

editorial
editorial

entrevista
interview

ágora
agora

tapete
carpet

artigo nomads
nomads paper

projetos
projects

expediente
credits

próxima v!rus
next v!rus

V!20

revista **V!RUS**
V!RUS journal

issn 2175-974x
ano 2020 year
semestre 01 semester
Julho 2020 July



FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS A TOOL FOR THE EVALUATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT

ANA BEATRIZ SUQUISAQUI, KATIA VENTURA

PT | EN

Ana Beatriz Suquizaqui é graduada em Gestão e Análise Ambiental, Mestre em Engenharia Urbana e é pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos. Estuda indicadores, sustentabilidade urbana e gestão de resíduos sólidos, consórcios públicos e ferramentas de gestão. biasuqui@hotmail.com

Katia Sakihama Ventura é Engenheira Civil e Doutora em Hidráulica e Saneamento. É Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, ambos da Universidade Federal de São Carlos, Brasil. Estuda gestão de resíduos sólidos, consórcios públicos, plano de segurança da água, indicadores e métodos de avaliação, sistemas ambientais urbanos. katiav@ufscar.br

Como citar esse texto: SUQUISAQUI, A. B. V.; VENTURA, K. S. Ferramenta para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos. **V!RUS**, São Carlos, n. 20, 2020. [online]. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus20/?sec=4&item=18&lang=pt>>. Acesso em: 22 Jul. 2020.

ARTIGO SUBMETIDO EM 10 DE MARÇO DE 2020

Resumo

A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) representa um dos desafios do gestor público, principalmente pela necessidade do cumprimento das iniciativas recomendadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei 12.305/2010, considerada o marco para o setor no Brasil. O uso de ferramentas que avaliem a gestão de RSU é extremamente útil para identificar lacunas e definir ações para melhoria do sistema. O objetivo da pesquisa foi estruturar o modelo conceitual para avaliação da gestão de RSU, composto por 5 iniciativas (aterro sanitário, compostagem, coleta seletiva, consórcio público e logística reversa), totalizando 50 indicadores qualitativos. A metodologia consistiu na seleção de indicadores, avaliação por especialistas, análise de consistência dos dados e a elaboração do instrumento. O uso de distintos métodos de pesquisa permitiu obter, entre outros resultados, o modelo conceitual da ferramenta SAGReS, a qual ilustra o dashboard dos indicadores que merecem atenção do gestor. Este subsídio possibilita que ações sejam monitoradas e conduzam, com mais critérios, a tomada de decisão da administração pública quanto aos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Palavras-chave: Indicador, Ferramentas de avaliação, Serviço Público, Gestão ambiental

1 Introdução

Nas últimas décadas, o aumento da preocupação com as questões voltadas à sustentabilidade ocorreu tanto em âmbito nacional quanto internacional, devido à crescente diversidade de eventos e movimentos mundiais nesse sentido (BONJARDIM, PEREIRA, GUARDABASSIO, 2018). No que se refere à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU), o Brasil avança em busca de cenários melhores, mas os desafios são muitos, especialmente em países em desenvolvimento, como destaca Ghesla et al. (2018).

A Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, representa o marco regulatório da gestão dos resíduos sólidos no país. Segundo Baptista (2015), em muitas cidades brasileiras, não houve um planejamento no setor e, portanto, os lixões permaneceram presentes no país, sem qualquer tipo de estrutura sanitária.

Fratta, Toneli e Antonio (2019) apontam que a GRSU precisa ser monitorada e avaliada rigorosamente para que seja eficiente no processo e eficaz nos resultados a curto, médio e longo prazos. Portanto, é necessário diagnosticar a situação dos RSU e, assim, definir estratégias considerando as fragilidades identificadas em cada situação. Neste contexto, as ferramentas de gestão podem minimizar certas fragilidades do processo e o uso de indicadores pode ser uma, entre outras opções, para analisar os modelos de gestão dos RSU, possibilitando, inclusive, adequação da gestão aos preceitos da sustentabilidade (PEREIRA, CURI, CURI, 2018).

De acordo com o artigo 19 da PNRS, é de responsabilidade do município prever medidas para análise de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos RSU (BRASIL, 2010), em que os indicadores e ferramentas de gestão são alguns exemplos úteis a este propósito. Como afirmam Menikpura, Gheewala e Bonnet (2012), questões ambientais, aspectos legais e de saúde humana estão inerentes à GRSU e, portanto, possuem estreita relação com a infraestrutura urbana e gestão pública. A falta de algumas etapas do serviço urbano, como o gerenciamento de RSU, gera à sociedade poluição ambiental e perdas econômicas, às vezes, com pouca viabilidade de recuperação ambiental (POLETTI et al., 2016).

É neste âmbito que a presente pesquisa se torna relevante, em assegurar a qualidade de vida urbana, pois proporciona o monitoramento de atividades e análise de desempenho, cuja definição está associada aos procedimentos adotados na gestão de resíduos sólidos por meio de indicadores (VENTURA, REIS, TAKAYANAGUI, 2010). Desta forma, a maior contribuição científica foi a concepção da ferramenta, a qual contém 50 indicadores qualitativos, aplicáveis a qualquer município brasileiro, com interesse ao monitoramento da gestão de seus resíduos. Ademais, o estudo gerou um conjunto de procedimentos sequenciais sobre os métodos implementados para subsidiar novas pesquisas, em áreas correlatas.

O principal objetivo da pesquisa foi estruturar o modelo conceitual da ferramenta de avaliação da GRSU, com distintos métodos, a partir das iniciativas recomendadas pela PNRS. A intenção de mensurar a situação destas iniciativas deve-se à busca pela sustentabilidade na escala municipal, entendida como a implementação de políticas públicas para o desenvolvimento econômico integrado à exploração racional de recursos naturais, a fim de garantir estes bens para as futuras gerações (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2015).

A ferramenta, denominada Sistema de Avaliação para Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SAGReS), foi estruturada em planilha *Excel* com programação VBA (*Visual Basic for Applications*) e o *dashboard* com os indicadores ilustra os pontos a serem melhor gerenciados. Pode ser utilizada em computadores com versão a partir do *Microsoft Office 2016*. O SAGReS foi aplicado em dois municípios do interior paulista, cujos resultados podem ser consultados em Suquisaqui (2020). A análise da aplicação da ferramenta compreende outros métodos, os quais não fazem parte do escopo deste artigo.

2 Métodos, técnicas e instrumentos de pesquisa

A pesquisa foi estruturada em 4 principais etapas, cujo detalhamento encontra-se no Quadro 1.

| Etapa | Atividade |
|-------|--|
| 1 | Levantamento bibliográfico: revisão bibliográfica sistemática e levantamento documental |
| 2 | Seleção de indicadores |
| 3 | Avaliação de indicadores por meio de especialistas: Matriz AHP e análise de consistência dos dados |
| 4 | Elaboração da Ferramenta SAGReS |

Quadro 1: Etapas metodológicas da presente pesquisa. Fonte: Autoras, 2020.

2.1 Levantamento bibliográfico

Foi a partir do levantamento bibliográfico e documental que os indicadores integrantes à ferramenta foram selecionados. Para isso, a busca de informações se baseou em dois métodos distintos, com o objetivo de selecionar trabalhos com base científica para serem utilizados na concepção da ferramenta: levantamento documental e Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS).

O levantamento documental foi realizado por meio da busca de relatórios, inventários, legislações, teses, dissertações, entre outros documentos, em órgãos públicos, empresas e secretarias de governo. Essa fase foi imprescindível para conhecimento de aspectos relacionados aos temas da pesquisa, assim como foi importante para a identificação e definição de novos indicadores para cada iniciativa.

Segundo Bereton, Kitchenham, Budgen, Turner e Khalil (2007), a técnica RBS possui caráter narrativo e é baseada na aplicação de métodos científicos. Além disso, permite ao pesquisador/gestor realizar avaliação rigorosa e confiável do tema específico, possibilitando elaborar a síntese de informações de interesse (BIOLCHINI et al., 2005). Para isso, é necessário um conjunto de passos, técnicas e ferramentas específicas (CONFORTO, AMARAL, SILVA, 2011).

O protocolo para realização da RBS na presente pesquisa foi baseado no trabalho de Ospina (2018). As bases de dados selecionadas foram *Scopus*, *Web of Science* e *Compendex*, as quais estão acessíveis no sistema da CAPES e classificadas como as principais bases da área de engenharia civil.

A fase seguinte foi a definição das *strings* utilizadas na pesquisa, cuja escolha se baseou em tentativas, pois dependem da definição, teste e adaptação dos termos, segundo Conforto, Amaral e Silva (2011). Isso se deve à necessidade de testar a combinação dos termos juntamente com os operadores lógicos de busca. Além disso, as *strings* foram definidas em inglês para que o número maior de artigos pudesse ser encontrado, como se observa no Quadro 2.

| TEMA | SCOPUS | WEB OF SCIENCE | COMPENDEX |
|-------------------|---|---|---|
| Aterro Sanitário | "sanitary landfill" AND indicator* | "sanitary landfill" AND indicator* | "sanitary landfill" AND indicator* |
| | "sanitary landfill" AND "urban solid waste management" | "sanitary landfill" AND "urban solid waste management" | "sanitary landfill" AND "solid waste management" |
| Coleta Seletiva | "Selective collection" AND indicator* | "Selective collection" AND indicator* | "Selective collection" AND indicator* |
| | "Selective collection" AND "urban solid waste management" | "Selective collection" AND "urban solid waste management" | "Selective collection" AND "solid waste management" |
| Compostagem | "waste composting" AND indicator* | "waste composting" AND indicator* | "waste composting" AND indicator* |
| | "waste composting" AND "urban solid waste management" | "waste composting" AND "solid waste management" | "waste composting" AND "solid waste management" |
| Consórcio público | "public consorti*" AND indicator* | "public consorti*" AND indicator* | "public consortia" AND indicator* |
| | public consorti* AND "solid waste" | public consorti* AND "solid waste" | "public consortia" AND "waste" |
| | "intermunicipal consortia" AND "solid waste" | "Intermunicipal consorti*" AND "solid waste" | "Intermunicipal consorti*" AND "solid waste" |
| | "intermunicipal cooperation" AND "solid waste" | intermunicipal cooperation" AND "solid waste" | intermunicipal cooperation" AND "solid waste" |
| Logística reversa | "reverse logistic*" AND Waste AND indicator* | "reverse logistic*" AND Waste AND indicator* | "reverse logistic*" AND waste AND indicator |
| | "reverse logistic*" AND "solid waste management" | "reverse logistic*" AND "waste management" | "reverse logistic*" AND "waste management" |

Quadro 2: *Strings* utilizadas pela RBS no período 2018-2019 (*: o operador lógico "asterisco" permite ao banco de dados buscar o termo no singular e no plural). Fonte: Autoras, 2020.

O recorte temporal foi o primeiro filtro da RBS estabelecido para obter a seleção de artigos com data a partir do ano 2000. Posteriormente, foi realizada a leitura dos resumos dos artigos selecionados, com a finalidade de investigar se os mesmos poderiam ser relevantes à presente pesquisa. Para ser considerado relevante, os artigos precisavam abordar: i) discussões com o tema pesquisado; ii) indicadores do tema ou; iii) ambos.

2.2 Seleção de indicadores

Essa etapa consistiu na leitura de artigos, com o intuito de encontrar indicadores específicos para cada tema. A seleção foi melhor direcionada para parâmetros qualitativos, cujas informações encontravam-se mais disponíveis por iniciativa ao invés de dados quantitativos.

Para garantir confiabilidade ao método da seleção de indicadores, as pesquisadoras consideraram os seguintes critérios: i) os indicadores devem ser de fácil entendimento, útil, mensurável, segundo Suquizaqui e Hanai (2017), bem como ii) devem ser viáveis à implantação e ao monitoramento e, facilitar a atualização de dados, segundo Ventura, Reis e Takayanagi (2010).

O Quadro 3 ilustra, com maior clareza, a definição dos critérios de seleção dos indicadores.

| CRITÉRIOS | DEFINIÇÃO | REFERÊNCIA |
|---------------------------|--|--|
| Ser de fácil entendimento | Deve ser simples e claro, seu significado deve ser de fácil compreensão, também por não especialistas. | Zhang e Guindon (2006); Ventura (2009); Suquizaqui; Hanai (2017) |
| Ser útil | Deve ser útil e pertinente do ponto de vista da pesquisa e do objetivo pelo qual ele será utilizado. | Ventura (2009); Suquizaqui; Hanai (2017) |
| Ser mensurável | Deve ser possível de ser comparado em diferentes situações e passível de ser aplicado. | Keirstead e Leach (2007); Ventura (2009); Suquizaqui; Hanai (2017) |
| Ser viável | Disponibilidade de conjunto de dados relevantes necessários para quantificá-los. | Zhang e Guindon (2006); Ventura (2009) |

Quadro 3: Critérios de Seleção de Indicadores Estabelecidos no período 2018-2019. Fonte: Autoras, 2020.

Apesar de todos os procedimentos apresentados até este item, a quantidade de artigos publicados sobre indicadores para algumas iniciativas foi muito baixa ou inexistente. Nesse contexto, foi necessário incluir uma nova etapa à pesquisa para definir novos indicadores às mesmas.

2.3 Definição de novos indicadores

A nova etapa consistiu na obtenção de informações relevantes a cada iniciativa. Para isto, outros procedimentos foram realizados para identificar aspectos inerentes a novos indicadores. Dessa forma, realizaram-se reuniões presenciais com as pesquisadoras, troca de ideias com outros pesquisadores e revisão de literatura para identificar tais aspectos que, posteriormente, resultaram na proposição de novos indicadores, considerando os critérios definidos no Quadro 2. Em seguida, foi realizada a etapa de consulta aos especialistas para verificar a relevância dos indicadores à ferramenta.

2.4 Avaliação dos indicadores pelos especialistas

Foram selecionados 12 especialistas da área de resíduos sólidos para avaliar os indicadores propostos. O perfil dos especialistas incluiu consultores, docentes, profissionais liberais, prestadores de serviço e gestor do serviço público. As avaliações ocorreram de forma individual para cada especialista.

O método utilizado para avaliação dos indicadores foi dividido em duas partes: i) avaliação de indicadores por especialistas pelo método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*; ii) análise de consistência das respostas dos especialistas pelo método de Saaty. O método *AHP* realiza comparações em pares e se propõe a responder duas perguntas (LEITE, FREITAS, 2012): (1) quais são os critérios de maior importância? e, (2) qual a proporção dessa importância?

Essa metodologia consiste em decompor um problema em diversos fatores por meio da construção de uma hierarquia, de forma que os decisores consigam definir prioridades entre as alternativas, comparando-as em pares, baseado na escala numérica de Saaty (VENTURA, 2009). A Escala Fundamental de Saaty (1977) define e explica os valores de 1 a 9, atribuídos para as decisões em comparação por pares de elementos. Entretanto, existem adaptações desta escala, e afim de facilitar os julgamentos dos especialistas, para essa pesquisa, a escala utilizada foi de 1 a 7, como ilustra o Quadro 4.

| VALOR | DEFINIÇÃO | EXPLICAÇÃO |
|-------|-------------------------|---|
| 1 | Importância igual | Dois indicadores contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Moderada importância | Experiência e julgamento levemente a favor de um indicador sobre o outro. |
| 5 | Forte importância | Experiência e julgamento fortemente a favor de um indicador sobre o outro |
| 7 | Importância demonstrada | Um indicador é fortemente favorecido e sua dominância é demonstrada na prática. |

Quadro 4: Escala de julgamento, adaptada ao presente estudo, para avaliação de indicadores por especialistas. Fonte: Adaptado de Saaty (1977); Ventura (2009); Zatta, Mattos, Oliveira, Freitas e Gonçalves (2019).

Para o método *AHP*, a diagonal principal da matriz é obrigatoriamente formada pelo número 1, uma vez que a comparação de um fator com ele mesmo tem igual importância. A diagonal representa a linha que separa os

valores atribuídos ao indicador e seu inverso. Por exemplo, o valor do indicador A em relação ao indicador B é X, então o valor de B para A é 1/X.

A matriz de julgamento de *AHP*, quando preenchida, é definida por Saaty (1977) como ilustrada na Figura 1:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Fig. 1: Matriz de Julgamento do método *AHP*. Fonte: Saaty (1977).

Finalizado seu preenchimento, a matriz teve seus valores normalizados, por meio do somatório dos elementos de cada coluna das matrizes de julgamento e, posteriormente, divisão de cada elemento da coluna pelo valor do somatório. Com a matriz normalizada, foi realizado o cálculo das médias de cada uma das linhas da matriz e, finalmente, estes valores foram postos em ordem crescente para se definir a prioridade global das comparações (ZATTA et al., 2019).

Os resultados de cada iniciativa foram agrupados em única tabela, de modo que cada célula teve como resultado a média aritmética dos pesos atribuídos por cada participante. Assim, foi calculada a média aritmética por linha, cujo resultado final representou a posição ocupada pelo indicador e, conseqüentemente, sua classificação final. Entretanto, esta etapa ocorreu somente para as avaliações classificadas como consistentes, conforme tópico a seguir.

2.5 Análise de consistência dos dados

A aplicação do método *AHP* tem como desvantagem a possibilidade de inconsistência dos pesos atribuídos pelo avaliador, como afirma Ventura (2009), e dessa forma, os resultados devem ser verificados para garantir respostas coerentes. De acordo com Saaty (1977), melhorar a consistência não significa obter uma resposta mais próxima da realidade, mas sim, verificar se a relação estimada na matriz está mais próxima de ser logicamente relacionada do que de ser selecionada aleatoriamente.

Saaty (1977) afirma que, quando o índice de consistência aponta que há grandes distorções neste teste, então, é muito provável que o resultado obtido não seja confiável e que as referidas informações não possam ser utilizadas no modelo. Para verificar se as respostas dos especialistas foram consistentes, foram seguidos os passos a seguir (SAATY, 1977). A Tabela 1 exemplifica os cálculos descritos.

- a. Utilizou-se a matriz *AHP* padronizada dos especialistas, como foi explicado no item 3.3.1;
- b. A partir desta matriz, foi calculada a média das linhas, resultando no vetor média das linhas;
- c. Posteriormente, foi calculada a soma de produtos do vetor média pelo elemento, por linha, da matriz original (sem ser a padronizada), gerando assim o vetor coluna;
- d. O vetor λ foi calculado por meio da divisão de cada elemento do vetor coluna pelo respectivo vetor média.
- e. Para obter o valor do vetor λ_{max} , bastou calcular a média dos valores de cada elemento do vetor λ ;
- f. Para finalizar os cálculos, foi necessário identificar o Índice Randômico (IR) da matriz. Esse valor foi padronizado por Saaty (1991) e depende do número de elementos da matriz (n) como na Tabela 2;
- g. Em seguida, foi calculado o Índice de Consistência (IC) da matriz, definida pela Equação 1:

$$IC = \frac{[\lambda_{max} - n]}{[(n - 1)]}$$

h. Por fim, a Razão de Consistência (RC) foi calculada seguindo a Equação 2. Segundo Saaty (1991), para que as respostas dos especialistas sejam coerentes, RC deve ser menor ou igual a 0,10. Quanto mais próximo de zero for essa razão, mais consistente a matriz estará.

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

| Variáveis | Pesos dos especialistas | | | Matriz normalizada | | | Média das linhas | Vetor Coluna | Vetor λ | n = 3, Então IR = 0,58 |
|-----------|-------------------------|------|------|--------------------|-------|-------|------------------|------------------------------|---------|--|
| | V1 | V2 | V3 | V1 | V2 | V3 | | | | |
| V1 | 1 | 0,33 | 3 | 0,23* | 0,076 | 0,69 | 0,33 | 1,42** | 4,30 | $IC = \frac{[4,30 - 3]}{[(3 - 1)]}$ IC = 0,65 |
| V2 | 3 | 1 | 0,33 | 0,69 | 0,23 | 0,076 | 0,33 | 1,42 | 4,3 | |
| V3 | 0,33 | 3 | 1 | 0,076 | 0,69 | 0,23 | 0,33 | 1,42 | 4,3 | |
| Soma | 4,33 | 4,33 | 4,33 | | | | | Vetor λ _{max} = 4,3 | | $RC = \frac{0,65}{0,58}$ = 1,12 |

Tabela 1: Exemplo de cálculo do índice de consistência para o presente estudo. Fonte: Adaptado de Ventura (2009).

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IR | 0 | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 | 1,51 | 1,48 | 1,56 | 1,57 | 1,59 |

Tabela 2: Valor do Índice Randômico (IR) de acordo com a ordem da matriz. Fonte: Saaty (1991)

Neste sentido, para a presente pesquisa, considerou-se que as matrizes *AHP* de especialistas com inconsistência deveriam ser excluídas da avaliação. Isto permitiu avaliar somente as respostas consistentes e hierarquizar a importância dos indicadores a elas associadas. Portanto, as notas baixas obtidas pelo julgamento dos especialistas significaram que determinado indicador é menos importante que outro, o que não justifica sua exclusão da ferramenta.

Dessa maneira, não houve problema em desconsiderar as avaliações inconsistentes. Para as iniciativas com mais de uma avaliação consistente, foi realizada a média das notas de tais avaliações, gerando uma matriz única para esta iniciativa. A partir desta matriz, foram realizados os cálculos de normalização e, posteriormente, hierarquização dos resultados para finalizar a lista ordenada de importância dos indicadores. Para as iniciativas que obtiveram somente uma avaliação consistente, foi utilizada a hierarquização obtida diretamente do especialista.

2.6 Elaboração da ferramenta

As cinco iniciativas inseridas na ferramenta foram baseadas nas recomendações da PNRS: aterro sanitário, coleta seletiva, consórcio público, compostagem e logística reversa. Cada uma delas foi estruturada com 10 indicadores específicos para cada tema. A finalidade da ferramenta foi identificar as principais lacunas dentro de cada uma das iniciativas, para que o gestor público possa viabilizar ações e sanar as deficiências encontradas.

Somente após a avaliação dos especialistas e com a seleção de indicadores, a ferramenta foi elaborada em planilha eletrônica. Os indicadores de cada uma das iniciativas foram avaliados por meio de três critérios, conforme o Quadro 5: existência da informação, qualidade da informação e, nível de importância da informação.

| CRITÉRIOS | DEFINIÇÃO |
|---------------------------|--|
| Existência da informação | Refere-se à informação que o indicador representa. Pergunta de referência: a informação referente ao indicador analisado existe (sim, em construção ou não)? |
| Qualidade da informação | Refere-se à qualidade da informação frente ao nível de detalhamento que ela apresenta. Pergunta de referência: qual a qualidade da informação (baixa, média ou alta)? |
| Importância da informação | Refere-se à importância da informação frente o indicador analisado. Pergunta de referência: qual o nível de importância da informação que o indicador apresenta (baixo, médio ou alto)? |

Quadro 5: Critérios Definidos à Concepção da Ferramenta de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Fonte: Autoras, 2020.

Os indicadores foram avaliados por meio de pontuações baseadas na escala de *Likert*. Tal escala é utilizada para medir atitudes, fornecendo ampla resposta para uma questão ou afirmação, segundo Jamieson (2004). Por isto, normalmente, emprega-se escala com variação ímpar para atribuição do valor a cada critério de concordância ou discordância do indicador analisado, conforme Pereira (1999). Nesta pesquisa, a escala adotada foi:

a. Valor 3 – Alto: o indicador analisado tem baixa possibilidade de atender ao critério. Isso implica que é improvável ou pouco provável que a atividade ou o serviço seja realizado.

b. Valor 2 – Médio: o indicador tem média possibilidade de atender ao critério. Isso implica que há probabilidade moderada de ocorrência da atividade ou do serviço ser realizado.

c. Valor 1 – Baixo: o indicador tem elevada possibilidade de atender ao critério. Isso implica que há elevada probabilidade de ocorrência da atividade ou do serviço ser realizado.

A partir de cada um dos três critérios estabelecidos, as pontuações para determinado indicador foram multiplicadas, resultando em amplo conjunto numérico, variando de 1 (1x1x1) a 27 (3x3x3). A Figura 2 ilustra a escala de classificação final do indicador, após multiplicação das pontuações dos três critérios. Portanto, quanto maior for o valor resultante da multiplicação das notas para determinado indicador, pior será a situação analisada, exigindo atenção rigorosa do gestor para estabelecer ações prioritárias que integrem aquele indicador à gestão municipal de RSU.



Fig. 2: Escala Adotada para o Grau de Atendimento do Indicador aos Critérios Estabelecidos. Fonte: Autoras, 2020.

3 Resultados

Os resultados, apresentados a seguir, foram estruturados conforme as etapas metodológicas, detalhadas anteriormente.

3.1 Resultados da RBS

Para ilustrar essas informações, a Tabela 3 apresenta o número de artigos encontrados em cada uma das bases de dados utilizadas.

| Strings | Scopus | | Web of Science | | Compendex | |
|---|--------|------------------|----------------|------------------|-----------|------------------|
| | Total | A partir de 2000 | Total | A partir de 2000 | Total | A partir de 2000 |
| Sanitary landfill + indicador | 46* | 35 | 28 | 22 | 22 | 12 |
| Sanitary landfill + urban solid waste management | 5 | 4 | 2 | 2 | 70 | 42 |
| Selective collection + indicador | 19 | 18 | 18 | 18 | 11 | 11 |
| Selective collection + urban solid waste management | 6 | 6 | 4 | 4 | 23 | 22 |
| Waste composting + indicador | 40 | 35 | 33 | 30 | 23 | 20 |
| Waste composting + solid waste management | 79 | 51 | 21 | 17 | 23 | 15 |
| Intermunicipal consortia + solid waste | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Intermunicipal cooperation + solid waste | 6 | 6 | 13 | 13 | 3 | 3 |
| Public consortia + indicador | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Public consortia + solid waste management | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Reverse logistic + indicador | 29 | 29 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Reverse logistic + solid waste management | 42 | 42 | 24 | 21 | 17 | 17 |

Tabela 3: Número de Artigos Encontrados na RBS até dezembro de 2018. Fonte: Autoras, 2020.

Observou-se que o componente “consórcios públicos” não apresentou documentos relacionados à pesquisa, o que exigiu a busca de outros termos, como cooperação intermunicipal e consórcio intermunicipal.

Pelo trabalho de Ventura e Suquisaqui (2020), os consórcios internacionais atuam com estrutura jurídica similar a organizações da iniciativa privada, ou seja, de forma distinta aos consórcios públicos brasileiros. Tal fato pode ter interferido na busca, pois restringiu-se aos casos públicos.

3.2 Resultados da avaliação dos especialistas

O Quadro 6 ilustra o resumo dos resultados da avaliação dos especialistas por meio do método *AHP* e da posterior análise de consistência de Saaty. Com base nos métodos propostos, a ferramenta foi denominada

como Sistema de Avaliação para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (SAGReS).

| Iniciativas | Quantidade de Avaliações realizadas | Quantidade de resultados consistentes |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Aterro Sanitário | 6 | 2 |
| Coleta Seletiva | 6 | 2 |
| Compostagem | 6 | 1 |
| Consórcio Público | 7 | 2 |
| Logística reversa | 7 | 1 |

Quadro 6: Número de avaliações realizadas e resultados consistentes. Fonte: Autoras, 2020.

3.3 Resultado da concepção da ferramenta SAGReS

O modelo conceitual do SAGReS foi constituído em programação VBA em *Excel*, contemplando a seguinte estrutura: Capa, Página Inicial; Como utilizar a ferramenta?; Iniciar Avaliação; Avaliação por iniciativas; Definição dos indicadores; Relatório final em PDF. A Figura 3 ilustra a interface para avaliação da iniciativa “Aterro Sanitário”.

ATERRO SANITÁRIO

| | Existência da informação | Qualidade da informação | Importância da informação | Resultado |
|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|
| Existência de política ambiental | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de controle de custos da operação do aterro | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de consulta a população residente nas proximidades do aterro para identificação de problemas ambientais | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de programas e campanhas socioeducativas, visitas monitoradas | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de relação de exames periódicos e preventivos para funcionários da operação do aterro | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Nível de utilização de EPIs nos funcionários | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Nível de ruído no local | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de materiais de cobertura nas vias de acesso | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Existência de controle de poeiras | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Inserir novo indicador | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Inserir novo indicador | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |
| Inserir novo indicador | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 1 2 3 | 0 |

Definição indicadores

Existência da informação:
 1 - Existe
 2 - Em construção
 3 - Não Existe

Qualidade da informação:
 1 - Boa
 2 - Média
 3 - Ruim

Importância da informação:
 1 - Alta
 2 - Média
 3 - Baixa

Alta necessidade de atenção do gestor para estabelecer ações prioritárias
 Média necessidade de atenção do gestor para estabelecer ações prioritárias
 Baixa necessidade de atenção do gestor para estabelecer ações prioritárias

Fig. 3: Visualização da Iniciativa “Aterro Sanitário” aplicável a municípios brasileiros. Fonte: Autoras, 2020.

Os resultados obtidos por iniciativa foram apresentados em um único documento em PDF, o qual possibilita a visão geral das informações consideradas pelo avaliador no SAGReS. Os resultados de cada iniciativa foram representados graficamente, como ilustra a Figura 4.



| Código | Indicador |
|--------|--|
| InAS1 | Existência de política ambiental |
| InAS2 | Existência de controle de custos da operação do aterro |
| InAS3 | Classificação do IQR |
| InAS4 | Existência de consulta a população residente nas proximidades do aterro para identificação de problemas ambientais |
| InAS5 | Existência de programas e campanhas socio educativas, visitas monitoradas (funcionários e público externo) |
| InAS6 | Existência de realização de exames periódicos e preventivos para funcionários da operação do aterro |
| InAS7 | Nível de utilização de EPIs nos funcionários |
| InAS8 | Nível do ruído do local |
| InAS9 | Existência de materiais de cobertura nas vias de acesso |
| InAS10 | Existência do controle de poeiras |



Fig. 4: Exemplo de resultado, obtido pela aplicação do SAGReS, para a Iniciativa “Coleta Seletiva”. Fonte: Autoras, 2020.

4 Conclusões

O modelo conceitual para o SAGReS teve o propósito de auxiliar os gestores públicos na tomada de decisão para intensificar as iniciativas nela presentes. Por meio dos indicadores, os profissionais da área de RSU podem obter uma visão mais específica de ações pontuais para que a gestão da iniciativa, como um todo, possa ser aprimorada.

A descrição detalhada dos métodos utilizados para atingir o objetivo proposto foi necessária para o esclarecimento dos passos metodológicos. Os procedimentos esclarecidos geraram uma série de etapas úteis a futuros trabalhos, pois podem servir de roteiro de pesquisa. Os maiores desafios foram, inevitavelmente, a escassa quantidade de trabalhos científicos e técnicos com indicadores qualitativos e, sobretudo, a ausência de instrumentos elaborados especificamente para avaliação da gestão de RSU no país.

Novos indicadores qualitativos podem ser inseridos no SAGReS, diferentemente de indicadores quantitativos, os quais não foram utilizados no modelo conceitual. Futuros estudos podem associar estes indicadores como aperfeiçoamento da ferramenta e, assim, ampliar a avaliação do RSU. Para a inserção de indicadores quantitativos, sugere-se que eles estejam disponíveis em plataforma digital e sejam de uso generalizado para os municípios brasileiros. Como exemplo, os indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) podem ser úteis à ferramenta, na versão atualizada.

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) compreende um conjunto de ações que considera as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, conforme artigo 3º da PNRS. Os indicadores aqui propostos atenderam ao conceito de Gestão de Resíduos Sólidos, o qual não, necessariamente, engloba as dimensões supracitadas.

Recomenda-se que o SAGReS seja validado pelo pesquisador, antes de sua aplicação no objeto de estudo. Neste caso, é fundamental que haja o fornecimento da ferramenta ao gestor para que esta validação esteja em consonância com a realidade municipal e possa suprir a ausência de dados em plataforma digital. Por fim, sugere-se que, ao final das avaliações das iniciativas, seja proposto o plano de ação aos gestores, de modo que a decisão seja orientada pela multiplicação dos critérios de ponderação dos indicadores (1 a 27).

Agradecimento

Este artigo compreende parte dos resultados da pesquisa de mestrado, com financiamento de bolsa pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referencias

BAPTISTA, V. F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? **Revista de Administração Pública**. v. 46, n. 1, p. 141-164, 2015.

BERETON, P.; KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KHALIL, M. Lessons from Applying the Systematic Literature Review Process within the Software Engineering Domain. **The Journal of System and Software**, v. 80, p. 571-583, 2007.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; TRAVASSOS, G. H. Systematic review in software engineering. **System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES**, v. 679, n. 5, p. 1-30, 2005.

BONJARDIM, E. C.; PEREIRA, R. S.; GUARDABASSIO, E. V. Análise bibliométrica das publicações em quatro eventos científicos sobre gestão de resíduos sólidos urbanos a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. v. 46, p. 313-333, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 8 nov. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato20072010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 8 nov. 2018.

CONFORTO, C. E.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos. 8., 2011, Porto Alegre, **Anais [...]**. Porto Alegre, 2011.

FRATTA, K. 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 Brazil through the application of sustainability indicators. **Waste Management**. v. 85, p. 11-17, 2019.

GHESLA, P. L.; GOMES, L. P.; CAETANO, M. O.; MIRANDA, L. A. S.; DAI-PRÁ, L. B. Municipal Solid Waste Management from the experience of São Leopoldo/Brazil and Zurich/Switzerland. **Sustainability**. v. 10, p. 1-14, 2018.

JAMIESON, S. Likert scales: how to (ab)use them. **Medical Education**. v. 38, p. 1217-1218, 2004.

KEIRSTEAD, J. LEACH, M. Bridging the Gaps Between Theory and Practice: A Service niche Approach to Urban Sustainability Indicators. **Sustainable Development**. v. 16, p. 320-340, 2007.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério a decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE. *In*: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 32., 2012, Bento Gonçalves, **Anais [...]**. Bento Gonçalves, 2012.

MENIKPURA, S. N. M.; GHEEWALA, S. H.; BONNET, S. Sustainability assessment of municipal solid waste management in Sri Lanka: problems and prospects. **Journal of Material Cycles and Waste Management**. v. 14, p. 181-192, 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2020.

OSPINA, D. A. C. **Indicadores para a integração da gestão das águas subterrâneas e no planejamento do uso e ocupação do solo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos**: estratégias metodológicas para ciências da saúde, humanas e sociais. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 1999.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte II – uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: aplicação do modelo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 23, n. 3, p. 485-498, 2018.

POLETTI, M.; De MORI, P. R.; SCHNEIDER, V. E.; ZATTERA, A. J. Urban solid waste management in Caxias do Sul/Brazil: Practices and challenges. **Journal of Urban and Environmental Engineering**. v. 10, n. 1, p. 50-56, 2016.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. Tradução e revisão Prof Titular Wainer da Silveira e Silva (UFF – Universidade Federal Fluminense). São Paulo. McGraw-Hill, Makron Books, p. 367, 1991.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**. v. 15, p. 234-281, 1977.

SUQUISAQUI, A. B. V. **Elaboração e aplicação de ferramenta para avaliação da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros. Estudo de Caso**: Municípios de Araraquara (SP) e São Carlos (SP). Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2020.

SUQUISAQUI, A. B. V.; HANAI, F. Y. **Indicadores de Sustentabilidade Aplicados ao contexto de gestão e planejamento ambiental de cidades na concepção de metabolismo urbano**. 2017. Iniciação Científica (FAPESP) - Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

VENTURA, K. S. **Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho. Estudo de caso**: Santa Casa de São Carlos – SP. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

VENTURA, K. S.; SUQUISAQUI, A. B. V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 333-349, 2020.

VENTURA, K. S.; REIS, L. F. R.; TAKAYANAGUI, A.M. M. Avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde por meio de indicadores de desempenho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 15, n. 2, p. 167-176, 2010.

ZATTA, F. N.; MATTOS, A. L.; OLIVEIRA, R. R.; FREITAS, R. R. GONÇALVES, W. Aplicação do *Analytic Hierarchy Process* na escolha de planos de saúde. **Research, Society and Development**. v. 8, n. 1, p. 1-25, 2019.

ZHANG, Y.; GUINDON, B. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability part 1: methodologies to indicator quantification. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 8, p. 146-164, 2006.