza a visão multidisciplinar dos especialistas para a redução de erros e ambiguidades.

Os indicadores mostraram-se satisfatórios, pois apresentaram um elevado nível de aceitação. Eles contemplam diversas dimensões e são capazes de fornecer informações a respeito da sustentabilidade das atividades em termos econômicos, ambientais, sociais e operacionais. Com a aplicação dos indicadores propostos, será possível detectar problemas relacionados a gestão, planejamento e gerenciamento dos resíduos, o que contribuirá para o monitoramento, construção de metas, ampliação e fortalecimento das atividades que visem à sustentabilidade, além de possibilitar a identificação das lacunas existentes para o cumprimento da legislação vigente.

Os indicadores poderão ser úteis aos gestores, norteando-os no processo decisório, no planejamento de atividades e no aprimoramento do gerenciamento. Além disso, a implantação desta proposta para o acompanhamento da gestão dos resíduos sólidos é indispensável para o cumprimento da PNRS, que prevê os indicadores como parte do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Sá ACN, Nóbrega CC;
Metodologia: Sá ACN, Nóbrega CC; **Investigação:**

Sá ACN, Nóbrega CC, Alves NBP, Silva RMG;
Redação – Primeira versão: Sá ACN, **Redação – Revisão & Edição:** Sá ACN, Nóbrega CC;
Supervisão: Nóbrega CC.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, I.; MESIAS, F. J. The assessment of rural development: identification of an applicable set of indicators through a Delphi approach. *Journal of Rural Studies*, Oxford, v. 80, p. 578-585, 2020.
- AHMAD, S.; WONG, K. Y. Development of weighted triple-bottom line sustainability indicators for the Malaysian food manufacturing industry using the Delphi method. *Journal of Cleaner Production*, Oxford, v. 229, p. 1167-1182, 2019.
- ALVARENGA, J. C. F. de. **Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em municípios da Zona da Mata de Minas Gerais utilizando indicadores de sustentabilidade em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geotecnia; Saneamento ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- 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, São Paulo, 2011.
- BESEN, G. R. *et al.* **Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores:** indicadores e índices de sustentabilidade. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2017.
- BILLINGS, H. A. *et al.* Quality indicators of IPE resources: creation of a checklist for design and evaluation using a modified Delphi process. *Journal of Interprofessional Education & Practice*, Nova York, v. 21, e100353, 2020.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil:** seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 147, p. 3, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 26 out. 2019.
- 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*, Amsterdam, v. 55, n. 11, p. 876-884, 2011.
- BUIA, T.-D. *et al.* Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy Delphi method. *Resources, Conservation and Recycling*, Amsterdam, v. 154, 104625, 2020.

- CAMPANI, D. B. **Indicadores socioambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- CAMPANI, D. B.; WARTCHOW, D.; RAMOS, G. G. C. Indicadores socio-ambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, [S. l.], v. 6, p. 110-121, 2013.
- CAVICCHIA, C.; SARNACCHIARO, P.; VICHI, M. A composite indicator for the waste management in the EU via Hierarchical Disjoint Non-Negative Factor Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, Nova York, v. 73, 100832, 2021.
- COBBEN, D.; OOMS, W.; ROIJAKKERS, N. Indicators for innovation ecosystem health: a Delphi study. *Journal of Business Research*, Athens (EUA), v. 162, 113860, 2023.
- DEUS, R. M.; BEZERRA, B. S.; BATTISTELLE, R. A. G. Solid waste indicators and their implications for management practice. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Teerã, v. 16, n. 2, p. 1129-1144, 2019.
- 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*, Salvador, v. 2, n. 1, p. 87-104, 2014.
- GADALETA, G.; GISI, S. de.; TODARO, F.; CAMPANARO, V.; TEODOSIU, C.; NOTARNICOLA, M. Sustainability assessment of municipal solid waste separate collection and treatment systems in a large metropolitan area. *Sustainable Production and Consumption*, Rugby, v. 29, p. 328-340, 2022.
- GRACHT, H. A. Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance. *Technological Forecasting & Social Change*, Nova York, v. 79, n. 8, p. 1525-1536, 2012.
- GREENE, K. L.; TONJES, D. J. Quantitative assessments of municipal waste management systems: using different indicators to compare and rank programs in New York State. *Waste Management*, Nova York, v. 34, n. 4, p. 825-836, 2014.
- 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*, New York, v. 38, n. 12, p. 1450-1454, 2020.
- LOPES, M. F. **Avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. *Pro-Posições*, Campinas, v. 29, n. 2, p. 389-415, 2018.
- MCLACHLAN, S.; BUNGAY, H. Consensus on research priorities for Essex & Herts Air Ambulance: a Delphi study. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, London, v. 29, 25, 2021.
- OLAY-ROMERO, E. *et al.* Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: a case in Mexico. *Waste Management*, Nova York, v. 107, p. 201-210, 2020.
- PIRES, L. R.; SINGH, A. S.; JUNIOR, V. M. V. 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*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 250-278, 2019.
- QUIRKE, F. A. *et al.* Multi-Round compared to Real-Time Delphi for consensus in core outcome set (COS) development: a randomised trial. *Trials*, London, v. 22, 142, 2021.
- ROWE, G.; WRIGHT, G. Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique. *In: ARMSTRONG, J. S. (Ed.). Principles of Forecasting*. Nova York: Springer, 2001. p. 125-144. (International Series in Operations Research & Management Science, v. 30).
- SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.17, n.2, p. 203-212, 2012.
- SANTOS, S. M. *et al.* Multi-criteria analysis for municipal solid waste management in a Brazilian metropolitan area. *Environmental Monitoring and Assessment*, Dordrecht, v. 189, 561, 2017.
- SCHMALZ, U.; SPINLER, S.; RINGBECK, J. Lessons learned from a two-round Delphi-based scenario study. *MethodsX*, Amsterdam, v. 8, 101179, 2021.
- SHUKOR, S. A.; NG, G. K. Environmental indicators for sustainability assessment in edible oil processing industry based on Delphi Method. *Cleaner Engineering and Technology*, Londres, v. 10, 100558, 2022.
- SIMAN, R. R.; YAMANE, L. H.; BALDAM, R. L.; TACKLA, J. P.; LESSA, S. F. A.; BRITTO, P. M. de. Governance tools: improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. *Waste Management*, Amsterdam, v. 105, p. 148-169, 2020.
- SLAVÍK, J.; DOLEJŠ, M.; RYBOVÁ, K. Mixed-method approach incorporating Geographic information system (GIS) tools for optimizing collection costs and convenience of the biowaste separate collection. *Waste Management*, Amsterdam, v. 134, p. 177-186, 2021.
- SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Série histórica: resíduos sólidos**. 2018. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 2 nov. 2019

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

Diagnóstico temático: manejo de resíduos sólidos urbanos – visão geral (ano de referência 2020). Brasília, DF: SNIS, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2023/06/diagnostico-geral-residuos-solidos.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2024.

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 Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27., 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; Associação dos Engenheiros da Sabesp, 2017.

SILVA, L.; PRIETTO, P. D. M.; KORF, E. P. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized

worldwide cities. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 237, 117802, 2019.

SILVEIRA, S. F. **Avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Itabira (MG):** uma ênfase na coleta seletiva. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

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. *et al.* Building sustainability indicators in the health dimension for solid waste management. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, São Paulo, v. 24, e2732, 2016.