

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

Tese de Doutorado

GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS PARA MUNICÍPIOS DE MÉDIO PORTE

Valdir Eduardo Olivo

Passo Fundo

2021



CIP – Catalogação na Publicação

O49g Olivo, Valdir Eduardo
Gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios de
médio porte [recurso eletrônico] / Valdir Eduardo Olivo. – 2021.
1.21 MB; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto.
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf.
Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, 2021.

1. Resíduos sólidos. 2. Sustentabilidade. 3. Benchmarking (Administração).
4. Gestão ambiental. 5. Planejamento urbano. I. Prietto, Pedro Domingos
Marques, orientador. II. Korf,
Eduardo Pavan, coorientador. III. Título.

CDU: 628.4

Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

Catalogação:

Gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios de médio porte

Valdir Eduardo Olivo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Juan Antonio Munizaga Plaza, Universidad Catolica Del Norte – UCN, Chile

Profa. Dra. Luciana Paulo Gomes, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Prof. Dr. Odorico Konrad, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES

Profa. Dra. Luciana Londero Brandli, Universidade de Passo Fundo – PPGEng/UPF

Passo Fundo, abril de 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que fizeram parte deste período tão importante em minha vida, em especial:

À minha família (Eneida, Valdir, Daniela, Grasiela e Simone) que estiveram sempre apoiando em minhas decisões mais difíceis. BRAVO!!;

Aos meus amigos próximos que acompanharam cada momento de tensão vivido nestes quatro anos;

Ao PPGENG e seus professores pela oportunidade de conhecimento adquirido;

Ao meu orientador Prof. Pedro Prietto e meu coorientador Prof. Eduardo Korf pelas extensas horas dedicadas a me conduzir ao conhecimento;

À CAPES pela bolsa de estudos fornecida durante o doutorado.

RESUMO

Resíduos sólidos urbanos são potencialmente poluidores do meio ambiente caso não ocorra o seu manejo adequado. Com o passar dos anos, estratégias de gestão e gerenciamento vêm sendo adotadas pelas autoridades municipais para o controle e mitigação dos impactos causados ao ambiente e à saúde pública. O objetivo desta tese foi apresentar um modelo de gestão integrada sustentável de resíduos sólidos urbanos, baseado em referências e experiências consolidadas para aplicação em municípios de médio porte. O trabalho foi dividido em quatro etapas sendo i) apresentação da atual situação da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios de médio porte; ii) diretrizes para a gestão integrada sustentável de resíduos sólidos urbanos; iii) *benchmarking* da gestão integrada de resíduos sólidos em municípios de médio porte e; iv) ações governamentais para implantar a gestão integrada de resíduos sólidos em municípios de médio porte. A metodologia utilizada foi através de levantamento de informações em base de dados para as etapas i) e iii) e revisão sistemática para as etapas ii) e iv). A etapa i) avaliou o desempenho de 176 municípios de médio porte quanto a gestão de resíduos sólidos urbanos. A etapa ii) realizou revisão sistemática e identificou 531 artigos que abordam sobre modelos de gestão integrada sustentável de resíduos, após a filtragem foram selecionados 51 artigos que compuseram as diretrizes da gestão integrada. Os resultados apresentaram o papel de cada parte envolvida para atuar nos aspectos técnicos, ambientais, financeiros, institucionais, políticos e culturais da gestão municipal. A etapa iii) apresentou um *benchmarking* entre 5 municípios brasileiros de médio porte com melhor desempenho em 2018. A pesquisa identificou através de 23 indicadores um elevado engajamento do governo local para as questões de planejamento e arranjos institucionais garantidos por legislação local sólida. A etapa iv) apresentou as ações governamentais a nível local para os municípios de médio porte alcançar a sustentabilidade no manejo de resíduos. Ao final avaliaram-se as condições de aplicabilidade destas ações em um município de médio porte. Chapecó, SC, apresentou condições favoráveis de implantação destas ações considerando que 52% das ações já estão em funcionamento no município. Esta tese apresentou em ordem cronológica através de uma sólida pesquisa em publicações científicas e base de dados a estruturação de um modelo de gestão sustentável ideal para municípios brasileiro de médio porte considerando as características da dimensão populacional e demandas do setor, recomenda-se aos 176 municípios do escopo com aptidão para implantar este sistema aplicar a quarta etapa desta tese e propor as medidas de adequação através da revisão dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Gestão Integrada. Resíduos Sólidos Urbanos. Benchmarking.

ABSTRACT

Municipal solid waste is potentially polluting to the environment if it is not properly managed. Over the years, management and management strategies have been adopted by municipal authorities to control and mitigate the impacts caused to the environment and public health. The objective of this thesis was to present a sustainable municipal solid waste management model, based on consolidated references and experiences that can be applied to medium-sized municipalities in the national territory. The work was divided into four stages, i) presenting the current situation of municipal solid waste management in medium-sized municipalities; ii) guidelines for the integrated management of urban solid waste; iii) benchmarking of integrated solid waste management in medium-sized municipalities and iv) government actions to implement integrated management of solid waste in medium-sized municipalities. The methodology used was through the collection of information in the database for steps i) and iii) and systematic review for steps ii) and iv). Stage i) evaluated the performance of 176 medium-sized municipalities in terms of municipal solid waste management. Stage ii) carried out a systematic review and identified 531 articles that address models of integrated sustainable waste management, after filtering, 51 articles were selected that made up the integrated management guidelines. The results showed the role of each party involved to act in the technical, environmental, financial, institutional, political and cultural aspects of municipal management. Stage iii) presented a benchmarking between 5 medium-sized Brazilian municipalities with excellent performance in 2018. The survey identified through 23 indicators a high engagement of the local government for planning issues and institutional arrangements guaranteed by solid local legislation. Stage iv) presented governmental actions at the local level for small and medium-sized municipalities to achieve sustainability in waste management. At the end, the conditions of applicability of these actions in a medium-sized municipality were evaluated. Chapeco, SC, presented favorable conditions for the implementation of these actions, considering that 52% of the actions are already in operation in the municipality. This thesis presented in chronological order through a solid research in scientific publications and database the structuring of a sustainable management model ideal for medium-sized Brazilian municipalities considering the characteristics of the population dimension and demands of the sector, it is recommended to 176 municipalities able to implement this system apply the fourth stage of this thesis and propose the adequacy measures through the revision of the municipal plans for integrated management of urban solid waste.

Keywords: Sustainability. Integrated Management. Municipal Solid Waste. Benchmarking.

SUMÁRIO

<u>1.</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	12
1.1.	<u>CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DA PESQUISA</u>	12
1.2.	<u>OBJETIVOS</u>	13
1.2.1	<u>Objetivo geral</u>	13
1.2.2	<u>Objetivos específicos</u>	13
1.3.	<u>APRESENTAÇÃO DA TESE</u>	14
<u>2.</u>	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	16
2.1	<u>GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL</u>	16
2.1.1	<u>A evolução da administração pública municipal</u>	16
2.1.2	<u>Conceitos de gestão</u>	16
2.1.3	<u>Modelos de gestão pública</u>	17
2.2	<u>GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</u>	18
2.2.1	<u>Evolução da gestão de resíduos sólidos</u>	18
2.2.2	<u>Modelos de gestão de resíduos sólidos no Brasil</u>	19
2.2.3	<u>A gestão estatista</u>	20
2.2.4	<u>A gestão privatista</u>	21
2.2.5	<u>A gestão integrada de resíduos</u>	21
2.2.6	<u>Análise do desempenho da gestão local</u>	22
2.2.7	<u>O benchmarking na gestão municipal de resíduos sólidos urbanos</u>	23
2.3	<u>GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS</u>	24
2.3.1	<u>Geração</u>	25
2.3.2	<u>Acondicionamento</u>	26
2.3.3	<u>Coleta e transporte</u>	26
2.3.4	<u>Tratamento e valorização dos resíduos</u>	27
2.3.4.1	<u>Valorização mecânica</u>	28
2.3.4.2	<u>Valorização biológica</u>	28
2.3.4.3	<u>Valorização energética</u>	28
2.3.5	<u>Disposição Final</u>	29

2.4	<u>EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA</u>	29
2.4.1	<u>Execução direta</u>	30
2.4.2	<u>Execução indireta</u>	31
2.4.3	<u>Gestão associada</u>	33
2.5	<u>CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE RSU</u>	35
2.6	<u>PANORAMA INTERNACIONAL DOS RSU</u>	36
2.7	<u>LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS</u>	39
2.7.1	<u>Política nacional de resíduos sólidos</u>	41
2.7.2	<u>Legislações internacionais</u>	42
	<u>REFERÊNCIAS</u>	44
3.	<u>ARTIGO 01</u>	50
1.	<u>Introduction</u>	50
2.	<u>Research method</u>	51
3.	<u>Results and discussions</u>	52
4.	<u>Conclusions</u>	56
	<u>References</u>	57
4.	<u>ARTIGO 02</u>	60
1.	<u>Introduction</u>	60
2.	<u>Methods</u>	61
3.	<u>Results</u>	62
3.1	<u><i>Current systems of iswm</i></u>	62
3.2	<u><i>Guidelines for local governments achieving an iswm</i></u>	65
4	<u>Conclusions</u>	70
	<u>References</u>	71
5.	<u>ARTIGO 03</u>	74
1.	<u>Introduction</u>	74
2.	<u>Literature background</u>	75
3.	<u>Research method</u>	76
4.	<u>Results and discussion</u>	79
5.	<u>Conclusion</u>	81
	<u>References</u>	82
6.	<u>ARTIGO 04</u>	85

<u>1</u>	<u>Introduction</u>	86
<u>2</u>	<u>Methodology</u>	86
<u>3</u>	<u>ISWM structure</u>	87
<u>4</u>	<u>Actions and policy tools to implement iswm</u>	88
<u>5</u>	<u>Applying iswm in a medium-sized brazilian municipality</u>	93
<u>6</u>	<u>Conclusion</u>	95
<u>References</u>	<u>_____</u>	95
<u>7.</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	98

LISTA DE SIGLAS

ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CESB	Companhias Estaduais de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
ISWM	Integrated Sustainable Waste Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Apresentação da tese.	14
Figura 2. Etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos.	25
Figura 3. Modalidades de prestação de serviços públicos.	30
Figura 4. Composição dos resíduos sólidos domiciliares nos países.	37
Figura 5. Objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.	41

LISTA DE QUADROS

<u>Quadro 1. Publicações com indicadores de gestão de resíduos entre 2015-2020.</u>	23
<u>Quadro 2. Classificação dos resíduos quanto a origem.</u>	35
<u>Quadro 3. Legislações federais para resíduos sólidos.</u>	40

1.

2. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos faz parte do cotidiano da sociedade moderna, devido à grande expansão dos centros urbanos e da facilidade de aquisição de bens e produtos.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

O elevado padrão de consumo que a população atual vivencia, traz consigo um passivo ambiental relacionado à geração de resíduos. O avanço da tecnologia não acompanha as demandas de gestão dos produtos que cada vez mais se tornam obsoleto (ARBULÚ; LOZANO; REY-MAQUIEIRA, 2016). O gerenciamento destes resíduos muitas vezes torna-se deficitário, principalmente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, os quais não possuem recursos financeiros (FUSS; BARROS; POGANIETZ, 2018).

O Brasil ainda não possui universalização para os serviços de saneamento básico. Para chegar neste nível, estimam-se investimentos de R\$ 508 bilhões de reais, até o ano de 2033 (MDR, 2019). Como resultado a deficitária infraestrutura dos órgãos responsáveis pela gestão dos resíduos impossibilita o uso de tecnologias aplicáveis a minimização dos resíduos resultando em problemas em escala regional de âmbito global. Outro agravante do governo local é a incapacidade técnica de gestores para o manejo adequado dos resíduos (MARINO; CHAVE S; SANTOS JUNIOR, 2018). A viabilidade econômica de qualquer sistema de gestão de resíduos sólidos é uma questão fundamental para os municípios. Para modelos viáveis de gestão, ferramentas específicas podem ser empregadas para análise da melhor alternativa (YADAV et al., 2017).

É necessária uma visão holística do desenvolvimento sustentável para que as cidades possam aproveitar este potencial poluidor para agregar na economia e ainda reduzir os impactos por eles causados. Estas estratégias de sustentabilidade são descritas através dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), seus objetivos 11 e 12 que tratam da redução dos impactos ambientais e geração dos resíduos sólidos, através dos métodos preventivos de redução, reciclagem e reuso (SGS, 2019).

Em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções no manejo de resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010a). Contudo, os municípios possuem dificuldades em se adaptar as ferramentas e diretrizes propostas, pois, parte dos gestores

municipais não possui conhecimento quanto à aplicação da PNRS no manejo de resíduos (ALFAIA; COSTA; CAMPOS, 2017). Esta situação é evidenciada principalmente em municípios de pequeno e médio porte devido ao reduzido quadro técnico e ausência de infraestrutura (DEUS et al., 2020).

Muitos estudos relatam métodos de diagnóstico e avaliação da gestão local, através de análise de desempenho (RODRIGUES et al., 2018; WILSON et al., 2015), indicadores de gestão (DA SILVA; PRIETTO; KORF, 2019), ferramentas de tomada de decisão (ZURBRÜGG; CANIATO; VACCARI, 2014). Entretanto, há uma lacuna de estudos que abordam o processo de implantação da PNRS nos municípios com diretrizes políticas a nível local e ações específicas para as características do município (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018).

Este trabalho irá apresentar: i) o diagnóstico da atual situação dos municípios brasileiros de médio porte quanto à gestão local de resíduos sólidos; ii) as diretrizes nacionais e internacionais da gestão integrada sustentável; iii) um *benchmarking* entre municípios brasileiros de médio porte referência em gestão de resíduos; e iv) um modelo de gestão integrada sustentável baseado nas políticas públicas com ações concretas para alcançar a sustentabilidade no manejo de resíduos em municípios de médio porte.

O resultado final do trabalho servirá como suporte técnico e científico aos municípios que desejam iniciar o processo de implantação da gestão integrada sustentável de resíduos sólidos urbanos. São estas articulações entre governanças que reforçam a importância de manter-se alinhadas políticas públicas com os objetivos do bem comum.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um planejamento de gestão integrada sustentável de resíduos sólidos urbanos para cidades de médio porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar o panorama da gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios brasileiros de médio porte;
- Definir diretrizes para a gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos;
- Estabelecer *benchmarking* da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos em municípios brasileiros de médio porte;

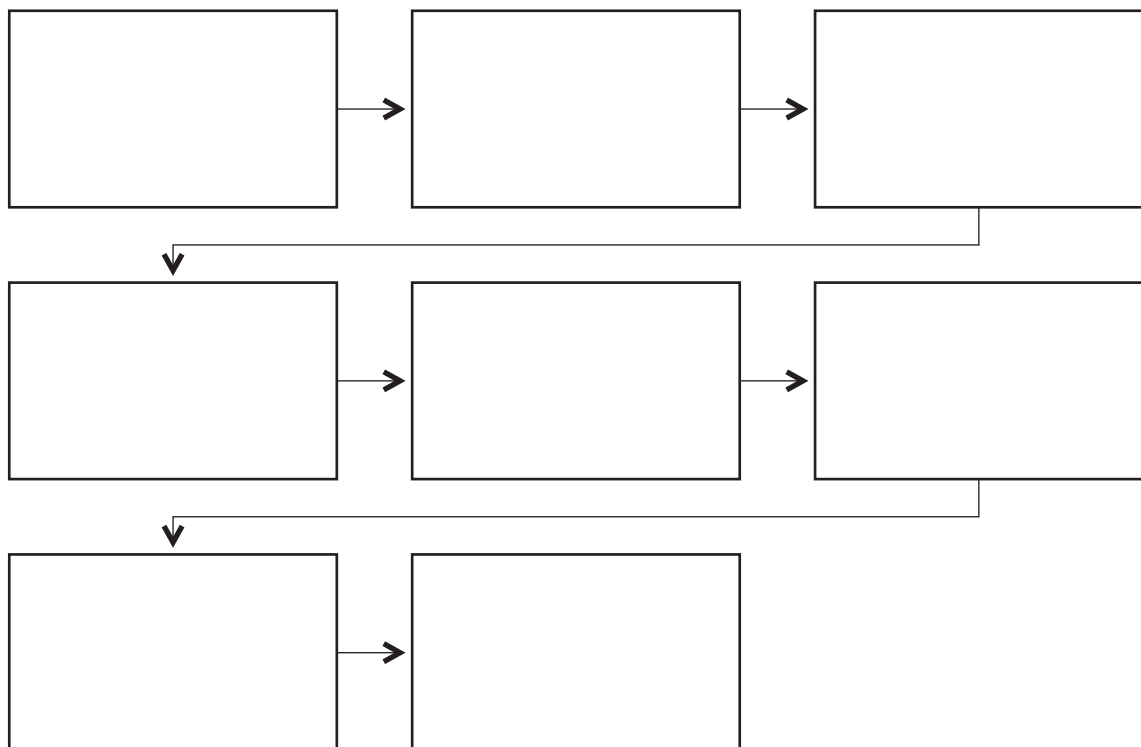
- Propor um conjunto de ações e ferramentas visando à gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros de médio porte e avaliar as condições de aplicabilidade em um município de médio porte.

1.3. APRESENTAÇÃO DA TESE

Esta tese é apresentada em capítulos contendo os artigos elaborados para submissão em revistas científicas. A introdução contextualiza a temática dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no mundo trazendo os principais problemas ambientais relacionadas a ineficiente gestão municipal. Apresenta a PNRS como marco legal para o saneamento do país ao qual se iniciam as prospecções sobre a gestão integrada.

A revisão bibliográfica aborda os conceitos de gestão municipal os modelos de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no mundo, etapas do gerenciamento e a prestação de serviços de limpeza pública. A Figura 1 apresenta a organização da tese.

Figura 1. Apresentação da tese.



Fonte: O autor, 2020.

Os quatro artigos representam os objetivos específicos da tese sendo apresentados em ordem cronológica. O artigo 01 intitulado “*Current status of municipal solid waste in medium-sized Brazilian cities through integrated management*” apresenta a atual situação da

gestão municipal de resíduos sólidos urbanos em 158 cidades brasileiras de médio porte. O artigo 02 “*A review of guidelines for sustainable municipal waste management: a case study on Brazil*” apresenta uma revisão das diretrizes para os municípios alcançar a sustentabilidade na gestão local. O artigo 03 “*Benchmarking of integrated sustainable waste management in medium-sized Brazilian cities*” traz uma comparação entre 05 municípios brasileiros que se destacam na gestão de resíduos sólidos urbanos e serve como modelo de boa prática a ser seguido e, por fim, o artigo 04 “*Actions and policy tools for local governments to achieve integrated sustainable waste management*” define as ações governamentais a serem adotadas pelos municípios para alcançar a gestão integrada sustentável em municípios de pequeno e médio porte. Ao final, o trabalho apresenta uma síntese das principais conclusões obtidas na tese.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL

2.1.1 A evolução da administração pública municipal

A administração pública evoluiu por meio de três modelos básicos: a administração pública patrimonialista, a burocrática e a gerencial. Estas três formas se sucedem no tempo, porém nenhuma delas foi totalmente abandonada (CHIAVENATO, 2018).

Com a evolução da administração pública, a burocrática foi adotada em substituição da patrimonialista, que definiu as monarquias absolutas e na qual o patrimônio público e o privado eram confundidos (PEREIRA, 2006).

A última versão, a administração pública gerencial, constituiu um avanço devido a evolução e aprimoramento das duas eras anteriores. As estratégias se voltam para a definição precisa dos objetivos que o administrador público deverá atingir em sua unidade, a garantia da autonomia do administrador na gestão de recursos humanos e o controle ou cobrança dos resultados (CHIAVENATO, 2018).

Este modelo gerencial tornou-se a realidade no mundo desenvolvido. A clareza dos objetivos para cada unidade da administração, da descentralização, da mudança das estruturas organizacionais e da adoção de valores e de comportamentos modernos, promoveu o aumento da qualidade dos serviços oferecidos pelo setor público (HELLER et al., 2012).

2.1.2 Conceitos de gestão

O conceito de gestão está associado com o ato de gerir.

Paludo (2017) cita que a gestão é um termo que pode ser entendido e analisado em três dimensões:

- a) Administrativo: sinônimo de administração compreende estrutura e recursos, responsável pela criação de um ambiente favorável ao desempenho das atividades de todas as áreas.
- b) Áreas de gestão: Trata-se de uma especialização da administração, que compreende recursos, técnicas, ferramentas. São consideradas, gestão de recursos humanos, gestão de financeiros, gestão da produção, entre outras.

- c) **Função de gerir:** Ultrapassa as funções de planejar, organizar, dirigir, coordenar e controlar as atividades das áreas, pois utiliza técnicas e conhecimentos, além de ferramentas inovadoras na busca da otimização dos resultados.

O que difere a gestão pública da gestão privada é o interesse do coletivo, ou seja, as ações devem ser para todos, sem que haja qualquer discriminação. O tratamento deverá ser igualitário das pessoas (CASTRO; CASTRO, 2014).

2.1.3 Modelos de gestão pública

A palavra modelo tem vários significados, como: referência, gabarito, exemplo, representação ou interpretação simplificada de uma realidade, caminho de sucesso, apresentação em escala de um objeto real (KANAAANE; FILHO; FERREIRA, 2010). A classificação apresentada por REZENDE (2015) é descrita abaixo com seus respectivos conceitos.

- a) **Gestão autoritária:** A gestão da organização e o processo decisório estão centralizados na alta administração da organização, fazendo com que os sistemas organizacionais sejam precários, fechados e também autoritários. Os assuntos são discutidos e decididos na alta administração, sem participação das pessoas envolvidas ou das respectivas unidades departamentais destinatárias, cabendo a estes o aceite e cumprimento das determinações.
- b) **Gestão Democrática:** A alta administração e a gestão da organização (detentores do processo decisório) consultam e permitem a participação dos níveis inferiores, possibilitando também a delegação, fazendo com que os sistemas organizacionais, embora fechados, sejam em parte abertos. Os assuntos são discutidos com todos, mas normalmente apenas as pessoas envolvidas ou as respectivas unidades departamentais destinatárias acabam executando as determinações. Ao contrário da democracia propriamente dita, muitas vezes a gestão democrática é maquiada pela gestão autoritária.
- c) **Gestão Participativa:** A alta administração e a gestão da organização descentralizam o processo decisório e permitem a delegação e o envolvimento de todos os níveis, definindo políticas, formalizando atividades, determinando responsabilidades e controlando resultados, o que faz com que os sistemas organizacionais sejam totalmente abertos, transparentes e efetivos. Os assuntos são discutidos e decididos em conjunto com a efetiva participação das pessoas envolvidas e das respectivas unidades departamentais destinatárias, facilitando o

aceite e o cumprimento das determinações coletivas. As decisões são colegiadas, mas não necessariamente unânimes.

- d) **Gestão Situacional:** A alta administração e a gestão da organização requerem situações específicas para poder atuar de forma momentânea, muitas vezes desvinculada das políticas definidas e dos procedimentos formalizados pela organização. Os assuntos são discutidos e decididos naquele momento com ou sem a participação das pessoas envolvidas e das respectivas unidades departamentais destinatárias, cabendo a estas ou a todos o aceite e o cumprimento das determinações do momento. A gestão situacional não pode se tornar um modelo constante, ela deve ser utilizada para situações especiais e momentâneas.

Segundo Machado e Holanda (2012) os modelos podem ser descritivos, quando há a intenção de descrever como as coisas ocorrem, ou normativos, quando se estabelece um padrão de comportamento, com base em uma estrutura conceitual previamente estabelecida de como se deve proceder tendo em vista os objetivos a serem alcançados.

2.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O conceito de gestão de resíduos sólidos abrange as atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais (KIJAK; MOY, 2004), ou seja, vai além das etapas do gerenciamento, que se restringem ao operacional. A gestão de resíduos sólidos considera o macro da situação envolvendo todas as esferas para a busca de soluções para os resíduos.

2.2.1 Evolução da gestão de resíduos sólidos

Com a evolução da sociedade, houve a necessidade de gestão destes resíduos, através de métodos, políticas e regulamentos que foram criados para acompanhar esta evolução (KREITH; TCHOBANOGLIOUS, 2002).

O regulamento de gestão de resíduos mais antigo foi na capital de Creta, Knossos 3.000 a.C. Na era da agricultura, entre 500 a.C. até meados de 1700 d.C., a remoção dos resíduos era apenas por conveniência, sendo que não havia qualquer orientação ou regulação para disposição dos resíduos. As pequenas comunidades entravam em um consenso do local que fariam o depósito destes resíduos (EIGENHEER, 2009).

Em São Paulo no século XVI, a partir das epidemias, houveram articulações para sanear as cidades, entre elas, a coleta do lixo, a construção dos cemitérios, e o alimento das ruas e das casas (MIZIARA, 2006).

Na metade do século XVII, com a revolução industrial, houve grandes impactos sobre os tipos e quantidades de resíduos que eram gerados, e surgiu um novo conjunto de preocupações, especialmente a gestão de resíduos, que era associada a saúde pública e a limpeza urbana. Os serviços urbanos de limpeza pública iniciam no final do século XVII, e os primeiros materiais recicláveis como papel e metal, a partir de 1776 (EIGENHEER, 2009).

Passado o período de guerras, a produção industrial se estabiliza, iniciando a era da informação, o que serviu como um catalisador para disseminar rapidamente dados referente as questões ambientais. O movimento para resíduos sólidos muda o foco de saúde pública para conservação dos recursos naturais. Neste momento o governo norte americano toma medidas fundamentais estabelecendo políticas e metas, o que culminou no desenvolvimento sustentável (PEREIRA, 2006).

No Brasil a questão dos resíduos sólidos, é vista como problema urbano, desde a época colonial. As implicações ambientais mais graves e de saúde pública já eram conhecidas no início do século XX (PHILIPPI JR, 2005). Tardio, o país, ainda enfrenta a questão dos resíduos com problemas na saúde pública.

Os grandes centros iniciaram com os serviços de limpeza pública, principalmente pelo aglomerado de população e disponibilidade de infraestrutura. Ainda é possível perceber nos dias atuais, a diferença na gestão dos resíduos nas pequenas cidades, ao qual carente de recursos e estrutura, têm dificuldade no manejo ambientalmente correto dos resíduos.

2.2.2 Modelos de gestão de resíduos sólidos no Brasil

Os modelos de gestão de resíduos sólidos no Brasil, passaram por mudanças desde a implementação da PNRS. Até os anos 1990, a preocupação do poder público municipal com o gerenciamento dos resíduos era restrita a operar o sistema de limpeza urbana, promovendo a varrição, coleta, transporte e disposição final dos resíduos, sem a preocupação quanto aos aspectos de remuneração dos serviços, aplicação de indicadores de eficiência e controles ambientais (PHILIPPI JR, 2005).

Ao longo dos tempos, os serviços de saneamento básico no país vêm sendo organizados por meio de diferentes modelos institucionais, com destaque para os serviços prestados sob as modalidades de administração direta, administração indireta, iniciativa privada e Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB) (HELLER et al., 2012).

O manejo dos resíduos sólidos é um serviço público executado na esfera municipal e regulado de forma específica. No Brasil, a sua origem, normatização e aperfeiçoamento técnico são influenciados pelos modelos europeu e norte-americano (CRISTINA; PEREIRA; GOES, 2016). Desde seu surgimento até o momento atual, diversos modelos determinaram suas formas de manejo. A relação entre poder público e iniciativa privada para a execução do serviço de limpeza urbana se inicia em sua implantação. Três fases caracterizam sua estruturação: implantação por empresa estrangeira; administração direta (ou estatização); e terceirização para empresa nacional (MARQUES, 2005).

Cada um destes períodos deu origem a um modelo de gestão. A PNRS inaugura uma quarta fase na gestão deste serviço público. Ela coloca elementos negligenciados nas fases anteriores como aspectos centrais, entre eles, o controle social, que demanda a necessidade de transparência nos contratos; a coleta seletiva; e a inclusão de catadores de materiais recicláveis (CRISTINA; PEREIRA; GOES, 2016).

No Brasil, o serviço público de limpeza urbana foi organizado nas grandes cidades no final do século XIX. Diferentemente do que ocorreu na Europa e nos Estados Unidos, esta primeira fase é marcada pela presença da iniciativa privada de capital estrangeiro. A estruturação deste sistema fazia parte da infraestrutura mínima requerida para a industrialização do país (MARQUES, 2005).

A segunda fase é caracterizada pela administração direta. Isto ocorre no contexto de substituição de importações, em que o Estado passa a ter o papel central no desenvolvimento econômico. Dessa forma, depois de implantado o serviço, observa-se sua transferência para o poder público. A terceira fase do serviço público brasileiro consiste na concessão dos serviços para a iniciativa privada; desta vez, para empresas nacionais. Nessa fase, o planejamento permanece sob o controle da prefeitura (CRISTINA; PEREIRA; GOES, 2016).

2.2.3 A gestão estatista

O que era considerado lixo, passa a ser tratado como problema de saúde pública para os municípios e posteriormente como um passivo ambiental nas áreas urbanas. O modelo estatista, estruturou as relações burocráticas de poder, teve como objetivo o controle da cadeia dos resíduos sólidos. Serviu também para consolidar o serviço e ampliar o atendimento à população (JURAS, 2012).

Nesta gestão, as decisões e execução dos serviços são tarefas da prefeitura municipal, sendo que o sistema de coleta seletiva é institucionalizado, vindo com medidas que proíbem e criminalizam a atividade de catação por exemplo. A ação dos catadores é limitada a triagem

do material, sendo que estes não realizam coleta porta a porta. Os grupos e associações que se adaptam ao trabalho no formato predeterminado pelos gestores das prefeituras são incluídos, enquanto aqueles que optarem por permanecer nas ruas são coibidos. A remuneração dos catadores é proveniente da venda do material reciclável, podendo contar com algum convênio para cobrir custos de manutenção do espaço, que também pode ser cedido ou alugado pela prefeitura (OLIVEIRA, 2016).

2.2.4 A gestão privatista

Neste modelo, os serviços de limpeza urbana são transformados em mercadorias. Trata-se de uma mercadoria em que produção e consumo são simultâneos, ou seja, ao mesmo tempo em que o serviço de limpeza urbana é realizado, os usuários se beneficiam dele (OLIVEIRA, 2016).

A prefeitura contrata uma empresa privada para a prestação integral ou parcial do serviço de limpeza urbana, devido falta de infraestrutura necessária nas prefeituras, para a execução destes serviços. É observada nas prefeituras, a dificuldade em fiscalizar a execução dos serviços (MARQUES, 2005)

A redução de corpo técnico pelas prefeituras, ou até a ausência destes profissionais, leva a terceirização de algumas atividades que até então eram realizadas pelo órgão municipal. Esta é uma tendência das prestações de serviços em âmbito geral.

2.2.5 A gestão integrada de resíduos

A gestão integrada dos resíduos sólidos consiste no conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010a).

A evolução da sociedade e o aumento das preocupações com o bem-estar social e ambiental foi evidenciado na (ONU, 1995) ao qual traz conceitos e definições sobre a gestão integrada de resíduos:

“O manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não sustentáveis de produção e consumo. Isto implica a utilização do ciclo vital, o qual apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente.”

Neste novo modelo de gestão integrada, proposto oficialmente pela PNRS, traz os resíduos sólidos como potencial insumo para as diversas cadeias produtivas. Enquanto nos modelos de gestão anteriores a esta legislação a principal preocupação era com sua destinação, agora a abordagem do problema deve se iniciar pela não geração, passando pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, por último, a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010a). Ou seja, internalizar este “problema” ao qual demanda de toda a cadeia produtiva envolvida, desde a geração até a destinação final.

A PNRS foi um marco nesta nova etapa, pensando na não geração e na redução, a política determina a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa e o princípio do poluidor pagador, que obriga o fabricante ou importador a se responsabilizar pelos resíduos gerados pelo descarte da embalagem ou produto (BRASIL, 2010a).

A política, ainda tem como objetivos a integração dos catadores de materiais recicláveis, estímulo ao consumo sustentável, análise do ciclo de vida dos produtos, e o incentivo a indústria da reciclagem.

2.2.6 Análise do desempenho da gestão local

O sistema de gestão pública deve ser avaliado constantemente para verificar o cumprimento das metas de governo, orçamento disponível e engajamento social. O uso de indicadores para avaliar o desempenho da governança é uma importante ferramenta para o poder público (FUSS; BARROS; POGANIETZ, 2018). Os indicadores de gestão de resíduos devem considerar as dimensões ambientais, econômicas e sociais. Eles devem ser mensuráveis, viáveis, flexíveis, simples e dinâmicos (DA SILVA; PRIETTO; KORF, 2019).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) disponibiliza uma cesta de indicadores para preenchimento anual pelos prestadores de serviços. Para o eixo de resíduos sólidos são 52 indicadores (MDR, 2019).

O Quadro 1 apresenta as publicações entre os anos de 2015 e 2020 mais relevantes quanto a seleção de indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos.

Quadro 1. Publicações com indicadores de gestão de resíduos entre 2015-2020.

Referência	Ano	País	Nº Indicadores
WILSON et al.	2015	Inglaterra	12
ABRELPE	2015	Brasil	10
TURCOTT CERVANTES et al.	2018	Espanha	40
MINISTÉRIO DAS CIDADES	2018	Brasil	52
DA SILVA; MARQUES PRIETTO; PAVAN KORF	2019	Brasil	49
IBÁÑEZ-FORÉS et al.	2019	Espanha	22
DEUS et al.	2020	Brasil	08
OLAY-ROMERO et al.	2020	México	10

Fonte: O autor, 2020.

2.2.7 O benchmarking na gestão municipal de resíduos sólidos urbanos

A palavra “benchmark” além de seu significado técnico também ganhou novos significados e é transferida no mundo dos negócios com a forma de “benchmarking” na década de 1970. Foi posicionado na literatura de negócios como um paradigma de gestão, visando qualquer implementação melhor e incluindo as comparações relevantes e ajustes (ERDIL; ERBIYIK, 2019).

O benchmarking é uma abordagem sistemática para a melhoria do negócio onde a melhor prática é buscada e implementada para melhorar um processo além do desempenho de referência (TORUN et al., 2018). Esta ferramenta é útil para que a governança escolha tipos de gestão e iniciativas políticas que possuem potencial para melhorar os resultados no manejo dos resíduos (LAVIGNE; DE JAEGER; ROGGE, 2019).

O processo de benchmarking passou de um “processo contínuo e sistemático de avaliação de produtos e serviços” para um “processo contínuo de identificação, aprendizado e implementação de boas práticas para obter vantagens competitivas a nível interno ou externo” (ANAND; KODALI, 2008).

O *benchmarking* é uma importante ferramenta para estabelecer referências em processos unitários permitindo uma avaliação e comparação entre pares através do uso de indicadores (ILIC; NIKOLIC, 2016). O *benchmarking* é capaz de identificar as boas práticas na gestão de resíduos servindo como exemplo para demais municípios que almejam melhorar o desempenho no manejo de resíduos. Ele pode ser estabelecido através de publicações científicas e legislação local disponível.

Existem diversas definições de benchmarking pode ser uma metodologia, mensuração ou comparação com os melhores. Usualmente consiste em dois aspectos: a) comparação do nível de desempenho para verificar a diferença entre os semelhantes; e, b) determinar quais

organizações pode se aprender mais, e estudar como os melhores desempenhos alcançaram seu patamar e adotar suas práticas (STAPENHURST, 2009). Segundo Lavigne, De Jaeger e Rogge (2019) as variações do benchmarking podem ser de desempenho, produto, processo, estratégico, genérico, funcional, competitivo, financeiro, operacional, colaborativo e métrico.

ANAND; KODALI (2008) compararam 35 diferentes modelos de *benchmarking* e observaram que a maioria deles compartilha vários temas-chave, incluindo medição, comparação, identificação de melhores práticas, implementação e melhoria. A importância do *benchmarking* resulta de sua aplicabilidade em uma variedade de campos como: produção enxuta, inovação, produto, desenvolvimento, sistemas de fabricação, logística, organização, meio ambiente, saúde, segurança, finanças, marketing, além de muitos outros.

Os principais trabalhos de *benchmarking* na gestão de resíduos sólidos consideram o contexto físico e de governança através de indicadores qualitativos e quantitativos envolvendo os aspectos econômicos, ambientais, sociais, administrativos e legais de uma instituição (WILSON et al., 2015).

O primeiro passo no benchmarking é definir os processos para quais as métricas de referência serão aplicadas e que irão refletir nos objetivos de desempenho da organização. Após a seleção dos benchmarks o próximo passo é a comparação com outras instituições para extração do melhor desempenho em muitos casos apresentando as boas práticas (ANAND; KODALI, 2008).

2.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

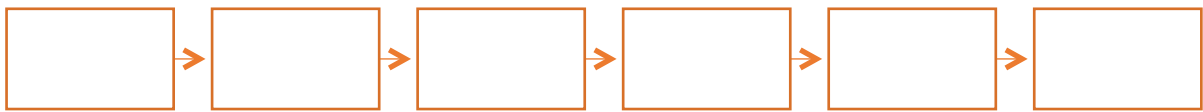
O gerenciamento de resíduos sólidos consiste no conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

Refere aos aspectos tecnológicos e operacionais, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho articulando ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, desde que seja compatível com a realidade local. O sistema convencional de manejo de resíduos até a década de 90 era definido pela coleta, transporte e destinação final dos resíduos em lixões, aterro controlado ou aterro sanitário. A partir de 2010 com a implementação da política, foi observado aumento significativo da disposição adequada dos resíduos (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002).

Os modelos de gerenciamento no Brasil podem variar de acordo com a infraestrutura disponível do município. Mesmo com a legislação obrigando os municípios a realizarem o tratamento nem todos conseguem atender integralmente a este quesito (OLIVEIRA, 2016).

A maior parte deles ainda está baseado na geração, acondicionamento, coleta, transbordo, tratamento e disposição final (Figura 2). Sendo que os impactos mais significativos ao meio ambiente, estão relacionados a forma de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos (LIMA et al., 2014).

Figura 2. Etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos.



Fonte: O autor, 2020.

2.3.1 Geração

A geração de resíduos engloba todos os materiais que não possuem mais valor, esta eliminação é classificada como geração do resíduo (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002). Nesta etapa, há a identificação do tipo de resíduo de acordo com sua classe, origem e característica. A geração de Resíduo Sólido Urbano (RSU) ocorre nas residências urbanas, comércio, varrição de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2010a). Os resíduos comumente gerados são, restos de alimentos, papéis, plásticos, metais, vidros, madeiras, couros, têxteis e resíduo de poda. Além dos resíduos especiais, como eletroeletrônicos, óleos e baterias, entre outros.

A geração de resíduos está ligada diretamente com a cultura local, disponibilidade de recursos e tamanho das cidades. Quanto maior a cidade, maior será a geração de resíduos deste município, isto se dá, devido ao poder aquisitivo da população em comprar bens supérfluos que possuem maior quantidade de embalagens (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019). Nesta etapa que pode ser aplicada a política dos 5R's, sendo elas: recusar, reduzir, reaproveitar e reciclar.

2.3.2 Acondicionamento

O manuseio e a separação de resíduos envolvem as atividades associadas ao gerenciamento dos resíduos até que sejam colocados em recipientes de armazenamento para a

coleta. O manuseio também abrange o movimento dos recipientes carregados até o ponto para coleta (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002).

Esta etapa é essencial para o adequado funcionamento de um sistema de coleta seletiva, pois a separação na fonte, evita que resíduos recicláveis sejam contaminados por resíduos orgânicos ou rejeito. O armazenamento em local adequado é primordial do ponto de vista estético e saúde pública (PHILIPPI JR, 2005).

É necessário prestar esclarecimentos à comunidade quanto aos seguintes aspectos: característica do recipiente, localização do recipiente, modo mais adequado de acondicionar os resíduos para a coleta, higienização dos locais de acondicionamento, serviços de coleta como horário, dias da semana, local estabelecido. Existem várias maneiras de acondicionar os resíduos sólidos, conforme sua origem. Os resíduos domiciliares e comerciais, em recipientes rígidos, herméticos, sacos plásticos descartáveis, containers coletor ou intercambiável (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, 2004).

Para resíduos de varrição, sacos plásticos descartáveis, container coletor, caixas subterrâneas, recipientes basculantes, container estacionário. Os resíduos de feiras livres e eventos devem ser armazenados em tambores de 100 a 200 litros, cestos coletores de calçadas, container estacionário e cestos (AZEVEDO; SCAVARDA; CAIADO, 2019).

Todos os recipientes possuem vantagens e desvantagens devido a sua aplicabilidade, portanto faz-se necessário avaliar qual será o destino deste resíduo e qual será a forma de coleta, para avaliar a melhor forma de acondicionamento (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002).

2.3.3 Coleta e transporte

A coleta de resíduos inclui todos os tipos de materiais, recicláveis e não recicláveis. Nesta etapa, ocorre a coleta nos domicílios ou pontos de coleta e o transporte até o ponto de descarga, podendo ser aterro sanitário, usinas de triagem e compostagem e área de transbordo (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002). Os tipos de coleta de resíduos podem ser classificados em: coleta domiciliar, coleta de feiras livres, praias, e estabelecimentos públicos, coleta especial, coleta seletiva, coleta de serviços de saúde (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, 2004).

A fim de garantir a eficiência dos serviços, a coleta deve possuir um bom planejamento, para que haja o melhor rendimento possível e pontualidade. A coleta deve garantir os seguintes aspectos: periodicidade, garantindo o engajamento da população, a frequência que é o intervalo entre uma coleta e outra, que deve ser o mais curto possível, e o

horário, que usualmente é realizado durante o dia, porém em áreas de maior tráfego é realizada no período noturno. É importante que a coleta ocorra sempre no mesmo horário pré-estabelecido (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002).

Os veículos comumente utilizados para a coleta são caçamba tipo basculante, caminhão compactador e caminhão com carroceria. Os veículos compactadores apresentam maior rendimento na área de coleta, pois reduz os espaços vazios aumentando a capacidade do caminhão. Porém, o material misturado (orgânico e seletivo) poderá contaminar os demais, inviabilizando a reciclagem (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, 2004).

2.3.4 Tratamento e valorização dos resíduos

Os processos de tratamento de resíduos são para reduzir volume e peso do material, convertendo e para reciclar e obter energia. Estão inclusas as etapas de triagem, higienização, segregação, redução, inertização e reciclagem, transformação do resíduo em matéria prima ou novo produto (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002). Ainda que alguns resíduos não possam ser reaproveitados, estes são classificados como rejeito e destinados para disposição final em aterros.

Os métodos de tratamento de resíduos mais empregados no Brasil, é a reciclagem, a compostagem e a incineração com geração de energia. Devido à grande área que o país possuiu para disposição final, a maioria das cidades os municípios encaminham seus resíduos para centro de triagem e o restante para aterros, ou na sua totalidade para aterros sanitários (REICHERT; MENDES, 2014).

Modelos de tratamento de resíduos europeus, por exemplo, com tecnologia avançada e disponível realizam o tratamento térmico de seus resíduos, a fim de utilizar como aproveitamento energético através da incineração, gerando por fim energia para distribuição. A valorização agrega ainda mais ao processo, pois se podem obter benefícios através do tratamento de um material. As formas de valorização utilizadas são, valorização mecânica, biológica e energética (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, 2004).

A PNRS, prevê em seu artigo 3º, que a destinação ambientalmente adequada, ocorre através da reutilização, reciclagem, compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético (BRASIL, 2010a). Estas formas de valorização de resíduos podem ser subdivididas em categorias, como a valorização mecânica, biológica e energética.

2.3.4.1 Valorização mecânica

A valorização mecânica é caracterizada pela recuperação dos resíduos sólidos através de processos de beneficiamento, como a reciclagem (KREITH; TCHOBANOGLIOUS, 2002). Os materiais passíveis de reciclagem, são aqueles que possam ser transformados em matéria prima para novo produto, como papel, papelão, plástico, metais, isopor, vidro, e matéria orgânica (ARAÚJO, 2012).

A reciclagem é um conjunto de operações interligadas cuja finalidade é a reintrodução dos materiais recicláveis nos processos produtivos. Este processo inicia na fonte geradora, onde a população deve realizar a separação dos resíduos de acordo com as orientações locais.

Existem três tipos básicos que podem ser utilizados para recuperar resíduos sólidos recicláveis: a coleta dos materiais recicláveis separados na fonte geradora, com ou sem processamento subsequente. Coleta de materiais misturados com processamento em instalações de recuperação (unidades de triagem). Resíduos misturados com processo de recuperação por fluxo de resíduos ou instalações de processamento *front-end* (KREITH; TCHOBANOGLIOUS, 2002).

2.3.4.2 Valorização biológica

A compostagem, juntamente com a vermicompostagem (minhocultura) e a biodigestão, são alternativas para aproveitamento de resíduos orgânicos (WWF, 2015). A norma técnica brasileira NBR 13591 de março de 1996 define a compostagem como o processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose (com presença de oxigênio) e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996).

No processo de compostagem estão presentes a matéria orgânica, minerais e micro-organismos para que nas condições de aeração e umidade apropriadas, se produzam as reações de decomposição. Nas leiras de resíduos, os diferentes grupos de micro-organismos começam a trabalhar rompendo as moléculas das mais simples as mais complexas, transformando-as em composto (WWF, 2015).

2.3.4.3 Valorização energética

A valorização energética, ou recuperação energética é um processo industrial que permite recuperar parte da energia contida nos resíduos sólidos. Os métodos mais empregados

utilizam a incineração e, com o calor obtido, gera-se vapor e/ ou energia elétrica que pode ser novamente aproveitada pela sociedade (ALLEGRINI et al., 2015).

Na pirólise, o tratamento térmico é totalmente sem a presença de oxigênio, os componentes dos RSU são decompostos em hidrocarbonetos na forma gasosa e cinzas. A fração gasosa pode ser destilada para obter diferentes hidrocarbonetos ou queimados em caldeiras ou geradores para gerar energia elétrica ou ainda oxidados (ABRELPE, 2013).

2.3.5 Disposição Final

O aterro sanitário é a forma de disposição final ambientalmente correta para disposição final dos resíduos. É a técnica de disposição no solo, que visa a minimização dos impactos ambientais. A cobertura de terra sobre o resíduo permite a compactação e o controle de vetores no local. O aterro possui solo impermeabilizado por mantas, sendo que o chorume escoar até uma lagoa de tratamento. Os gases são coletados por tubulações condutoras até a superfície para ser queimado, podendo também ser utilizado para geração de energia (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE, 2004).

Os aterros sanitários, conforme previsto na legislação nacional, é de uso exclusivo para recebimento de rejeito, material que não é passível de reciclagem ou compostagem (BRASIL, 2010a). Os requisitos básicos para implantação de aterros sanitários, requerem uma distância mínima de 5 km dos aglomerados populacionais, além do estabelecimento de parâmetros construtivos, como vida útil, após projeto, preço da área, localização, possibilidade de drenagem entre outros aspectos da engenharia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

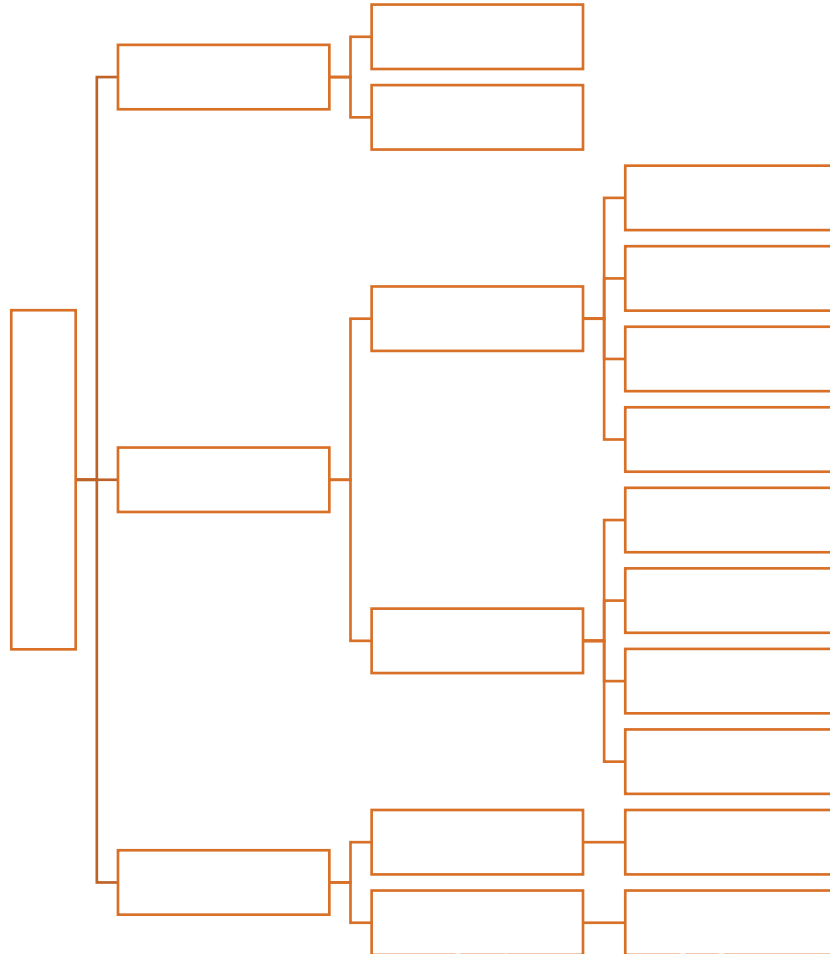
Ainda existem os aterros controlados, que são áreas de disposição de resíduos no solo, com impacto ambiental minimizado. Os antigos lixões, após a sua recuperação, transformam-se em aterros controlados onde há uma cobertura de material inerte sobre o resíduo para que não haja a proliferação de vetores. Não dispõe de impermeabilização do solo, portanto o chorume formado na decomposição dos compostos orgânicos, infiltra no solo, podendo contaminar os lençóis freáticos próximos (ARAÚJO, 2012).

2.4 EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA

Os serviços de limpeza pública de logradouros, coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos, além da construção, regularização, desativação e recuperação de aterros sanitários ou lixões, podem ser executados pelo próprio poder público (ROMANI; SEGALA,

2014). As modalidades de prestação dos serviços, através da sua natureza jurídico-administrativa são: administração direta municipal, administração indireta municipal, a qual é concretizada pela via da delegação, abrangendo a delegação legal e a contratual. Sem prejuízo dessas formas de execução dos serviços, o Poder Público poderá adotar, ainda, a gestão associada (Figura 3) (HELLER et al., 2012).

Figura 3. Modalidades de prestação de serviços públicos.



Fonte: O autor, 2020.

2.4.1 Execução direta

A administração direta compreende nos órgãos ligados diretamente à estrutura administrativa do poder executivo e que prestam serviços à comunidade diretamente em seu nome e sob a sua responsabilidade. No âmbito municipal, a prefeitura e suas secretarias representam estas atividades (BERNARDI, 2012).

No sistema de execução direta, apenas o Poder Público realiza a prestação dos serviços públicos, desde que disponha de recursos materiais, humanos e técnicos. Não há, portanto,

contratação de particular ou criação de entidade da Administração Pública indireta para isso. O poder público pode ainda criar órgão ou departamento específico para a execução desses serviços (CASTRO; CASTRO, 2014).

Este modelo possui vulnerabilidade frente as questões políticas na sua gestão e sofre todas as limitações inerentes ao serviço público, como o excesso de formalidades a serem cumpridas para a aquisição de bens e equipamentos e a falta de agilidade para resolver eventos que fujam da rotina (BRUIDEKI; BERNARDI, 2013).

2.4.2 Execução indireta

A administração indireta possui diversas categorias de entidades que possuem personalidade jurídica própria e que podem estar vinculadas as secretarias municipais (BERNARDI, 2012).

Na execução indireta, o poder público delega o serviço para terceiro. Esta delegação pode ocorrer por lei para entidade da Administração Pública indireta ou, ainda, por contrato para o particular, permitindo a formalização da concessão, parceria público-privada, permissão ou terceirização. No primeiro caso, estar-se-á diante de delegação legal e, no segundo, de delegação contratual (CASTRO; CASTRO, 2014).

Tem pretensão de buscar uma agilidade gerencial que permite vencer as amarras e limitações dos serviços públicos (BRUIDEKI; BERNARDI, 2013). A execução indireta pode ocorrer das seguintes formas (ROMANI; SEGALA, 2014):

2.4.2.1 Delegação legal

O poder público transfere o serviço público para entidade da administração pública indireta nas seguintes modalidades (BRASIL, 1967):

- a) Empresa pública: Entidade dotada de personalidade jurídica de direito privado, com patrimônio próprio e capital exclusivo da União, criado por lei para a exploração de atividade econômica que o Governo seja levado a exercer por força de contingência ou de conveniência administrativa podendo revestir-se de qualquer das formas admitidas em direito.
- b) Sociedade de economia mista: Entidade dotada de personalidade jurídica de direito privado, criada por lei para a exploração de atividade econômica, sob a forma de sociedade anônima, cujas ações com direito a voto pertençam em sua maioria à União ou a entidade da Administração Indireta.

- c) Autarquia: Trata-se de um serviço autônomo, criado por lei, com personalidade jurídica, patrimônio e receita próprios, para executar atividades típicas da Administração Pública, que requeiram, para seu melhor funcionamento, gestão administrativa e financeira descentralizada.
- d) Fundações públicas: Entidade dotada de personalidade jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, criada em virtude de autorização legislativa, para o desenvolvimento de atividades que não exijam execução por órgãos ou entidades de direito público, com autonomia administrativa, patrimônio próprio gerido pelos respectivos órgãos de direção, e funcionamento custeado por recursos da União e de outras fontes.

2.4.2.2 Delegação contratual

Neste caso, o particular assume com seu próprio nome a prestação dos serviços e também os riscos envolvidos nesta prestação.

- a) Concessão: Delegação de sua prestação, feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado (BRASIL, 1995). Na concessão, o particular presta o serviço em nome da prefeitura e, portanto, responsabilizam-se frente ao usuário pelos acertos e erros do serviço prestado.
- b) Parceria Público-Privada: É o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa (BRASIL, 2004). Trata-se de um contrato pelo qual o parceiro privado assume o compromisso de disponibilizar à administração pública certa utilidade mensurável mediante a operação e manutenção de uma obra por ele previamente projetada, financiada e construída. Muitas prefeituras buscam esta forma de contrato, a fim de reduzir custos com investimentos na construção de aterros sanitários e aquisição de equipamentos.
- c) Permissão: É a delegação, a título precário, mediante licitação, da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco (BRASIL, 1995). A relação com o Poder Público é de substituição frente a terceiros, ou seja, o permissionário assume a responsabilidade objetiva frente ao usuário. A principal característica do regime jurídico desse tipo de concessão de serviços é a

precariedade, não sendo, portanto, recomendada para o tema resíduos sólidos, especialmente para a implantação e operação de aterros sanitários.

- d) Terceirização: Trata-se de contrato administrativo de prestação de serviços ou obras públicas, sempre em observância ao disposto na Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993. Deve ser observado que, nesse caso, a remuneração é feita pela Administração Pública à medida que o contrato vai sendo cumprido, e que o prazo máximo de contratação é de 60 meses, não podendo haver financiamento por particular (BRASIL, 1993).

2.4.3 Gestão associada

A gestão associada é o exercício das atividades de planejamento, regulação ou fiscalização de serviços públicos por meio de consórcio público ou de convênio de cooperação entre entes federados, acompanhadas ou não da prestação de serviços públicos ou da transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos (BRASIL, 2007a).

A prestação de serviço público em regime de gestão associada ocorre com a execução de toda e qualquer atividade ou obra com o objetivo de permitir aos usuários o acesso a um serviço público com características e padrões de qualidade determinados pela regulação ou pelo contrato de programa (BRASIL, 2005).

Esta modalidade não envolve particulares, pois é um instrumento entre entes federativos, e não entre Estado e iniciativa privada, mas pode envolver entes da mesma esfera ou de esferas diferentes, como município e município, municípios e governo estadual, governo estadual e governo estadual, e assim por diante (BRASIL, 2007a).

2.4.3.1 Consórcio Público

O consórcio é dotado de pessoa jurídica formada exclusivamente por entes da Federação, na forma da Lei nº 11.107 de 06 de abril de 2005, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade jurídica de direito público e natureza autárquica, ou como pessoa jurídica de direito privado sem fins econômicos (BRASIL, 2007a).

O Consórcio é uma entidade local, ou seja, é primeiramente uma entidade pública de caráter local. Além disso, pode também ser caracterizado por uma corporação Inter administrativa local e não territorial, voluntariamente constituída e integrada por algumas Corporações Locais e outras Entidades Públicas de diferente ordem, ou somente por

Corporações Locais de diferente grau, com a finalidade de planificar, regulamentar, fiscalizar e prestar serviços de acordo com as tecnologias adequadas a cada realidade (BRASIL, 2005).

A prestação regionalizada dos serviços públicos de saneamento básico está regulada pelo Art. 14 da Lei nº 11.445/2007. Esta prestação regionalizada é caracterizada por único prestador dos serviços para vários Municípios, contíguos ou não; a uniformidade de fiscalização e regulação dos serviços, inclusive de sua remuneração e a compatibilidade de planejamento (BRASIL, 2007b).

Os consórcios públicos para gerenciamento de resíduos, são comumente utilizados, para agregar pequenos municípios, que não possuem recursos e demanda suficiente a fim de operacionalizar um aterro único para a cidade. De tal forma, com a união destes, é possível operacionalizar um sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2005).

2.4.3.2 Convênio de Cooperação

É um pacto firmado exclusivamente por entes da Federação, com o objetivo de autorizar a gestão associada de serviços públicos, desde que ratificado ou previamente disciplinado por lei editada por cada um deles (BRASIL, 2007a).

Tem respaldo na Constituição Federal no artigo 71, inciso IV, e no artigo 241 em sua Emenda Constitucional nº 19 de 1998 (BRASIL, 1988). Os convênios podem dispor sobre o planejamento, programação, regulação, fiscalização e a avaliação e controle de serviços públicos. Por meio desse tipo de convênio, o município pode delegar a regulação de um determinado serviço a uma instituição de outro município ou do governo estadual (BRASIL, 2007a).

2.4.3.3 Contrato de Programa

O contrato de programa é um instrumento pelo qual devem ser constituídas e reguladas as obrigações que um ente da Federação, inclusive sua administração indireta, tenha para com outro ente da Federação, ou para com consórcio público, no âmbito da prestação de serviços públicos por meio de cooperação federativa (BRASIL, 2007a).

Tem sede na Lei Federal nº 11.107/2005, possuindo como objetivo a constituição e regulação de obrigações de um ente com outro ou com o consórcio, caso haja a prestação de serviços públicos (BRASIL, 2005).

Serve para concretizar a execução de serviço público sem ultrapassar os limites da gestão associada. O contrato de programa pode ser celebrado com entes da administração direta ou indireta, sejam estes últimos de direito público ou privado. Dentro dessa modalidade

de gestão, os municípios poderão formar um consórcio, que pode celebrar com uma autarquia de um dos municípios um contrato de programa para a realização de serviços de interesse comum, como, por exemplo, a disposição final dos resíduos sólidos dos entes envolvidos.

2.5 CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE RSU

Segundo a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os resíduos sólidos resultam das atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, comercial, agrícola, saúde, de serviços e de varrição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Os resíduos são classificados por sua origem, característica e periculosidade. A PNRS, traz no Quadro 2 as definições quanto a sua origem.

Quadro 2. Classificação dos resíduos quanto a origem.

Origem	Descrição
Resíduos domiciliares	Originários das atividades domésticas em residências urbanas.
Resíduos de limpeza urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
Resíduos sólidos urbanos	Engloba os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana.
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Os gerados nessas atividades, exceto os resíduos de limpeza urbana, saneamento básico, serviços de saúde, construção civil e transportes.
Resíduos de saneamento básico	Os gerados nessas atividades, exceto os resíduos sólidos urbanos.
Resíduos industriais	Os gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
Resíduos de serviços de saúde	Os gerados nos serviços de saúde.
Resíduos da construção civil	Os gerados nas construções, reformas, escavações e outras obras civis.
Resíduos agrossilvopastoris	Os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais e seus insumos.
Resíduos de serviços de transportes	Os originários de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários.
Resíduos de mineração	Os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2010a).

São as características dos resíduos sólidos que determinam a sua classificação. Philippi Jr (2005) apresenta algumas características importantes para definição de classes:

- a) Densidade aparente, medida em unidade de massa por unidade de volume;
- b) Umidade, em porcentagem de massa;
- c) Composição qualitativa, que corresponde à lista dos materiais e substâncias de interesse presente nos resíduos;
- d) Composição quantitativa, que corresponde à quantidade percentual dos materiais ou à quantidade massa/massa de substâncias de interesse;

- e) Caracterização química, que corresponde à quantificação dos elementos químicos presentes ou ao comportamento do resíduo submetido a testes químicos específicos, como lixiviação, solubilização e combustão.

Segundo a NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Os resíduos são classificados em:

- a) Resíduos Classe I – Perigosos: São aqueles que apresentam periculosidade, como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- b) Resíduos Classe II – Não Perigosos: Não apresentam alguma das reações acima citado.

Os resíduos Classe II, ainda são divididos em duas categorias, não inertes e inertes:

- a) Resíduos Classe II A – Não Inertes: Possuem propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- b) Resíduos Classe II B – Inertes: São aqueles que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos de padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos domiciliares, são aqueles gerados nas residências ou que quando gerados em outras atividades, possuem as características compatíveis com estes. Sendo predominantemente os resíduos orgânicos, recicláveis e não recicláveis (BRASIL, 2010a).

Ainda os resíduos de limpeza urbana que englobam nesta categoria, são de sua maioria, restos de poda, varrição e limpeza de logradouros.

Conforme previsto na legislação o governo municipal detém da responsabilidade do gerenciamento dos RSU. As prefeituras, realizam essa gestão onerando o contribuinte pelas atividades realizadas. Muitas vezes, este serviço ainda é terceirizado a empresas especializadas, devido à falta de infraestrutura para a gestão dos serviços.

Os resíduos domiciliares, são compostos principalmente por matéria orgânica, papel, plástico, papelão, vidro, metal e rejeitos de maneira geral.

Usualmente a geração dos resíduos dá-se nas cozinhas, banheiros e escritórios, sendo que o acondicionamento e armazenamento é realizado em sacolas plásticas e lixeiras.

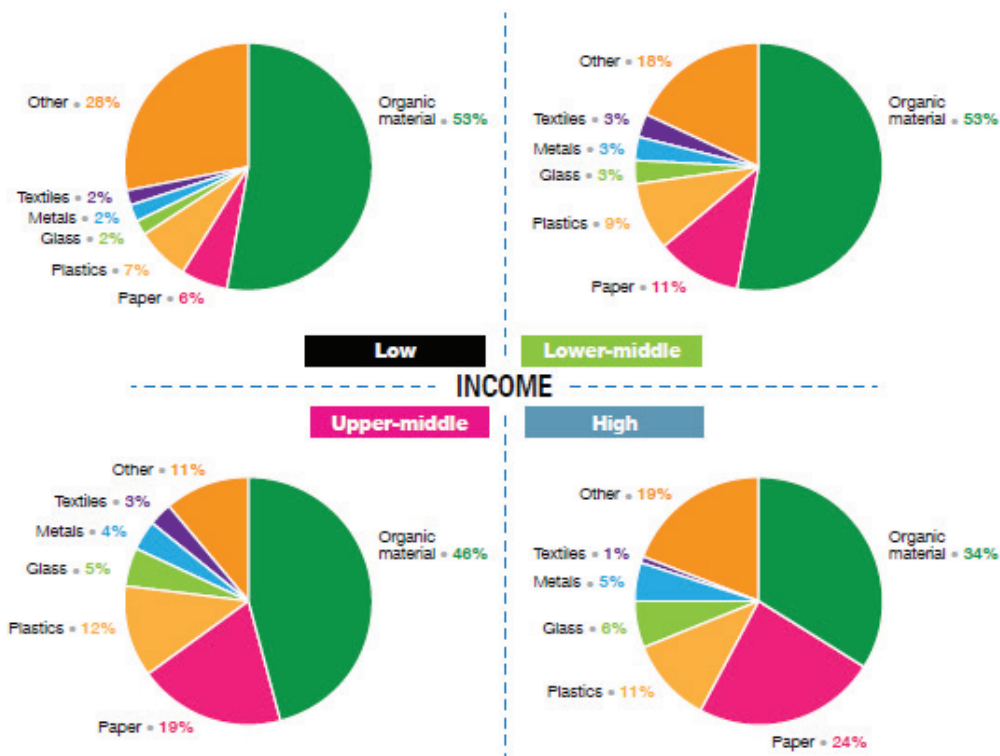
A composição pode variar de acordo com a região, poder aquisitivo da população, padrões de consumo, época do ano, cultura, entre outros fatores que diferem a parcela sólida destes resíduos.

2.6 PANORAMA INTERNACIONAL DOS RSU

Há uma estimativa dos levantamentos de resíduos sólidos municipais no mundo, de cerca de 2 bilhões de toneladas por ano (UNEP, 2015). Embora as taxas de geração variem entre os países, a média per capita é correlacionada com a renda nacional, quanto maior a renda maior a geração de RSU.

Porém, alguns países europeus desenvolvidos têm suas taxas de geração de resíduos estabilizadas, o que pode indicar a redução do desperdício. Para os países que estão crescendo rapidamente, se espera que a geração per capita aumente de forma constante. As frações orgânicas compreendem a maior porcentagem dos resíduos sólidos domiciliares nos países de baixa renda (entre 50 e 70%), nos países de alta renda, a fração orgânica varia de 20% à 40% (Figura 4) (UNEP, 2015).

Figura 4. Composição dos resíduos sólidos domiciliares nos países.



Fonte: Adaptado de (UNEP, 2015).

Dentre os recicláveis o papel atinge 23% em países de alta renda, enquanto nos países de baixa renda varia de 6 a 11%. Os plásticos não apresentam tanta variabilidade entre as economias (UNEP, 2015). Estas características são definidas através do padrão de consumo, países mais desenvolvidos tendem a possuir maiores quantidade de alimentos processados e embalados acarretando em maior volume de recicláveis na composição dos resíduos.

A China apresenta características de composição gravimétrica, que se enquadram na figura acima na *categoria lower-middle*. Possui na sua maior parte o resíduo orgânico (61,2%), seguido de plástico (9,8%) e papel (9,6%) (GU et al., 2017).

A Alemanha é líder mundial em tecnologias e políticas de resíduos sólidos. O país possui implementado a cobrança de taxas municipais para a coleta de lixo, desde o século 19. Outro aspecto importante é o uso de vasilhames padronizados e adequados ao acondicionamento do lixo. Conforme descrito por (GERMANY, 2017):

Em 1901, cerca de 75% dos lares de Berlim dispunham de vasilhames padronizados, e antes de 1851 os proprietários das casas já pagavam taxas pela remoção dos resíduos sólidos domésticos.

A Suécia, país rico e desenvolvido, tem uma geração relativamente alta de lixo (1,6 kg/hab./dia). Em Estocolmo, a capital, onde 100% dos domicílios contam com coleta seletiva, as residências atendidas pelo sistema Envac dispõem de lixeiras conectadas a uma rede de tubos que conduzem os resíduos a uma área de coleta. Um sensor instalado percebe quando a lixeira está cheia. Por vácuo, o lixo é sugado e transportado para o local de acumulação de resíduos, onde é realizada a coleta seletiva (SENADO, 2014).

No Japão em 1970, incentivado pelo crescimento econômico, entrou em vigor a Lei de Gestão de Resíduos, primeiro passo em direção ao atual sistema, que envolve toda a cadeia da produção e destinação do lixo, encarada a partir dos conceitos de reduzir, reciclar e reaproveitar. O transporte foi aperfeiçoado, com um sistema de estações de transferência, onde o lixo passa de caminhões pequenos ou médios para veículos coletores maiores, após ser comprimido (JAPAN, 2017).

A África possui os piores índices na gestão sustentável de resíduos. Conforme descrito por MBIBA (2014) a maior parte da composição é a fração orgânica seguida de plástico. Apesar disso, observaram-se nos últimos levantamentos que o uso dos materiais recicláveis vem sendo adotado pelas indústrias de reciclagem. A tendência é o aumento deste material, devido a adoção do continente aos padrões de consumo global.

A meta traçada pela cidade californiana de San Francisco (EUA) é ambiciosa: zerar, até 2020, a remessa de resíduos sólidos para os aterros sanitários. Essa jornada, iniciada em 1989, incluiu estratégias essenciais. A prefeitura investiu na educação ambiental — ensinando a todos, das crianças aos comerciantes, como separar o lixo e as técnicas de reciclagem — e na pesquisa por novas tecnologias que permitam o reaproveitamento dos materiais descartados pela população. A cidade também implantou programas para reciclagem e

compostagem de quase todo o resíduo produzido, introduzindo incentivos econômicos (quem faz mais compostagem paga menor taxa de lixo) (SENADO, 2014).

Quanto ao problema global sobre a eliminação dos lixões, ainda é uma prioridade para a proteção ambiental, apesar do progresso registrado nos últimos anos em muitos países de rendimento médio, pelo menos 2 bilhões de pessoas em todo mundo ainda não têm acesso à coleta dos resíduos sólidos (UNEP, 2015).

Especialistas técnicos dos países que formam o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), debateram no Painel do Fórum Internacional de Resíduos Sólidos questões políticas, jurídicas e técnicas relevantes aos RSU. Tem sido lenta a adoção das tecnologias alternativas para o tratamento de resíduos nos países BRICS, a disponibilidade de fundos para a construção e operação de instalações de processamento de reciclagem tem sido limitada (CHANDAK et al., 2016).

2.7 LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS

A legislação brasileira discutiu o tema resíduos sólidos há mais de 20 anos, quando um projeto de lei foi apresentado ao Senado em 1989, que dispõe sobre o acondicionamento, a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final dos resíduos da saúde. Esta foi a primeira proposta de iniciativa para a elaboração da atual legislação.

A Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, institui a PNRS, ao qual altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Esta lei dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. As principais legislações a nível federal são apresentadas no Quadro 3 referente a resíduos sólidos.

Quadro 3. Legislações federais para resíduos sólidos.

Legislação	Ementa
Lei nº 9.795 de abril de 1999	Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental.
Lei nº 11.107 de 06 de abril de 2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos.
Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento.
Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009	Institui a Política Nacional sobre a Mudança do Clima.
Resolução CONAMA nº 313 de 29 de outubro de 2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos.
Resolução CONAMA nº 404 de 11 de novembro de 2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte RSU.
Resolução CONAMA nº 316 de 29 de outubro de 2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.
Resolução CONAMA nº 275 de 25 de abril de 2001	Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva.
Decreto nº 5940 de 25 de outubro de 2006	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010	Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
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 implantação dos Sistemas de Logística Reversa.
Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020	Atualiza o marco legal do saneamento básico.

Fonte: O autor, 2020.

2.7.1 Política nacional de resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445 de 2007, e com a Lei nº 11.107 de 6 de abril de 2005. Conforme previsto na legislação, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade (Figura 5) (BRASIL, 2010a).

Figura 5. Objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.



Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2010a).

Inicialmente a ideia é a não geração e redução da produção de resíduos sólidos. A mudança de processos de fabricação ou de padrões de consumo auxilia o setor industrial e também a população à adesão destas ações. A reutilização e a reciclagem também têm forte contribuição pela população, pois o reuso ainda na geração e a separação adequada para descarte fortalece a reciclagem dos materiais. As alternativas para tratamento dos resíduos sólidos devem ser adequadas para cada tipo de material, sendo a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos a última opção deste processo.

A PNRS norteia a gestão integrada dos resíduos sólidos, onde toda a cadeia produtiva do produto até seu descarte é envolvida. Determinado cada responsável nas etapas de gerenciamento, ela reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, distrito federal e municípios, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

A política tem como princípios além do desenvolvimento sustentável, a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública, o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, bem como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor

empresarial e demais segmentos da sociedade, isso garante a amplitude da responsabilidade na sociedade (JURAS, 2012).

O decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010 regulamenta a PNRS e traz a implementação da logística reversa, coleta seletiva, a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, a participação dos catadores de materiais recicláveis, do plano de resíduos sólidos, da educação ambiental, acesso à recursos e instrumentos econômicos (BRASIL, 2010b).

A PNRS e sua regulamentação traz a orientação para o poder público e civil para atender aos interesses do coletivo e a preservação do meio ambiente, através de instrumentos e ações para as partes.

2.7.2 Legislações internacionais

A maior parte dos países europeus vem adotando regras bastante rígidas em relação aos resíduos sólidos. Com vistas a aproximar o tratamento dado à questão, a União Europeia editou várias normas referentes a resíduos sólidos (EUR - LEX, 2017)

A Alemanha é pioneira na adoção de medidas destinadas a resolver a questão dos resíduos sólidos. De uma política que previa a coleta dos resíduos gerados e a valorização ou a simples deposição desses resíduos, passou-se a aplicar, essencialmente, os princípios de evitar e valorizar os resíduos antes da sua eliminação (JURAS, 2012).

Em 1994, foi editada a Lei de Economia de Ciclo Integral e dos Resíduos, que substituiu a norma de 1986 (EUR - LEX, 2017). Os geradores e detentores de resíduos estão obrigados a recuperar os resíduos. A recuperação de resíduos tem prioridade em relação à disposição final e deve ser realizada de forma apropriada e segura.

A obrigação de recuperar os resíduos existe quando tecnicamente possível e economicamente viável, especialmente quando exista um mercado, ou possa ser criado, para a extração de substância ou de energia. A recuperação é considerada tecnicamente possível ainda que requeira pré-tratamento e economicamente viável se os custos envolvidos não sejam desproporcionais em comparação com os custos da disposição dos resíduos (EUR - LEX, 2017).

A prioridade para a recuperação de resíduos não se aplica se a disposição for a solução ambientalmente mais adequada, considerando: as emissões esperadas; os objetivos de conservação dos recursos naturais; a energia a ser consumida ou produzida; e o acúmulo resultante de substâncias perigosas nos produtos, nos resíduos para recuperação ou nos produtos feitos de tais resíduos. Quanto à opção entre reciclagem ou obtenção de energia, a prioridade deve ser dada à forma que seja ambientalmente adequada (EUR - LEX, 2017).

O Código de Meio Ambiente francês contempla o princípio da responsabilidade alargada do produtor, cuja aplicação pode dar-se mediante a obrigação de os produtores, importadores e distribuidores dos produtos ou componentes e materiais utilizados na sua fabricação responsabilizarem-se pela gestão de resíduos resultantes desses produtos ou contribuir para essa gestão. Essa obrigação pode ser desempenhada por meio da criação de sistemas individuais de coleta e tratamento de resíduos de seus produtos ou por meio da criação coletiva de eco organizações, para as quais contribuem financeiramente e transferem suas obrigações. Os produtos sujeitos à responsabilidade alargada do produtor são: produtos químicos, mobiliário, botijões de gás, pneus, aparelhos elétricos e eletrônicos, calçados, têxteis e embalagens. Estas serão tratadas com maior detalhe mais adiante (FRANCE, 2017).

Nos Estados Unidos, a legislação federal sobre o tema tem diferente enfoque, embora também lance mão do princípio do poluidor-pagador e da responsabilidade pelos resíduos gerados. Em 1990 entrou em vigor a Lei de Prevenção da Poluição (*Pollution Prevention Act*), segundo a qual a poluição deve ser evitada ou reduzida na fonte, sempre que possível; a poluição que não possa ser evitada ou reciclada (resíduos) deve ser tratada de maneira ambientalmente segura, sempre que possível; e a disposição final ou outra liberação no meio ambiente deve ser empregada apenas como última opção e deve ser realizada de forma ambientalmente segura (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2017).

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Caderno Informativo: Recuperação Energética**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalhe.cfm?NoticiasID=1252>. Acesso em: 28 jan. 2017.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**, p. 92, 2015.

ALFAIA, R. G. DE S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management and Research**, 2017.

ALLEGRINI, E. et al. Life cycle assessment of resource recovery from municipal solid waste incineration bottom ash. **Journal of Environmental Management**, v. 151, p. 132–143, 15 mar. 2015.

ANAND, G.; KODALI, R. Benchmarking the benchmarking models. **Benchmarking**, v. 15, n. 3, p. 257–291, 2008.

ARAÚJO, A. **Waste Management: New research**. 1ª ed. New York: Nova, 2012.

ARBULÚ, I.; LOZANO, J.; REY-MAQUIEIRA, J. The challenges of municipal solid waste management systems provided by public-private partnerships in mature tourist destinations: The case of Mallorca. **Waste Management**, v. 51, p. 252–258, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591: Compostagem**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, B. D.; SCAVARDA, L. F.; CAIADO, R. G. G. Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum. **Journal of Cleaner Production**, v. 233, p. 1377–1386, 2019.

BERNARDI, J. **A organização municipal e a política urbana**. 1ª ed. Curitiba: Intersaberes, 2012.

BRASIL. **Decreto de Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0200.htm#:~:text=DECRETO-LEI N° 200%2C DE,Administrativa e dá outras providências.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0200.htm#:~:text=DECRETO-LEI N%200%2C DE,Administrativa e dá outras providências.)>. Acesso em: 10 set. 2020

BRASIL. **Constituição Federal (1988)**. Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 10 set. 2020

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>.

Acesso em: 10 set. 2020

BRASIL. **Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.** Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8987compilada.htm#:~:text=Dispõe sobre o regime de,Federal%2C e dá outras providências.>. Acesso em: 10 set. 2020

BRASIL. **Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004.** **Presidência da República** Brasília, DF Diário Oficial da União, , 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm>. Acesso em: 10 set. 2020

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005.** Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm#:~:text=Dispõe sobre normas gerais de,Art.>. Acesso em: 19 set. 2019

BRASIL. **Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007.** Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 2007a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6017.htm>. Acesso em: 7 jan. 2018

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Brasília, DF, Brasil. Diário Oficial da União, , 2007b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 1 jan. 2018

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Brasil. Diário Oficial da União, , 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 9 jan. 2019

BRASIL. **Decreto nº 7.404 de 23 dezembro de 2010.** Brasil. Diário Oficial da União, , 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 8 ago. 2018

BRUIDEKI, N. M. .; BERNARDI, J. **Gestão de serviços públicos municipais.** 1ª ed. Curitiba: Intersaberes, 2013.

CASTRO, A. C. .; CASTRO, C. O. **Gestão pública contemporânea.** 1ª ed. Curitiba: Intersaberes, 2014.

CHANDAK, S. P. et al. Quadro político , jurídico e técnico da gestão de resíduos sólidos nos países do BRICS. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 12, n. 26, p. 155–160, 2016.

CHIAVENATO, I. **Administração geral e pública.** 5ª ed. Barueri: Manole, 2018.

CRISTINA, B.; PEREIRA, J.; GOES, F. L. **Catadores de Materiais Recicláveis: Um encontro nacional.** 1ª ed. Rio de Janeiro: IPEA, 2016.

DA 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**, v. 237, p. 117802, 2019.

DEUS, R. M. et al. A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118433, 2020.

EIGENHEER, E. M. **A História do Lixo: a limpeza urbana através dos tempos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2009.

ERDIL, A.; ERBIYIK, H. The Importance of Benchmarking for the Management of the Firm: Evaluating the Relation between Total Quality Management and Benchmarking. **Procedia Computer Science**, v. 158, p. 705–714, 2019.

EUR - LEX. **Sínteses da legislação da UE: Gestão dos resíduos**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=legissum%3Aev0010>>. Acesso em: 10 set. 2020.

FRANCE. **Code de l'environnement**. Disponível em: <<https://www.legifrance.gouv.fr>>. Acesso em: 23 set. 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento: Orientações Técnicas**. 3ª ed. Brasília, DF: Fundação Nacional da Saúde, 2004.

FUSS, M.; BARROS, R. T. V. .; POGANIETZ, W. R. Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries - An application to a case study in Belo Horizonte (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 655–664, 2018.

GERMANY. **Política de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallpolitik/>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

GU, B. et al. Characterization, quantification and management of China's municipal solid waste in spatiotemporal distributions: A review. **Waste Management**, v. 61, p. 67–77, 2017.

HELLER, P. G. B. et al. Desempenho dos diferentes modelos institucionais de prestação dos serviços públicos de abastecimento de água : uma avaliação comparativa no conjunto dos municípios brasileiros Performance of different institutional management public models for water suppl. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 333–342, 2012.

IBÁÑEZ-FORÉS, V. et al. Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 164–178, 2019.

ILIĆ, M.; NIKOLIĆ, M. Waste management benchmarking: A case study of Serbia. **Habitat International**, v. 53, p. 453–460, 2016.

JAPAN. **Ministry of Environmental**. Disponível em: <<http://www.env.go.jp/law/index.html>>. Acesso em: 23 set. 2017.

JURAS, I. DA A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos : comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos**. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/9268>>.

KANAANE, R.; FILHO, A. F. .; FERREIRA, M. G. **Gestão pública: planejamento, processos, sistemas de informação e pessoas**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KHADEMI, F.; YILDIZ, I. Energy and Solid Wastes. In: **Comprehensive Energy Systems**. Canadá: Comprehensive Energy Systems, 2018. v. 1–5p. 980–1020.

KIJAK, R.; MOY, D. A decision support framework for sustainable waste management. **Journal of Industrial Ecology**, v. 8, n. 3, p. 33–50, 2004.

KREITH, F.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. New York: McGraw-Hill Education, 2002.

LAVIGNE, C.; DE JAEGER, S.; ROGGE, N. Identifying the most relevant peers for benchmarking waste management performance: A conditional directional distance Benefit-of-the-Doubt approach. **Waste Management**, v. 89, p. 418–429, 2019.

LIMA, J. D. DE et al. Uso de modelos de apoio a decisao para analise de alternativas tecnologicas de tratamento de residuos solidos urbanos na Regiao Sul do Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 33–42, 2014.

MACHADO, N.; HOLANDA, V. B. **Gestão baseada em resultado no setor publico: uma abordagem didatica para implementacao em prefeituras, camaras municipais, autarquias, fundacoes e unidades organizacionais**. 1st. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. D. P.; VALLE, T. F. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administracao Publica**, v. 52, n. 1, p. 24–51, 2018.

MARINO, A. L. .; CHAVES, G. L. D.; SANTOS JUNIOR, J. L. DOS. Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level? **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 378–386, 2018.

MARQUES, A. M. T. **As políticas de limpeza urbana em São Paulo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

MBIBA, B. Urban solid waste characteristics and household appetite for separation at source in Eastern and Southern Africa. **Habitat International**, v. 43, p. 152–162, 2014.

MDR. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2018/2019**. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 10 set. 2020.

MIZIARA, R. Por uma história do lixo. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, p. 1–17, 2006.

OLAY-ROMERO, E. et al. Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. **Waste Management**, v. 107, p. 201–210, 2020.

OLIVEIRA, C. B. Os modelos de gestão de resíduos sólidos e a educação ambiental. **Coleciona**, p. 29, 2016.

ONU. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/7706>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PALUDO, A. **Administração pública**. 9ª ed. São Paulo: Juspodvm, 2020.

PEREIRA, L. C. B. **Reforma do estado e administração pública gerencial**. 7ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. Barueri: Manole, 2005.

REICHERT, G. A.; MENDES, C. A. B. Life cycle assessment and decision making support in integrated and sustainable municipal solid waste management | Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 301–313, 2014.

REZENDE, D. A. **Planejamento estratégico público ou privado**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2015.

RODRIGUES, A. P. et al. Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 748–757, 2018.

ROMANI, A. P. .; SEGALA, K. **Planos de Resíduos Sólidos - Desafios e Oportunidades no Contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2014.

SENADO. Resíduos Sólidos: Lixões persistem. p. 62, 2014.

SGS. **Sustainability Report 2019**. Disponível em: <<https://www.sgs.com/en/sustainability-report>>. Acesso em: 10 set. 2020.

STAPENHURST, T. **The Benchmarking Book: A How-to-Guide to Best Practice for Managers and Practitioners**. London: Butterworth-Heinemann, 2009.

TORUN, M. et al. Assessing business incubation: A review on benchmarking. **International Journal of Innovation Studies**, v. 2, n. 3, p. 91–100, 2018.

TURCOTT CERVANTES, D. E. et al. Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review. **Waste Management**, v. 80, p. 51–63, 2018.

UNEP. **Global Waste Management Outlook**. London, 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Universal waste: Laws and regulations**. Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em: 10 set. 2020.

WILSON, D. C. et al. ‘Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, v. 35, p. 329–342, 2015.

WWF. **Guia de compostagem**. 1ª ed. Brasília, DF: WWF, 2015.

YADAV, V. et al. A facility location model for municipal solid waste management system under uncertain environment. **Science of The Total Environment**, v. 603–604, p. 760–771, 2017.

ZURBRÜGG, C.; CANIATO, M.; VACCARI, M. How assessment methods can support solid waste management in developing countries-a critical review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 6, n. 2, p. 545–570, 2014.

4. ARTIGO 01

Current status of municipal solid waste in medium-sized Brazilian cities through integrated management

Abstract: Impacts related to inadequate waste management have been extensively studied and it is important to know the current situation of municipalities regarding the execution of public waste management services. In this context, this work aimed to present an overview of integrated solid waste management in Brazilian medium-sized cities. A total of 176 municipalities with a population of 100,000 to 250,000 inhabitants were evaluated, and 8 indicators were considered to assess the integrated sustainable waste management. The average generation of municipal solid waste in medium-sized municipalities was 0.91 kg/person/day. The waste collection covers 95% of the urban population and 70% of the cities destine their waste to landfills. The rate of recovery of recyclables was 2.56%. In conclusion, municipalities need to develop an integrated waste management plan to address local difficulties, the plan must consider the social, environmental, economic and political aspects.

Keywords: municipal solid waste; waste management; current status; medium-sized cities; Brazil.

Reference to this paper should be made as follows:

1. Introduction

Brazil is the largest country in Latin America and has a high average income with a gross domestic product (GDP) of USD\$ 9,821/person/year (World Bank, 2017). According to ABRELPE (2017), the generation of municipal solid waste (MSW) increases annually in the country. In 2018, 61.7 million tons of waste were generated in Brazil (Ministry of Cities, 2018), approximately 0.96 kg/person/day. According to Kaza et al. (2018), the world average was 0.74 kg/person/day for the year 2018. Waste generation is usually related to income levels and urbanization rates. Worldwide, North America leads the generation per capita ranking with 2.21 kg/person/day, while on the opposite side, African countries generate 0.46 kg/person/day (UNEP, 2015). A global increase of 70% in waste generation is expected by the year 2050 (Kaza et al., 2018).

Inefficient integrated solid waste management (ISWM) can cause environmental and public health problems. The effectiveness of the ISWM depends on the execution of the municipal planning in the environmental, social, economic, and political areas, ensuring the efficiency in waste collection, treatment, and final disposal activities (Fratta et al., 2019). It is roughly estimated that the financial investment to reduce environmental and public health risks and to universalize basic sanitation in Brazil will require USD\$ 125 billion by the year 2033 (Ministry of Cities, 2013). To reach this goal, immediate action should be taken regarding policies for the public waste management sector, based on a scientific and technological approach.

The overview of the ISWM is the first step in this endeavour, identifying the current status of the services provided by municipalities and subsidizing integrated planning. Good governance starts with defining strategic principles and objectives, addressing policy instruments, institutional arrangements, and building capacities for stakeholder interaction (Van de Klundert et al., 2001; Kabera et al., 2019). It requires a holistic view of the system, and the strategies must be related to an integrated vision.

Recent studies present surveys of waste management at the global level (UNEP, 2015; World Bank, 2017; UNSD, 2019) or with a regional focus (Eurostat, 2015; ABRELPE, 2017; EEA, 2017) depicting a context against which it is possible to evaluate the management from exclusive diagnoses at the national level, or comparisons between countries. Such studies are mainly focused on information restricted to the gravimetric and volumetric composition of residues (EPA, 2015; OECD, 2019). However, there is a lack of studies related to the current situation of medium-sized municipalities, which are indispensable for municipal diagnosis, planning, and management.

Medium-sized cities in Brazil have high socioeconomic relevance in the microregions within federal states and present rates of economic growth above the national average (IBGE, 2013). They are considered regional infrastructure centres as they serve as support for the small towns in their influential area. Due to their potential growth and available infrastructure, it is assumed that these municipalities have a fundamental role in replicating best governance and management practices.

1.1 *Legal framework and ISWM in Brazil*

To minimize the impacts of inadequate waste disposal, it is mandatory to implement public policies that provide a reduction of residues generation. Regulation is a fundamental tool for the implementation of strategies and management plans for MSW (Daskal et al., 2018). Brazil implemented in 2010 the national solid waste policy (NSWP) (Brazil, 2010a), a regulatory framework so that municipalities can evolve to the sustainable and efficient management of solid waste.

The NSWP focuses on prevention and reduction of waste generation, the increasing of reuse, and recycling, defines a shared responsibility between generators and citizens, and establishes goals for the complete elimination of disposal dumps in favor of engineered landfills, as well as the implementation of selective collection systems (Alfaia et al., 2017). The ISWM is the conceptual model underlying the NSWP, as it is convergent with the current global scenario. The European Union in the Directive 2008/98/EC (European Commission, 2018) established the waste hierarchy: prevention and reduction, reuse, recycling, recovery, and disposal. In the United States, the Recovery and Conservation Law (EPA, 2015) also advocates for integrated solid waste management and waste management hierarchy.

ISWM models consider three dimensions: (i) stakeholders; (ii) technical elements of the waste system; and (iii) sustainability aspects (Van de Klundert, 1999). The mainly objectives are to protect population's health and promote environmental quality, through pollution control and sustainable development (Schübeler et al., 1996).

In this way, the main contribution of this work is, by presenting a comprehensive overview of the ISWM in medium-sized Brazilian cities that helps not only Brazilian municipalities but also others worldwide with similar population and characteristics, establishing references in integrated waste management.

2. **Research method**

2.1 *Study population*

There are currently 5,570 municipalities in Brazil, divided into 26 states (IBGE, 2010), comprising a total population of 210 million inhabitants (IBGE, 2017). The national sanitation information system (NSIS) classifies the municipalities into 5 population ranges, class 3 considers a population between 100,000 and 200,000 inhabitants, which will be referred throughout the text as a medium-sized municipalities. Brazil has 205 municipalities in this range. For this study, 176 cities (85%) were considered, as they responded to the data collection from the NSIS in the reference year of 2018.

2.2 *Analysis and data collection*

A survey to characterize the ISWM in the medium-sized Brazilian municipalities was carried out through the secondary data obtained from the NSIS, a national database coordinated by the Ministry of Cities, using as a reference the year of 2018.

The NSIS is an information system with a robust database of essential sanitation services. It comprises information on water and sewage services, urban solid waste management, and rainwater management, covering the institutional, technical-operational, administrative, economic-financial, and quality aspects of the public services (Ministry of Cities, 2018). The information contained in the NSIS is provided annually by the municipalities or service providers and made available to the general public in the following year after analyzing and gauging the data. Four dimensions and eight indicators were selected to evaluate ISWM in municipalities (Table 1).

Table 1 Categories evaluated for the ISWM

<i>Dimension</i>	<i>Indicators</i>	<i>Reference</i>
Environmental, technical and operational	Final disposal (unit)	Landfill
	Rate recovery of selective material (%)	>2.4 %
	Rate of population served with selective collection services (% of inhabitants)	100 %
Sociocultural	Partnership between public authorities and waste pickers in the separation of waste	Yes
	Rate of the municipal population served with waste collection (%)	100 %
Administrative and legal	Existence of ISWM Plan	Yes
Economic and Financial	City financial self-sufficiency (%)	100 %
	Cost of MSW (USD/person/year)	< 25 USD/person/year

Notes: Adapted from Wilson et al. (2015); Silva et al. (2019).

Data analysis was performed through the criteria established by the NSWP (Brazil, 2010a) as reference values. The municipalities that meet the standard reference were classified as "in agreement" and others that did not reach the reference standard as "disagreement". Absences of values were treated as "disagreement". The information was cross-referenced by using socioeconomic indicators Municipal human development index (HDI) and GDP per capita, to evaluate the influence of such factors on the results.

3. Results and discussions

3.1 Generation of MSW

MSW is composed of household and public cleaning wastes. In Brazil, the practice of weighing waste does not occur in all municipalities due to the lack of adequate infrastructure to carry out this activity. The average generation of solid waste in Brazil is 0.96 kg/person/day. When considering only the municipalities included in this study, the per capita generation is lower, the average being 0.91 kg/person/day. Table 2 shows the average generation per capita along with socioeconomic indicators GDP and HDI for the surveyed municipalities separated by region, compared to data for all Brazilian cities.

Table 2 Generation of MSW versus socioeconomic indicators

Region	<i>Generation</i> (kg/person/day)		<i>GDP</i> (USD\$/person/year)		<i>HDI</i>	
	Brazil	Study	Brazil	Study	Brazil	Study
Midwest	1.05	0.92	8,257.78	11,445.28	0.73	0.75
Southern	0.81	0.82	9,112.23	10,113.70	0.75	0.76
Southeast	0.92	0.87	8,612.14	8,522.91	0.75	0.76
Northeast	1.13	0.98	4,080.44	4,541.96	0.66	0.68
Northern	1.05	0.98	4,509.01	6,812.96	0.66	0.69
Average	0.96	0.91	6,914.32	8,287.36	0.71	0.73

Notes: Adapted from Ministry of Cities (2018) and World Bank (2017). USD \$1,00 = R\$ 4,50 in 20/12/2019.

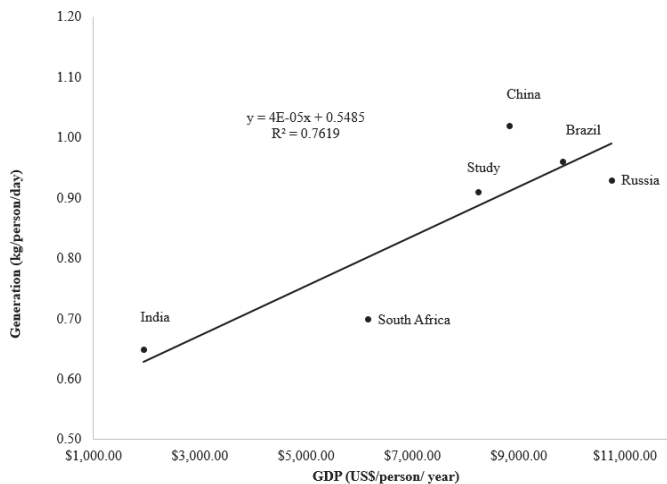
There is a significant disparity amongst regions in Brazil regarding waste per capita generation. The Southern, Southeast, and Midwest regions have higher income per capita and high HDI (IBGE, 2017), consequently, a higher generation of waste, corroborating studies that have verified the correlation between the generation of waste and the economic status of the society (Shekdar, 2009; Aleluia and Ferrão, 2016; Kabera et al., 2019). Furthermore, the rate of waste generation depends on sociocultural and climatic factors, which also vary significantly amongst Brazilian regions (Vieira and Matheus, 2018).

In a recent study, Elagroudy et al. (2016) analyzed three economic groups: BRICS, G8, and developing countries. The prediction for 2025 brought by this study is that the highest income countries will present a slight

increase or even the stagnation of the waste generation, while a greater increase is expected to occur in the BRICS countries, including Brazil. This is justified in on hand by the population growth rates, which are low in the European countries and, in the other hand, by the increasing awareness and political intervention in waste management in G8 countries (see Figure 1).

The Brazilian medium-sized cities of this study present different rates of population growth. However, if it can be assumed that the MSW generation will increase at the same proportion of the population rate, then an increase in waste generation is expected mainly in the Northern and Northeast regions of Brazil.

Figure 1 Relationship between MSW generation and GDP for the BRICS countries



3.2 Collection of MSW

Uncollected solid waste is a potential pollutant and poses a risk to public health. According to Brazilian legislation, the collection of household waste must take place throughout the urban extension of the municipalities (Brazil, 2010a). The door-to-door household collection of MSW is carried out in the 176 municipalities surveyed in the study, with an average coverage of 95% of the urban population.

In medium-sized Vietnamese cities, the waste collection does not serve the entire urban population: for instance, Phu Tho (80%), Bao Loc (70%), and Bac Lieu (52%) (Aleluia and Ferrão, 2016). Also, in Chinese cities with the same population characteristics as those of the present study: Shayang (90%), Dawu (70%), XiaoChang (90%), Hanchuan (100%) (Ren and Hu, 2014). It can be inferred that the cities with higher income per capita, such as the Chinese and Brazilian ones, have better coverage in the collection of waste (World Bank, 2017).

The differentiated collection for recyclable waste does not occur in all cities of the study. Although mandatory in Brazil since Federal Decree No. 7,404 (Brazil, 2010b), only 70% of the municipalities studied have implemented the selective collection of recyclable waste. The other 30% carry out a single form of collection for all household wastes.

3.3 Social inclusion of waste pickers

In the last decades, there has been a significant increase in the number of professionals in the area of waste handling, mainly due to the recognition of the activity in 2002 (Ministry of Labor and Employment, 2002) and social inclusion in the NSWP (Brazil, 2010a). In 2010, 387,000 people were registered as pickers (IBGE, 2010). Almost all of them work informally and individually. In Brazil, many cities still do not have trained pickers cooperatives. Most pickers work in their own homes often organized in small groups but are not willing to formalize their cooperatives because of bureaucratic concerns.

Colombijn and Morbidini (2017) compared the pros and cons of cooperative formation in Brazil and Indonesia. In interviews conducted, most of the scavengers state the desire for freedom of choice and rights for informality and individual work. Amongst the 176 cities in the study that claimed to have pickers organized in associations or cooperatives, the informed number was 5,030 pickers, being 76% in Southern and Southeast regions. The study by Rutkowski and Rutkowski (2015) presents the case of 25 cities in Brazil that practice the so-called solidarity collective selective (SCS), in which pickers cooperate to collect waste door-to-door. The local governments carry out a pass-through of resources to cover for the expenses, thereby ensuring social

inclusion and the engagement of the population. SCS has proven to be a successful endeavor, as it increases coverage of selective collection and improves recycling rates.

3.4 *Sorting and recovery of MSW*

Waste sorting units are very diverse in Brazil, from sheds in open areas with manual separation to barracks with automated separation technology (Campos, 2014). In most Brazilian municipalities, sorting of recyclable waste is carried out by cooperatives of pickers or private companies. Sorting does not depend exclusively on the differentiated collection, which may originate from the conventional or selective collection. When the waste is the result of the selective collection, the rates of utilization are significantly higher due to the lower probability of contamination with organic wastes.

In order to meet the goals of the NSWP (Brazil, 2010b) regarding the reduction of recyclables in landfills, municipalities must prioritize the previous steps to the final disposal, especially the triage process. The quality of the material to be screened depends directly on the engagement of the population in the waste segregation at source, in addition to the availability and effectiveness of the selective collection services. As presented in the study by Miezah et al. (2015) for medium-sized cities in Ghana, the efficiency of waste sorting is 84% for organic waste, and 76% for other wastes. These rates are considered high compared to the average of other countries. The author explains that population awareness is the critical factor to the treatment of MSW.

The recovery of recyclable materials is obtained by dividing the amount of recyclable material sold by the total weight of MSW collected. At this stage, the participation of cooperatives of pickers is fundamental for the sorting of the material. According to the survey carried out for medium-sized municipalities in this study, the average recovery of recyclable materials was 2.56%, with a maximum of 24.34% and a minimum of 0.02%. The regions that presented the best recovery results were the Northeast, the Southeast, and the Southern regions, with rates well above the national average.

The recycling rate in Brazil is still low compared to the northern hemisphere countries. According to EEA (2013), European countries obtained 44% recovery of organic waste and 65% for recyclables, with Germany and Belgium presenting rates of 71% and 81%, respectively, fact that can be attributed to the legislation implemented in 2008, Guideline 2008/98/EC, which imposed goals for waste recycling of at least 50%.

Composting is a common and viable alternative for the treatment of organic wastes, and it is determinant to raise the recovery rates of recyclables, in 2018, only four medium-sized municipalities declared to have a composting plant for the treatment of organic waste (Angra dos Reis, Indaiatuba, Jacarei and Novo Hamburgo). In contrast, in developed European countries, approximately 25% of organic waste is treated through the composting process (Eurostat, 2015).

3.5 *Final disposal of MSW*

The environmentally adequate method for final disposal of MSW, as indicated by the NSWP, are the engineered landfills, which should be exclusive to materials that have no economic or technical viability for energy recovery, recycling, or reuse. The alternatives used for final disposal in the surveyed cities are engineered landfills, controlled landfills (an alternative that partially attends the technical specifications of engineered landfills), and open dumps. The majority of the municipalities (70%) have engineered landfills as the waste final destination.

The national average is far from this reality, though, since only 35% of the municipalities dispose of their waste in landfills (Ministry of Cities, 2018). In Turkey, a Euro-Asian country with GDP similar to Brazil, 60% of MSW is disposed of in landfills and 38% in dumps (Tozlu et al., 2016). In middle and high-income countries, the environmentally adequate disposal of MSW is 90% to 100% (UNEP, 2015).

3.6 *Operational costs with MSW*

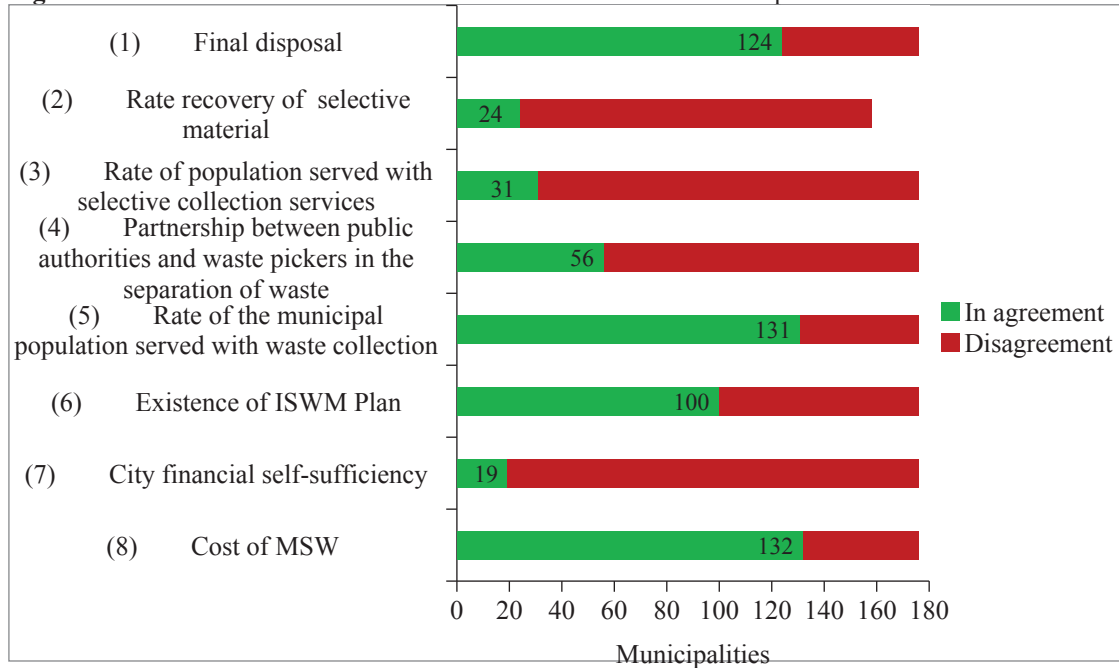
There are several variables that influence the operational costs of the public waste handling and cleaning system, such as the number of employees, the coverage of the service, the quality of the services provided, the transport distance to the landfill facilities, and the existence of sorting and triage processes (Tang et al., 2018). The national average operating cost with MSW for the studied municipalities was USD\$ 21/person/year, ranging from USD\$ 2.46/person/year to USD\$ 84/person/year. The regions with the highest per capita expenditure are the Southeast and the Midwest regions.

Another problem related to MSW is the lack of economic sustainability: 89 % of medium-sized municipalities have a deficit in the accounting balance, that is, they charge less than they spend on the execution of services, which is a limiting factor for new investments and service improvement. Only nineteen municipalities surveyed in this study (11%) reached the economic sustainability of MSW services.

3.7 Current status of ISWM in medium-sized Brazilian cities

The general analysis of ISWM in Brazilian medium-sized cities considered the priority guidelines of the NSWP. Figure 2 presents the evaluation of the engagement of cities.

Figure 2 Assess of ISWM indicators in medium-sized Brazilian municipalities

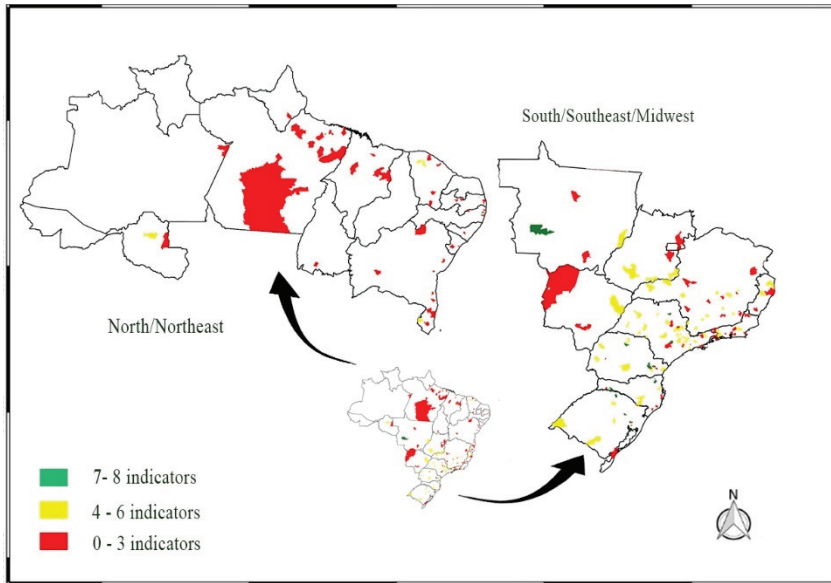


Selective collection (indicator 3) is present in only 17% of medium-sized Brazilian municipalities, despite the requirement that since Federal Decree No. 7,404 of 2010, few municipalities have adopted this practice. The absence of differentiated collection of residues inhibits the population from separating residues at the source, causing low rates of recyclable recovery, as can be seen in indicator 2. Total of 42 municipalities reach over 2.4% of recyclable recovery. Another determining factor to increase the recyclable recovery rates is through the social inclusion of recyclable waste pickers in the process of sorting the material. Municipalities that have organized waste picker cooperatives stand out in recycling rates (Vieira and Matheus, 2018).

Financial sustainability (indicator 7) is one of the most relevant indicators, as it is directly related to the quality of service provision. Only 19 municipalities (11%) have a collection rate equal to or greater than 100%. As established by NSWP, municipalities must pass on to the user the expenses related to basic sanitation (Brazil, 2010a). Economic factors contribute to structuring technical teams in order to lead the integrated management of solid waste, implement selective collection, expand the scope of collection and develop the social inclusion of waste pickers.

Figure 3 evaluates the compliance of the 8 indicators, with cities painted the colors green (for serving 7 and 8 indicators, yellow (for serving 4 to 6 indicators) and red for serving 0 to 3 indicators).

Figure 3 General classification of municipalities



Only 8 cities (Bento Gonçalves, Campo Largo, Chapeco, Erechim, Jaragua do Sul, Tangara da Serra, Colombo e Sertãozinho) reached 7 or 8 indicators (green color), 72 cities between 4 and 6 indicators (yellow color) and 96 cities less than 3 indicators (red color). The cities with the highest results are located mostly in the Southern region of Brazil, which is consistent with the higher socioeconomic indicators (HDI and GDP per capita) observed for this region, also with higher rates of waste collection and adequate final disposal (Alfaia et al., 2017).

The factors that influence the proper management of MSW are the technical capacity of the government, the engagement of the citizens, and the resources available to carry out the proposed activities (Guerrero, 2013). Studies carried out by Marino et al. (2018) found out that municipalities with a population of more than 100,000 inhabitants have the higher technical operational capacity in the public waste management, which reinforces the importance of medium-sized cities as regional inductors of innovative practices in ISWM. According to Chaves et al. (2014), the first challenge of public leadership in Brazil is to prepare waste management teams to implement the available best practices. This challenge is significant because of the vast disparities amongst Brazilian municipalities in terms of their geographic and cultural features, as well as their social, economic, and political characteristics.

Finally, in order to achieve integrated management indicators, municipalities need to establish as a priority: a) develop an integrated solid waste management plan, using the requirements of the NSWP; b) define a responsible body with a qualified technical staff for municipal waste management; c) organize administrative structure for collection, inspection and monitoring of waste management through specific legislation; d) to promote the social inclusion of recyclable waste pickers through partnerships between public authorities and cooperatives and e) to ensure the minimization of environmental impacts through the proper destination of waste.

4. Conclusions

Medium-sized municipalities in Brazil are of great importance in terms of socio-economic development. An overall picture was taken to compare the different realities regarding waste management in Brazil. It was evidenced that the municipalities located in Southern and Southeast regions achieve better results, which is related to higher HDI and GDP per capita indicators.

This fact was evidenced and proven through the data regarding regional development, which in turn is related to the consumption pattern of the population and waste generation. Also, the allocation of technologies and investments from the federal and local governments or the lack of it reflects on the inadequate management observed in the most precarious regions of Brazil. In this sense, the Northern and Northeast regions, the most vulnerable ones, present a lack of information and compliance with environmental requirements for the proper ISWM. Given the potential of medium-sized cities for social and economic development, it was concluded that ISWM is relatively robust and can rapidly evolve to meet environmental and economic requirements, provided that it is properly planned and operated.

This study is unprecedented in Brazil, and through the results obtained, it is possible to identify potential management failures and act on them for correction, mainly to achieve economic sustainability with social and environmental benefits. Municipalities are recommended to provide priority assistance for the planning stages through integrated solid waste management plans. Establishing rules and complying with implementation agendas, guaranteed through specific legislation.

Finally, it is of great importance to emphasize the role of the medium-sized cities as regional inductors of best practices in waste management, not only in Brazil but in other countries, with comparable social and economic characteristics.

References

- ABRELPE (2017). *Panorama of Solid Waste in Brazil 2017* [online] <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/> (Accessed 1 October 2019)
- Aleluia, J. and Ferrão, P. (2016) ‘Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: A new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension’, *Waste Management*, Vol. 58, pp.415-429.
- Alfaia, R.G.S.M., Costa, A.M. and Campos, J.C. (2017) ‘Municipal solid waste in Brazil: A review’, *Waste Management*, Vol. 35, pp.1195–1209.
- Brazil (2010a). *Federal Law No. 12,305, Institutes the National Solid Waste Policy* [online] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm (Accessed 1 October 2019)
- Brazil (2010b). *Federal Law No. 7,404, Regulates Law No. 12,305* [online] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm (Accessed 1 October 2019)
- Campos, H.K.T. (2014) ‘Recycling in Brazil: Challenges and prospects’, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 85, pp.130–138.
- Chaves, G.L.D., Santos, J.L. and Rocha, S.M.S. (2014) ‘The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review’, *Waste Management and Research*, Vol. 32, pp.19-31.
- Colombijn, F. and Morbidini, M. (2017) ‘Pros and cons of the formation of waste-pickers’ cooperatives: a comparison between Brazil and Indonesia’, *Decision*, Vol. 44, pp.91–101.
- Daskal, S., Ayalon, O. and Shechter, M. (2018) ‘The state of municipal solid waste management in Israel’, *Waste Management*, Vol. 36, pp.527-534.
- EEA (2013). *Managing Municipal Solid Waste* [online] <https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste> (Accessed 1 June 2019)
- EEA (2017) Waste Recycling [online] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-recycling-1/assessment> (Accessed 15 January 2020)
- Elagroudy, S., Warith, M.A. and El Zayat, M. (2016) ‘Municipal solid waste management and green economy’, *Global Young Academy*, pp.10-15.
- EPA (2015). *National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling* [online] <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials#Generation> (Accessed 10 June 2019)
- Eurostat (2015). *Waste Statistics* [online] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics (Accessed 10 June 2019)
- European Commission (2018). *EU Waste Legislation* [online] <http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/a.htm> (Accessed 20 May 2020)
- Fratta, K.D.S.A., Toneli, J.T.C.L. and Antonio, G.C. (2019) ‘Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brazil through the application of sustainability indicators’, *Waste Management*, Vol. 85, pp.11-17.
- Guerrero, L.A., Maas, G. and Hogland, W. (2013) ‘Solid waste management challenges for cities in developing countries’, *Waste Management*, Vol. 33, pp.220-232.

- Ibáñez-forés, V., Coutinho-nóbrega, C., Bovea, M.D., de Melo-Silva, C. and Virgolino, J.L.F. (2018) 'Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study', *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 134, pp.100–111.
- IBGE (2010). *Census 2010* [online] <http://censo2010.ibge.gov.br/> (Accessed 22 January 2020)
- IBGE (2013). *Gross domestic product at current prices and gross domestic product per capita according to major regions, federation units and municipalities* [online] http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010_2013/default_xls.shtm (Accessed 5 January 2020)
- IBGE (2017). *Projection of the population of Brazil and of the federation units* [online] <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html> (Accessed 5 June 2019)
- Kabera, T., Wilson, D. and Nishimwe, H. (2019) 'Benchmarking performance of solid waste management and recycling systems in East Africa: Comparing Kigali Rwanda with other major cities', *Waste Management*, Vol. 37, pp.58-72.
- Kaza, S., Yao, L.C., Bhada-Tata, P. and Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, [online] <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> (Accessed 1 June 2019).
- Marino, A.L., Chaves, G.L.D. and Santos, J.L. (2018) 'Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level?', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 188, pp.378-386.
- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Baffoe, B.F. and Mensah, M.Y. (2015) 'Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana', *Waste Management*, Vol. 46, pp.15–27.
- Ministry of Cities (2013). *National Basic Sanitation Plan* [online] http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brazil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf. (Accessed 01 June 2019)
- Ministry of Cities (2018). *National Sanitation Information System: Diagnosis of Urban Solid Waste Management* [online] <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017> (Accessed 24 May 2020)
- Ministry of Labor and Employment (2002). *Brazilian Classification of Occupations* [online] <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/home.jsf> (Accessed 20 March 2020)
- OECD (2019). *Municipal waste, Generation and Treatment*. [online] <https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=51347#> (Accessed 19 June 20189)
- Ren, X. and Hu, S. (2014) 'Cost recovery of municipal solid waste management in small cities of inland China', *Waste Management and Research*, Vol. 32, pp.340-347.
- Rutkowski, J. and Rutkowski, E. (2015) 'Expanding worldwide urban solid waste recycling: The Brazilian social technology in waste pickers inclusion', *Waste Management and Research*, Vol. 33, pp.1084-1093.
- Schübeler, P., Wehrle, K. and Christen, J. (1996) 'Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries', Working Paper no. 9, Switzerland.
- Silva, L., Prietto, P.D. and Korf, E.P. (2019) 'Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 237, pp.117802.
- Shekdar, AV. (2009) 'Sustainable solid waste management: an integrated approach for Asian countries', *Waste Management*, Vol. 29, pp.1438-1448.
- Tang, J., Wei, L., Su, M., Zhang, H., Chang, X., Liu, Y., Xiao, E., Ekberg, C., Steenari, BM. and Xiao, T. (2018) 'Source analysis of municipal solid waste in a mega-city (Guangzhou): Challenges or opportunities?', *Waste Management*, Vol. 36, pp.1166-1176.
- Tozlu, A., Özahi, E. and Abuşoğlu, A. (2016) 'Waste-to-energy Technologies for municipal solid waste management in Gaziantep', *Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 54, pp.809–815.

- UNEP (2015). *Global Waste Management Outlook*. Osaka: United Nations Environment Program [online] https://www.researchgate.net/publication/283085861_Global_Waste_Management_Outlook_United_Nations_Environment_Programme_UNEP_and_International_Solid_Waste_Association_ISWA (Accessed 10 April 2020)
- UNSD (2019). *Environmental Indicators* [online] <https://unstats.un.org/unsd/ENVIRONMENT/wastetreatment.htm> (Accessed 10 April 2020)
- Van de Klundert, A. (1999) 'Integrated Sustainable Waste Management: the selection of appropriate technologies and the design of sustainable systems is not (only) a technical issue', Egypt.
- Van de Klundert, A., Anschütz, J. and Scheinberg, A. (2001) 'Integrated sustainable waste management: the concept. Tools for decision-makers', *WASTE*. Netherlands.
- Vieira, V.H.A.M. and Matheus, D.R. (2018) 'The impact of socioeconomic factors on municipal solid waste generation in São Paulo, Brazil', *Waste Management and Research*, vol. 36, pp. 79-85.
- Wilson, D.C., Rodic, L., Scheinberg, A., Velis, C.A. and Alabaster, G. (2012) 'Comparative analysis of solid waste management in 20 cities', *Waste Management and Research*, Vol. 30, pp.237-254.
- Wilson, D.C., Rodic, L., Cowing, M.J., Velis, C.A., Whiteman, A.D., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, D., Stretz, J. and Oelz, B. (2015) "'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities", *Waste Management*, Vol. 35, pp.329-342.
- World Bank (2017). *The World Bank data* [online] <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management> (Accessed 14 May 2020)

5. ARTIGO 02

A review of guidelines for sustainable municipal waste management: selected best practices on Brazilian cities

Valdir Eduardo Olivo ^{a,*}, Pedro Domingos Marques Prietto ^a, Eduardo Pavan Korf ^b

^a *University of Passo Fundo, Brazil Av. 288, Passo Fundo, Brazil*

^b *Federal University of Fronteira Sul, RS 135 Road, Erechim, Brazil.*

* Corresponding author

E-mail address: eduardo@baseamb.com.br (V.E. Olivo), pdmp@upf.br (P.D.M. Prietto), eduardo.korf@uffs.edu.br (E.P. Korf).

Abstract: Current integrated management systems involve several dimensions since sustainability has amongst its fundamental principles the protection of the public health and the minimization of environmental, social, and economic impacts. This work aimed to present a review of guidelines for achieving integrated sustainable waste management presenting a selected best practices in Brazilian cities. A systematic literature review was undertaken to identify the current systems and best practices in waste management. The results evidenced the significant role played by all the actors involved (population, private sector, authorities, non-governmental organizations). Political, legal, and institutional guidelines ensure adequate management planning through technical studies, drafting of legislation, and technical and operational structure for the provision of services. The economic aspects guarantee the financial sustainability of the system. The socio-environmental guidelines provide for the minimization of environmental impacts through the reduction of waste generation and social inclusion. The best practices in Brazil showed that municipalities that adopt sustainable integrated management have higher rates of recycling, social engagement, social inclusion, economic sustainability, and reduced impacts on the environment. These guidelines serve as a planning tool for any local government to structure an integrated sustainable waste management system.

Keywords: Municipal solid waste, guidelines, best practices, sustainability, integrated management.

1. Introduction

The steady increase in the production of Municipal Solid Waste (MSW) has caused problems for municipal management (Kaza et al., 2018), mainly related to the lack of local government technical-operational capacity to manage the generated waste (Marino et al., 2018). As a result of the economic development of cities, sustainability strategies, and practices in the waste area are growing worldwide. Projects such as Zero Waste Europe (Simon, 2018) and Zero Carbon (CAT, 2019) have been implemented to mitigate the environmental impacts resulting from waste handling processes.

These sustainability strategies are described through the Sustainable Development Goals (SDGs), specially SDGs 11 and 12, which address the minimization of environmental impacts and solid waste generation through the preventive methods of reduction, recycling, and reuse (Sachs et al., 2019). Environmentally efficient waste management is fundamental to

sustainable urban development. Flawed management in this area is not only associated with insufficient financial resources and infrastructure but mostly to the inadequate planning and lack of legal framework, which leads to an inefficient system (Van de Klundert, 1999).

Integrated Sustainable Waste Management (ISWM) has been used in several countries aiming at the sustainability of public services (Schübeler, 1996). It requires a detailed and systematic study from a holistic viewpoint to implement actions that address local needs. Integrated management must consider the social, cultural, economic, institutional, and technical issues of each municipality (Deus et al., 2020).

A management system can be successfully conceived and implemented when a behavioral pattern is based on a previously established conceptual framework or model of how to proceed, given the objectives to be achieved (Machado et al., 2012). It must be founded on the principles of sustainability and under the current legislation, with the primary objective of achieving local needs (Qureshi et al., 1999).

The government may adopt measures that guarantee maximum performance and reduction of environmental impacts. To achieve sustainability in waste management, the local government must be prepared with the planning and strategies to be adopted in the municipality. The municipality will obtain benefits related to minimizing environmental impacts, institutional organization, and achieving economic sustainability (Liikanen et al., 2018). Few studies present guidelines for local governments to improve waste management with a focus on sustainability. From this perspective, this article addresses a review based on three main aspects, as presented in the following sections: the current systems of ISWM, the guidelines for local government achieve an ISWM and the best practices adopted by Brazilian municipalities for achieving sustainability.

2. Methods

The research was conducted through a systematic review and performed in three steps, which are shown in (Figure 1). The first one comprised two database searches using keywords relevant to the research. The second stage consisted of analyzing the content of selected articles and documents from the databases search, and, finally, the discussion focused on: (a)

current systems of ISWM (b) the guidelines for an integrated sustainable waste management; and (c) Best practices of ISWM in Brazilian cities.

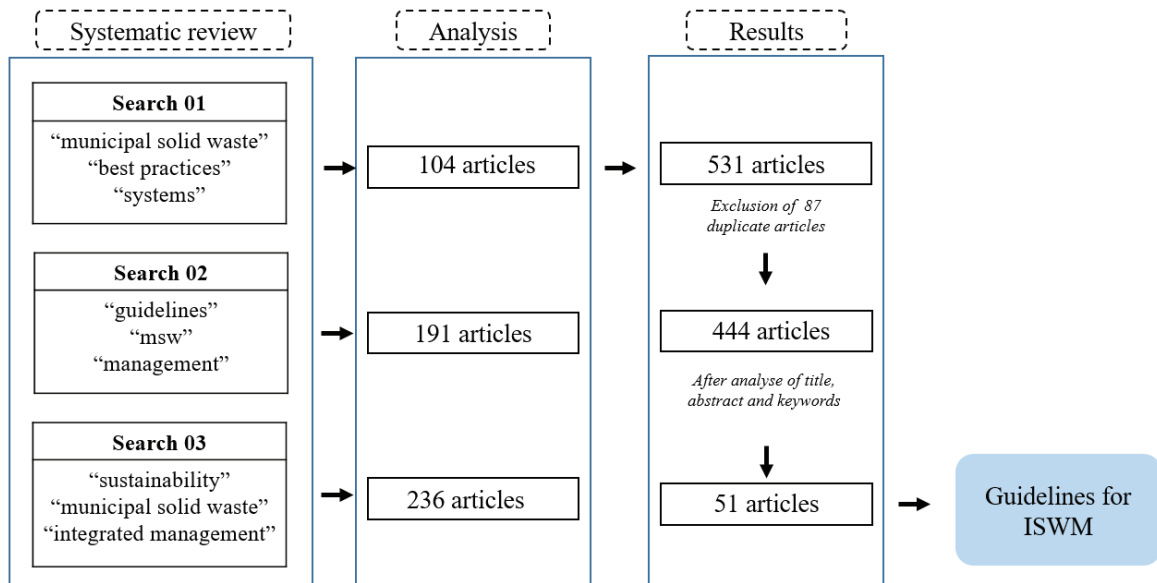


Figure 1. Methodology of study.

A systematic literature review was realized to this paper. Initially, the Science Direct and Scopus database was consulted using three search criteria: (a) all types of articles; (b) time interval from 1996 to 2019; and (c) the following keyword associations: "municipal solid waste" and "best practices" and "systems", "guidelines" and "msw" and "management", "sustainability" and "municipal solid waste" and "integrated management".

For content analysis, the abstracts of the articles were read to assess the relevance regarding (a) dimensions (environmental, social, economic, and political); (b) stakeholders; (c) elements of management; and d) strategic aspects. A total of 531 articles were identified and selected by the abstract reading, and 51 were selected for the in-depth discussion in this work.

The guidelines were defined based on the analysis of the 51 articles. From these, were selected best practices in Brazilian municipalities regarding ISWM.

3. Results

3.1 Current systems of ISWM

The ISWM is the most cited by authors on the subject of waste management. The concept was developed based on the cumulated experience from dealing with common problems in municipal waste management, especially in low and middle-income countries (Van de Klundert and Anschutz, 2001).

From several authors experiences (e.g. Beukering et al., 1999; Lardinois et al., 1999; Schübeler, 1996) four main objectives for sustainable integrated management were set. The first goal of ISWM is to protect the health of the population, especially in low-income countries where they suffer most from waste management problems. Second, it is the promotion of environmental quality, including pollution control (atmospheric, soil, and water), ensuring the sustainability of ecosystems. The third objective is economic development, the universal provision of public services, and the maximum efficiency for material recovery. The fourth objective is the generation of work positions and income in the sector.

ISWM models take into account three crucial dimensions: (1) stakeholders, (2) technical elements of the waste system, and (3) sustainability aspects (Van de Klundert, 1999), as the primary objectives are to protect the public health and promote environmental quality, through pollution control and sustainable development (Schübeler, 1996).

The effectiveness and sustainability of ISWM systems depend on their adaptation to the current context of the city and country and the most important aspects are of political, socio-cultural, economic, and environmental nature. The integrated management of MSW consists of a set of instruments and techniques that must be applied by the municipality to increase management efficiency (Vieira et al., 2019).

3.1.1 The process stakeholders

Stakeholders are those directly or indirectly affected by a project or program, be it positive or negative. These are key people, groups, or institutions with interest in the project or program (Table 1) (Ali, 2012).

Table 1
Stakeholders involved in ISWM.

Stakeholder	Involvement in waste management
Population	Segregation and storage Payment of fees for the provisioned services
Municipal government	Collection and final disposal Sensitization of the population Charge of fees for the provisioned services Specific legislation Supervise management.
Private sector	Collaborate with proper waste management Provide waste handling services.
Informal sector	Collection and sorting of municipal solid waste.
Third sector	Public awareness, social projects to support management.
Environmental agencies	Standardize, regulate, and supervise projects related to waste management.

Those responsible for the execution of the management objectives are not limited to the service provider, but also include the federal government, municipal government, private sector, informal workers, end-users, and non-governmental organizations. Involvement of Stakeholders is crucial because it leads to responsible behavior, greater willingness to pay for management costs, and group empowerment (Van de Klundert, 1999). It is crucial to comprehend the role of each entity in the public, private, and users.

All the stakeholders are connected, in the first step the local government should implement an integrated management plan to ensure the proper functioning of the elements of the system, establishing the responsibilities and the role of those involved (Mwangi and Thuo, 2015). Users should collaborate with reducing generation at source, segregation, and adequate storage. The third sector is responsible for supporting the local government in environmental education projects aimed at the universalization of services and the engagement of the population (Joseph, 2006).

3.1.2 The elements of the management system and strategic aspects of sustainability

A management system is a combination of several steps in material flow management. Solid waste management consists of interconnected stages that involve the generation, collection, transportation, treatment, recovery, and environmentally sound final disposal (Kreith and Tchobanoglous, 2002). The premise is maximizing reduction, reuse, and recycling, integrating with social and environmental education programs.

It is up to the local government to identify appropriate technologies for the reality of the municipality, ensuring maximum efficiency, minimizing negative environmental impacts, and achieving economic sustainability. Waste generation is the first management process. It refers to where the waste was generated. There may be different sources in the urban area, such as household, commercial and industrial waste (Mwangi and Thuo, 2015). This step depends on the participation of users.

Collection, transport, treatment, and final disposal are processes that involve the provision of public services and must be carried out to minimize impacts on the environment and low cost for the local government (Marshall and Farahbakhsh, 2013).

In the concept of integrated management, six aspects are considered for sustainability: political-legal, socio-cultural, institutional-organizational, technical, environmental health, and economic-financial (Schübeler, 1996). They provide the city manager with a set of tools to understand, study, and balance priorities. Also, to create measures to achieve the desired outcomes, development strategies must transcend technical considerations to formulate specific goals and implement appropriate actions.

3.2 Guidelines for local governments achieving an ISWM

Establishing a sustainable management system is essential for achieving the ISWM goals, ensuring that the specificities of the local population are taken into account by employing and developing stakeholders capacities for problem-solving and decision-making situations (Kaza et al., 2018). The first step for the local government is to establish guidelines for service delivery planning. They must be based on the principles of sustainability. Table 2 presents the guidelines for integrated management based on authors in the area (Ilchenko and Lisogor, 2016; Joseph, 2006; Lardinois et al., 1999; Marino et al., 2018; Mwangi and Thuo, 2015; Shimamoto, 2019; Shekdar, 2009).

Table 2

Guidelines for local governments achieving an ISWM.

Strategic aspect	Description	No	Guidelines	Reference
Institutional	They refer to infrastructure and arrangements for waste management, organizational procedures, and the capacity of responsible parties.	1	Institute local government autonomy for integrated management;	Joseph (2006); Lardinois et al. (1999); Marino et al. (2018)
		2	Establish a specific body to deal with municipal management;	
		3	Introduce proper management methods, procedures, and goals;	
		4	Increase efficiency through private sector involvement.	
Legal and political	They establish a legal and regulatory framework for waste management activities, formulate goals and priorities, and determine the roles of those involved.	5	Establish a practical regulatory and legal framework;	UNEP (2015)
		6	Define clear roles and jurisdiction for the management system;	
		7	Determine the goals and priorities of sustainable integrated management.	
Sociocultural	They relate to consumption patterns and population demands, stakeholders participation and involvement in municipal management, and the conditions of formal and informal workers.	8	Mobilize the community for participation in waste management and encourage waste separation at source through environmental programs;	Ilchenko and Lisogor (2016); Shimamoto (2019)
		9	Protect the health and socioeconomic safety of workers and provide inclusion of waste pickers.	
Economic and financial	They refer to the whole urban economy and the impacts of waste management services on economic development, to the economic sustainability of services, and the generation of employment and income from waste handling activities.	10	Achieve the economic sustainability of services and improve efficiency by reducing costs in waste management;	Shimamoto (2019)
		11	Establish transparent budget accounting practices;	
		12	Promote economic production and development through waste management services and generate employment and income.	
Environmental, Technical, and Operational	The technical aspects are related to the planning and implementation of the collection, transportation, treatment, and final disposal systems. The physical structures, equipment, and facilities necessary for the operational activities are considered. Environmental aspects assess the effects of waste management on the environment, pollution control, and public	13	Use technologies that facilitate user collaboration;	Mwangi and Thuo (2015); Shekdar (2009)
		14	Achieve the low life cycle of products, facilities, and equipment;	
		15	Limit environmental pollution and guarantee appropriated waste disposal.	

health.

An administrative structure is the first step for the municipal government to implement integrated waste management. Planning is considered the main activity concerning the institutional and organizational aspects of management (Lardinois et al., 1999), and to achieve this, a specific body responsible for conceiving and carrying out actions related to waste management must be assigned (Guideline No. 1). This sector must be composed of qualified staff to deal with technical, legal, administrative, and operational aspects (Guideline No. 2). To achieve good governance, local managers must have the technical capacity to plan and achieve the established goals (Marino et al., 2018). The team must receive training periodically to maintain an efficient service delivery (Joseph, 2006), based on the goals and procedures established for local management (Guideline No. 3). The private sector must also be involved to increase the efficiency of the system (Guideline No. 4).

The political and legal aspects serve as a basis for regulating the system, in addition to ensuring the continuity of the programs (UNEP, 2015). The government should establish a regulatory framework through the specific legislation applied to waste management (Guideline No. 5), defining the role of those involved (Guideline No. 6). The legal basis must determine goals and priorities for integrated sustainable waste management (Guideline No. 7).

Sociocultural aspects consider the stakeholders as fundamental to the functioning of the system. Environmental education programs must mobilize users to segregate waste at source and to participate in projects instituted by the local government (Guideline No. 8). The level of education impacts the socio-environmental behavior of users. For instance, in places that have awareness programs for the population, recycling rates are higher (Shimamoto, 2019). The workers in the waste area must be provided with health conditions at work and the waste collectors must participate in the sorting system for recyclable material (Guideline No. 9). The social axis of the sustainability tripod must guarantee the populations quality of life, adequate infrastructure, social inclusion, and society development (Ilchenko and Lisogor, 2016).

The economic and financial aspects must be planned to guarantee the economic sustainability of the services provided to users, increasing efficiency through cost reduction (Guideline No. 10). The financial strength of the local government is a factor that has the potential to impact

waste production and recycling. If the government financial situation is strong, the management system will obtain higher rates of waste collection and separation (Shimamoto, 2019). Financial practices must be transparent and guarantee competition from suppliers (Guideline No. 11). The services must promote the economic development of the municipality, generating employment and income for the local community (Guideline No. 12).

The technical, operational, and environmental aspects are related to the minimization of impacts on the environment and the maximum efficiency of the services provided to users. The efficiency of the solid waste management system must be measured by productivity, it can be achieved through the planning of collection routes, programming and operation of vehicles, supervision, and inspection of employees (Mwangi and Thuo, 2015). The government should use up-to-date technologies for waste collection, transportation, treatment, and disposal services (Guideline No. 13). The life cycle of installations, machines, and equipment must be evaluated beforehand, guaranteeing better performance, and less environmental impact (Guideline No. 14). The choice of technologies, equipment, and processes must consider the characteristics of the waste, financial availability, energy efficiency, and availability of areas for the implementation of the processing and final disposal units (Shekdar, 2009). Waste management must limit pollution to the environment and ensure proper disposal of waste (Guideline No. 15).

3.3 Selected best practices of ISWM in Brazilian cities

Brazil is a middle-income country with per capita generation of MSW about 300 kg/year (Cetrulo et al., 2018). In Brazil, until the late 1990s, the municipal governments concern regarding waste management were restricted to operating the household collection and urban cleaning system, promoting waste sweeping, collection, transportation, and disposal, without addressing aspects like service remuneration, application of efficiency indicators, and environmental control (Philippi Jr, 2005).

Since 2010 with the Brazilian National Solid Waste Policy (NSWP) (Brazil, 2010), a new phase in the public management of this service began, by adequately considering elements and aspects previously neglected, including social control, which demands the need for transparency in contracts, selective collection, and the socio-productive inclusion of recyclable waste pickers (Brazil, 2010). The NSWP was a milestone in Brazilian legislation, equating Brazil to the most developed countries in the search for the environmentally sound management of solid waste.

NSWP strengthens the principles of ISWM and provides: i) goals for reduction, reuse, selective collection, and recycling aimed at reducing the final disposal of waste; iii) the participation of local public authorities in the selective collection, reverse logistics, and other actions related to shared responsibility for the life cycle of products; iv) the identification of environmental liabilities related to solid waste and their respective measures; and v) monitoring and preventive and corrective actions (Vieira et al., 2019). Some municipalities as Valinhos and Sertãozinho have developed their own legislation for municipal waste, ensuring the engagement of the resident population and the sectors involved in public management.

Brazilian municipalities are in transition to this management model. Municipalities that have adapted to the new integrated management system have made progress in waste management, such as higher rates of recycling, engagement of the local population, closure of dumps, and social inclusion (Cetrulo et al., 2018; Deus et al., 2020; Fuss et al., 2018; Liikanen et al., 2018).

Table 3 presents best practices adopted by Brazilian municipalities for achieving ISWM.

Table 3

Best practices in Brazilian municipalities.

No.	Guidelines	Best practices	References
1	Institute local government autonomy for integrated management	The municipal department responsible for managing urban sanitation services	Marino <i>et al.</i> (2018)
3	Introduce proper management methods, procedures, and goals	Municipal plan for integrated solid waste management	Fuss <i>et al.</i> (2018)
9	Protect the health and socioeconomic safety of	Agreement with a cooperative	Dutra <i>et al.</i> (2018)

	workers and provide inclusion of waste pickers	of pickers	
13	Use technologies that facilitate user collaboration	Segregation of collection into two fractions and automated waste collection	Ibáñez-forés <i>et al.</i> (2018)

3.4 Applying the guidelines and best practices around the world

The guidelines can be replicated in any city in the world adapting to the local reality. The local government must propose actions to be implemented through management tools and legal instruments. For each strategic aspect, actions must be assigned to achieve the sustainability of service provision. These best practices will serve as a reference for others who wish to implement similar management systems. These actions must be detailed in a municipal management plan and guaranteed through specific legislation. According to Wilson *et al.* (2012), users must be involved in the management system to guarantee the functioning of the actions proposed by the local government.

4 Conclusions

The principles of environmental law, the current legislation, and the current systems of management systems drive this work towards the waste management guidelines to be applied to municipalities. Local government engagement is the first step towards effectively implementing integrated management systems, thereby ensuring the involvement of stakeholders in the process. Clear and well-formulated objectives, goals, and performance indicators in the financial, political, institutional, financial, and social areas are crucial to define which measures are needed to improve services provision. It can be established by the municipal solid waste management plan. Although they are directly related to government institutions, they also apply to service end-users, non-governmental organizations, and private institutions.

Applying the integrated sustainable management system, municipalities will have a multifaceted approach that will assist in decision making. Through a holistic view, it will be possible to reduce costs, minimize environmental impacts, and optimize processes, provided that all dimensions of the system are incorporated. As noted in the case study of Brazilian cities that increased recycling rates and reduced environmental impacts through the adoption of measures based on ISWM. This study was aimed to help the municipalities to implement an integrated management system based on the principles of sustainability. Through the guidelines presented, local governments will be able to carry out an analysis of the current system and identify management gaps that are not met according to the ISWM requirements.

References

- Ali M (2012) The informal sector: What is it worth? *Water lines* **17(3)**: 10-11, <https://doi.org/https://doi.org/10.3362/0262-8104.1999.004>
- Malanima P (2014) Energy in History. In *The Basic Environmental History. Environmental History*, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09180-8_1
- Beukering PV, Sehker M, Gerlagh R *et al.* (1999) Analysing Urban Solid Waste in Developing Countries: a perspective on Bangalore. Corpwatch, India.
- Brazil (2010) Institutes the National Solid Waste Policy. Brazilia, Brazil.
- CAT (Centre for Alternative Technology) (2019) Zero Carbon Britain: rising to the climate emergency, Centre for Alternative Technology. Machynlleth, Powys. See <https://www.cat.org.uk/info-resources/zero-carbon-britain/research-reports/> (accessed 27/05/2020).
- Cetrulo TB, Marques RC, Cetrulo NM *et al.* (2018) Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. *Journal of Cleaner Production* **205**: 179–187, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.094>
- Deus RM, Mele FD, Bezerra BS *et al.* (2020) A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. *Journal of Cleaner Production* **242**: 118433, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118433>
- Dutra RMS, Yamane LH and Siman RR (2018) Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers' organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management* **77**: 50-58, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.009>
- Fuss M, Vasconcelos Barros RT and Pogonietz WR (2018) Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries - An application to a case study in Belo

- Horizonte (Brazil). *Journal of Cleaner Production* **178**: 655–664, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.051>
- Ibáñez-forés V, Coutinho-nóbrega C, Bovea MD, de Melo-Silva C and Virgolino JLF (2018) Influence of implementing selective collection on municipal waste management systems in developing countries: A Brazilian case study. *Resources, Conservation and Recycling* 134: 100–111.
- Ilchenko K and Lisogor A (2016) Sustainable development modeling for municipalities. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management* **11(1)**: 77-85.
- Joseph K (2006) Stakeholder participation for sustainable waste management. *Habitat International* **30**: 863–871, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.009>
- Kaza S, Yao LC, Bhada-Tata P *et al.* (2018) *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, USA.
- Kreith F and Tchobanoglous G (2002) *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw-Hill Education, New York, USA. <https://doi.org/10.1006/wmre.1995.0050>
- Lardinois I, Arroyo Moreno J and Rivas Rios F (1999) Solid waste management in Latin America: the role of micro- and small enterprises and cooperatives. Waste, Gouda, The Netherlands.
- Liikanen M, Havukainen J, Viana E *et al.* (2018) Steps towards more environmentally sustainable municipal solid waste management – A life cycle assessment study of São Paulo, Brazil. *Journal of Cleaner Production* **196**: 150–162, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.005>
- Machado N and Branco de Holanda V (2012) *Gestao baseada em resultado no setor publico: uma abordagem didatica para implementacao em prefeituras, camaras municipais, autarquias, fundacoes e unidades organizacionais*. Atlas, Sao Paulo, Brazil.
- Marino AL, Chaves GLD and Santos Junior JL (2018) Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level? *Journal of Cleaner Production* **188**: 378–386, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.311>
- Marshall RE and Farahbakhsh K (2013) Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management* **33(4)**: 988–1003, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>
- Mwangi M and Thuo A (2015) Towards Conceptual and Theoretical Foundation for Identifying Problems, Challenges and Mechanisms for Municipal Waste Management in Developing Countries. *International Journal of Innovation and Science Resources* **2(2)**: 230–251.
- Philippi Jr A (2005) *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. Manole, Barueri, Brazil.
- Qureshi ME, Harrison SR and Wegener MK (1999) Validation of multicriteria analysis models. *Agriculture Systems* **62(2)**: 105–116, [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(99\)00059-1](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(99)00059-1)
- Sachs J, Schmidt-Traub G, Kroll C *et al.* (2019) *Sustainable Development Report 2019*. New York, USA.
- Schübeler P (1996) A conceptual framework for municipal solid waste management in developing countries. *Waste Management and Research* **15(4)**: 437-446, <https://doi.org/10.1006/wmre.1997.0098>

- Shekdar AV (2009) Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management* **29(4)**: 1438–1448, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.025>
- Shimamoto K (2019) Determining factors of waste management in Japan. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management* **14(3)**: 62–73.
- Simon JM (2018) Annual Report Zero Waste Europe - 2018.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2015) *Global Waste Management Outlook*, SAGE, London, UK. <https://doi.org/10.1177/0734242X15616055>
- Van de Klundert A (1999) Integrated Sustainable Waste Management: the selection of appropriate technologies and the design of sustainable systems is not (only) a technical issue, WASTE, Gouda, The Netherlands.
- Van de Klundert A and Anschutz J (2001) Integrated sustainable waste management - the concept: Tools for decision-makers: Experiences from the Urban Waste Expertise Program, WASTE, Gouda, The Netherlands.
- Vieira MCM, Figueiredo Gallardo ALC, De Oliveira A *et al.* (2019) São Paulo integrated management plan of solid waste in the perspective of the strategic environmental assessment. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* **11**, <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180155>
- Wilson DC, Velis CA and Rodic L (2012) Integrated sustainable waste management in developing countries. *Proceedings of the Institutions of Civil Engineers - Waste and Management Research* **166(2)**: 52-68.

6. ARTIGO 03

Benchmarking of integrated sustainable waste management in medium-sized Brazilian cities

Abstract: Integrated waste management provides municipalities with the guarantee of environmental protection and quality of services. This study aimed to establish a set of benchmark indicators for evaluating the integrated sustainable waste management in Brazilian cities, through the analysis of five medium-sized municipalities. The research method was based on the use of twenty-three indicators of integrated management. The selected cities showed a higher level of engagement in both social and environmental areas, mainly due to the correct destination of waste and social inclusion of waste pickers. From the analysis of the indicators, it was possible to identify practices of each municipality that contribute to a good performance. Practices focusing on reducing, reusing, and minimizing waste and also on governance were highlighted. Finally, the use of benchmark indicators is important to assess sustainability and the efficiency of services provision, and to establish the exchange of experiences among different cities.

Keywords: sustainability; indicators; best practices; governance.

Reference to this paper should be made as follows:

1. Introduction

Solid waste generation increases significantly with the growth and urbanization of cities (Harris-Lovett et al., 2018; Singh, 2019). Worldwide, the inadequate disposal of waste in low-income municipalities reaches 70% (UNEP, 2015). In Brazil, approximately 65% of all waste produced is adequately disposed in landfills (ABRELPE, 2019), situation that occurs mainly in medium and large cities of the most developed regions. However, only 1.65% of the organic and recyclable parts is recovered, resulting in very low recycling rates.

The management of municipal solid wastes is one of the most important services provided by the municipalities (World Bank, 2018). The quality of this service is directly related to a country's income and governance practices (Soltani et al., 2017). Nevertheless, waste management problems can go far beyond the potential environmental and public health impacts caused by inadequate handling and disposal. Financial sustainability is the paramount factor that makes it possible for the municipalities to move forward with proper management practices (Marino et al., 2018). In Brazil, despite being provided for in the federal legislation (Brazil, 2010), there is an investment deficit in this sector. At the present time, only 46.3% of the Brazilian cities charge for the waste handling services, covering only 54.6% of the operating costs (ABRELPE, 2019).

The biggest challenge is to achieve excellency and sustainability in the provision of public services. However, the limited financial resources and the lack of technical capacity that affects most municipalities prevents this evolution (Marino et al., 2018). Therefore, adequate municipal management goes beyond meeting operational requirements, it is also necessary to have a holistic view of the system ensuring integration in social and environmental spheres (Nascimento et al., 2019).

To reach efficiency, benchmarking is a decision-making tool (Slack, 2009) used to evaluate managerial performance through reference cases in waste management with the final goal of improving processes, products, and services. Operational benchmarking identifies best practices in the sector and compares them with the current practices used by the provider, inducing changes and improvements.

Several authors have used the benchmarking tool to assess environmental processes, in the most diverse areas of waste management, to estimate costs (Parthan et al., 2012), to evaluate management techniques and performance (Leal Filho et al., 2016; Lavigne et al., 2019), to improve waste recycling, and to identify best practices (Pereira et al., 2018; Heras-Saizarbitoria et al., 2020).

Although the various works found in the literature on the subject of integrated waste management (Turcott Cervantes et al., 2018), there is a lack of studies on the application of the indicators for the evaluation of municipal solid waste management and compare this result with a standard reference. In this context, the present work evaluates the current practices of integrated waste management in five medium-sized Brazilian cities by application of twenty-three indicators with benchmarks. This work will help other cities to identify critical points to receive priority and implementing actions to improve the provision of waste management services.

2. Literature background

2.1 *Integrated sustainable waste management*

Waste management can be referred to in aspects ranging from: strategies, goals, control, monitoring, regulation and financial aspects, to environmental assessments of systems (Abila and Kantola, 2019). The conceptual framework of the Integrated Sustainable Waste Management (ISWM) is founded on four main objectives: (i) promoting the health and well-being of the entire population, (ii) protecting environmental quality and ensuring sustainability, (iii) promoting efficiency and productivity of the economy and, (iv) generating employment and income (Schübeler et al., 1996).

To reach these goals, the scope of the ISWM seeks for the integration of three parts: stakeholders, strategic aspects, and elements of the system. For the sake of efficiency, local governments must involve economic, environmental, and social issues, in addition to considering all the operational aspects of the interrelated systems (Asefi et al., 2019).

The stakeholders in the process are from the private sector, local government, population, non-governmental organizations, and external agencies. They are responsible for the interaction amongst the various elements and aspects of the system. The participation of the general population occurs in the waste handling stages, from segregating at the source to reducing generation, while the local government establishes the specific legislation, mobilizes the population, and regulates economic activities (Klundert and Anschutz, 2001). The elements of the system consider the all the processes of the Municipal Solid Waste Management (MSWM), therefore include the generation, collection, transport, transshipment, treatment, and final disposal of waste (Klundert and Anschutz, 2001).

The strategic aspects comprise six main subjects: (i) political and legal, which implies in the formulation of goals and priorities, the determination of roles and jurisdictions, and the establishment of the regulatory and legal frameworks; (ii) environmental, which aims at preventing pollution, minimizing waste generation, and mitigating impacts on the environment and public health; (iii) technical and operational, which refers to planning the operational management of the processes, ensuring the proper functioning of the collection, transportation, treatment, and adequate final disposal of waste; (iv) sociocultural, that guarantees the provision of services for the entire population, social inclusion, and adequate labor conditions to all employees involved; (v) administrative and institutional, which establishes the organizational structure, methods, procedures, stakeholder involvement, and allocation of financial resources; and (vi) economic, which includes the charging of services, control and reduction of operating costs, and mobilization of resources for investments in the sector (Schübeler et al., 1996).

2.2 *Benchmarking*

The concept of benchmarking started to spread worldwide in the late 1970's, as the industry became more developed and organized in need of better products and more efficient production of goods (Anand and Kodali,

2008). The main objective of benchmarking in the waste sector is to evaluate the common elements of management, from the generation stages to the final disposal, involving the sociocultural, economic, and environmental contexts (Ilic and Nikolic, 2016).

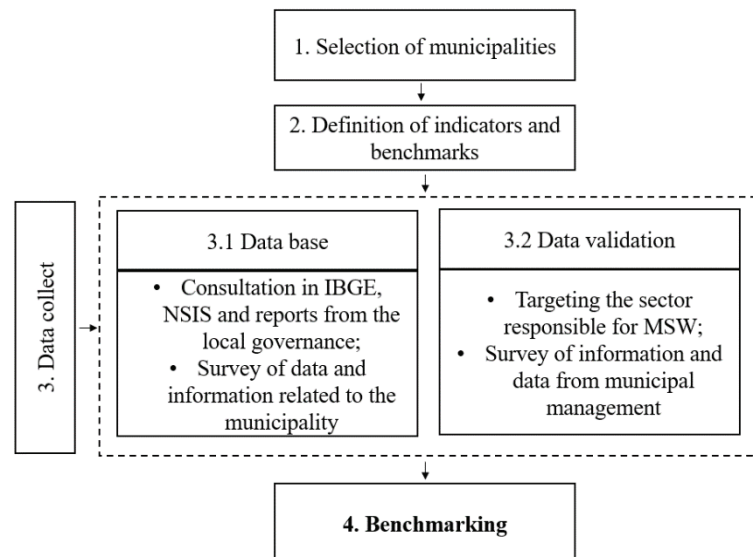
There are several definitions of benchmarking, however it can be understood as a method of measurement or comparison with the best possible condition (reference metrics). It usually consists of two steps: (a) comparing the level of performances to verify the differences between similar conditions, and (b) study how the best performances have reached their level and determine how the organization can learn from and replicate their practices. The vast majority of MSWM performance benchmarking provide government officials and stakeholders with a score and efficiency rating of the assessed system, this assists other municipalities through a point of reference (Lavigne et al., 2019).

The benchmarking process comes from a “continuous and systematic process of evaluating products and services” to a “continuous process of identifying, learning, and implementing good practices to obtain competitive advantages internally or externally” (Anand and Kodali, 2008). The first step in benchmarking, therefore, is to define the processes to which the reference metrics will be applied, and which will reflect on the organization's performance. After selecting the benchmark metrics, the next step is the comparison with other institutions to extract the best performances, which, in many cases, will result from best management practices (Moore, 2004).

3. Research method

The study was divided into four stages: (i) selection of municipalities; (ii) definition of indicators and benchmarks (metrics); (iii) data collection and validation; and (iv) benchmarking (see Figure 1).

Figure 1 The research method



3.1 Selection of municipalities

Brazil has 5,570 municipalities in 26 federative states (IBGE, 2010), which comprise an estimated population of 220 million inhabitants for the year 2019. Sustainable and Urban Cleaner Index report (SELUR, 2019) annually assesses the sustainability of municipal solid waste management through indicators that evaluate the degree of adherence of Brazilian municipalities to the goals and guidelines of the National Solid Waste Policy (NSWP) (Brazil, 2010).

Amongst the 199 medium-sized Brazilian municipalities, with populations between 100,000 and 250,000 inhabitants, 74% participated in the SUCI assessment in 2019 (SELUR, 2019). The top five cities classified in the SUCI ranking, for this population range, were selected for the present study, and their practices in municipal solid waste management were analyzed. They are: Bento Goncalves, Chapeco, Jaragua do Sul, Sertaozinho and Valinhos.

3.2 Definition of indicators and benchmarks

Qualitative and quantitative indicators were selected from studies of Pereira et al., 2018; Silva et al., 2019; SNIS, 2019; UNEP, 2015; Wilson et al., 2015 for a comprehensive assessment of the management system. They recommend to adopt all dimensions of the ISWM (economic, environmental and social), as well described by Schübeler et al. (1996) and Klundert and Anschutz (2001).

This dimension was subdivided into categories also surveyed from the literature: i) environmental (generation, collection and sorting, final disposal and management); ii) sociocultural (social inclusion of recyclable material collectors, access to information and environmental programs); and iii) economic (costs and tax revenues). This step resulted in the compilation of twenty-three indicators.

Most of the indicator proposal studies do not present their respective benchmarks, thus, the application of the indicators in local management is restricted to an information board, and it is not possible to assess the current condition of the municipality before a pre-established standard. To define the benchmarks to this group of indicators, were considered current legislation, national and international standards and results of technical studies of authors in the area.

Table 1 show the eight categories evaluated, along with the twenty-three indicators used to assess the conditions of the ISWM in the selected municipalities.

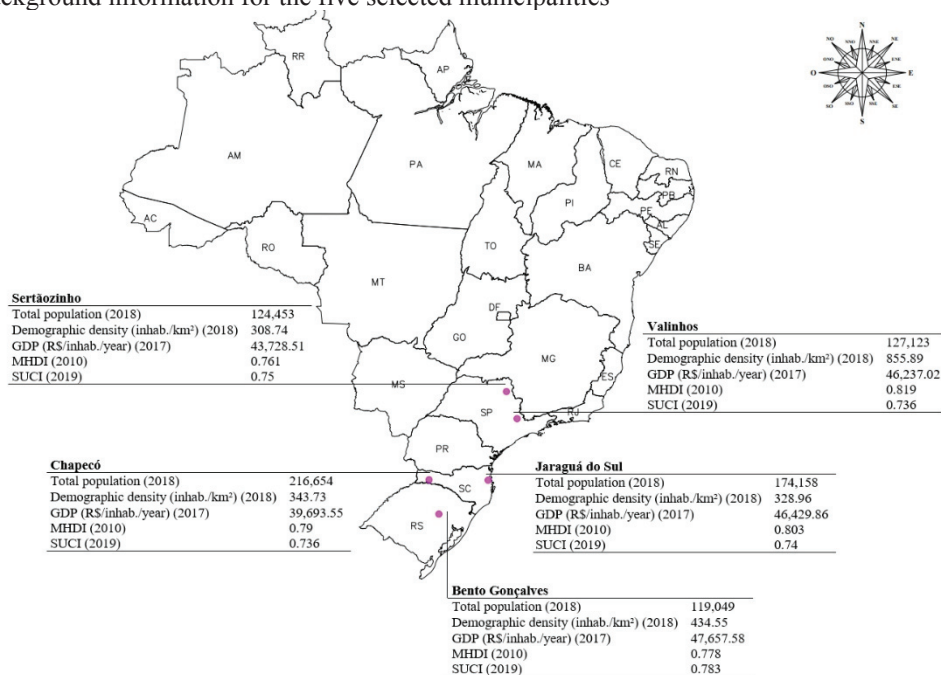
Table 1 Categories, indicators and benchmarks evaluated for the MSWM

<i>Category</i>	<i>No.</i>	<i>Indicator</i>	<i>Benchmark</i>	<i>Reference</i>
Environmental dimension				
Generation	1	Quantity of MSW per capita	<0.91 kg /inhab. / day	SNIS (2019)
Collection and sorting	2	Rate of municipal population served with waste collection	100 %	Brazil (2010)
	3	Rate recovery of selective material	>5%	Brazil (2012)
	4	Rate of population served with selective collection services	100 %	Brazil (2010)
Final disposal	5	Existence of sorting and composting centers	Yes	Brazil (2010)
	6	Disposal of waste in landfill	100%	Brazil (2010)
	7	Recovery of dumpsite	Yes	Brazil (2010)
	8	Environmental licensing	Yes	CONAMA (1997)
	9	Adequate landfill operational conditions	Yes	CONAMA (1997)
Management	10	Inspection related to the MSW	Yes	ABNT (1992)
	11	Existence of ISWM Plan	Yes	Brazil (2010)
	12	Existence of specific legislation for the management of MSW in the municipality	Yes	Brazil (2010)
Sociocultural dimension				
Social inclusion of recyclable	3	Existence of scavengers at the dump	No	Brazil (2010)
	4	Existence of waste pickers on the streets	No	Brazil (2010)

material	5	Existence of waste picker cooperatives	Yes	Brazil (2010)
collectors	6	Partnership between public authorities and waste pickers in the separation of waste	Yes	Brazil (2010)
Access to information	7	Information on the management of MSW available to the population	Yes	Brazil (2010)
	8	Existence of a complaints channel	Yes	Brazil (2010)
Environmental programs	19	Environmental and educational programs	Yes	Brazil (2010)
Economic dimension				
Costs	20	Financial efficiency	< 80 USD/ ton.	SNIS (2019)
	21	Cost of MSWM	< 250 USD/ inhab. / year	SNIS (2019)
Tax revenues	22	Charging users for urban collection and cleaning service	Yes	Brazil (2007)
	23	City financial self-sufficiency	100%	Brazil (2007)

The five selected cities, with populations between 100,000 and 250,000 inhabitants, belong to three Brazilian states (São Paulo, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul) in the Southern and Southeast regions. The GDP per capita in these regions is higher compared to the other regions of Brazil (IBGE, 2016), as shown in Figure 2.

Figure 2 Background information for the five selected municipalities



Notes: IBGE, 2010; IBGE, 2017; IBGE, 2019; SELUR, 2019.

3.3 Data collection, validation and benchmarking

Annually, the Brazilian municipalities fill out a non-mandatory enquire regarding the municipal management of basic sanitation. This database serves to build a diagnosis presented by the Ministry of Development (Ministério do Desenvolvimento, 2019).

The collection of data to compose the indicators was performed through the online search on the National Sanitation Information System (NSIS) platform, for the reference year of 2018. In addition, background information, including estimates of the urban population, Gross Domestic Product (GDP) per capita, and municipal Human Development Index (HDI), were compiled to characterize the municipalities and assist in the analysis of the benchmark indicators (IBGE, 2010; IBGE, 2016; IBGE, 2019).

The information was validated by applying a questionnaire to the sector responsible for the MSWM in each municipality, according to the procedures proposed by Gubrium and Holstein (2002) and Gil (2002). In the absence of information or discrepancies in the values reported on the NSIS online platform, data were revised and the information provided by city managers via questionnaire was assumed to be the correct one.

The questionnaire was structured in questions which covered the qualitative and quantitative aspects of the integrated waste management, as well as the adoption of best practices. Finally, the benchmarking was constructed by analyzing and comparing the indicators for the five selected municipalities. Was used color traffic to mark which indicator attend to standard benchmark (green color to indicator that attend benchmark and red color to opposite).

4. Results and discussion

Applying the proposed indicators in the selected cities, and compared with benchmarks was possible to measure the engagement of cities on ISWM as presented in Table 2.

Table 2 Application of the ISWM indicators in the selected cities

No.	Indicator	Unit	BG ^a	CC ^a	JS ^a	ST ^a	VL ^a
1	Quantity of MSW per capita	kg/inhab. /day	0.75	0.96	0.59	0.72	0.8
2	Rate of municipal population served with waste collection	% of inhab.	100	100	100	100	100
3	Rate recovery of selective material	% of material	24.34	5.33	11.17	1.94	1.22
4	Rate of population served with selective collection services	% of inhab.	100	100	100	100	100
5	Existence of sorting and composting centres	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
6	Disposal of waste in landfill	%	100	100	100	100	100
7	Recovery of dumpsite	-	N/I	Yes	N/I	N/I	N/I
8	Environmental licensing	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
9	Adequate landfill operational conditions	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
10	Inspection related to the MSW	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
11	Existence of ISWM Plan	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
12	Existence of specific legislation for the	-	No	No	No	Yes	Yes

management of MSW in the municipality							
No.	Indicator	Unit	BG ^a	CC ^a	JS ^a	ST ^a	VL ^a
13	Existence of scavengers at the dump	-	No	No	No	No	No
14	Existence of waste pickers on the streets	-	No	Yes	Yes	Yes	Yes
15	Existence of waste picker cooperatives	-	Yes	Yes	Yes	Yes	No
16	Partnership between public authorities and waste pickers in the separation of waste	-	Yes	Yes	Yes	Yes	No
17	Information on the management of MSW available to the population	-	No	No	No	No	No
18	Existence of a complaints channel	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
19	Environmental and educational programs	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
20	Financial efficiency	USD/ton. ^b	78	72.2	92.4	75.1	103.7
21	Cost of MSWM	USD/inhab./year ^b	271.2	303.6	255.6	235.2	380.4
22	Charging users for urban collection and cleaning service	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
23	City financial self-sufficiency	%	176.2	100.9	85.76	95.07	85.61

^aBG – Bento Goncalves; CC – Chapeco; JS – Jaragua do Sul; ST - Sertaozinho, VL – Valinhos.

^b refers to conversion of Brazilian currency to dollar (R\$ 1.00 = US\$ 5.00 in 20/03/2020).

The generation of MSW is directly related to the population's income (UNEP, 2015; Kabera et al., 2019). The higher the income, the greater the generation of waste. Still, the rate of urbanization is another determining factor in the production of waste as shown by the indicator No. 1 (see Table 2). The waste generation from four municipalities (Bento Goncalves, Jaragua do Sul, Sertaozinho and Valinhos) is according to the benchmark <0.91 kg/inhab./day. For this indicator, the lower the generation of waste, the lower the environmental impact (UNEP, 2015).

The coverage of waste collection and selective collection (indicators No. 2 and 4) is 100% in all of the cities studied, above of the average for medium-sized municipalities 95% and the Brazilian average 92% (SNIS, 2019). Selective collection is mandatory in Brazil, since NPSW, therefore, all cities need to attend 100% of population (Brazil, 2010).

Recovery of selective material (indicator No. 3) is higher in three cities, Bento Goncalves stood out due to the 24.34%, is the highest of Brazil. There is a relation between good infrastructure of sorting units and recovery of materials, in cities with selective collection, sorting, partnership with pickers the amount of recovery material is higher. This corroborates the relationship between availability of local operational and administrative infrastructure and higher recycling rates (Marino et al., 2018).

Indicator No. 6 show that the five cities dispose their waste in landfill, is the only adequate final disposal in Brazil. However, the Brazilian reality is quite distant. About 1,037 cities still dispose of their waste in dumpsites (SNIS, 2019). ABRELPE (2019) correlates the absence of infrastructure and the low income of municipalities in the north and northeast regions, as a determining factor for this situation.

The indicators No. 5, 8 and 9 shows that all cities have adequate infrastructure for sorting and adequate landfills. Regarding the sorting of municipal solid waste, there is resistance from municipalities to implement differentiated collection due to the high operating costs of this process (Soltani et al., 2017).

ISWM Plan (indicator No. 11) is the most important tool to start the process. This document will define goals, priorities, guidelines to achieve sustainability as provides in NSWP (Brazil, 2010). The second institutional step is implementing a specific local legislation (indicator No. 12) to define role of stakeholders. None of the municipalities has specific legislation regarding all municipal waste. Although, is observed in major cities like Porto Alegre, Maceio, and Vitoria, that established the municipal code for urban cleaning (Silva et al.,

2017). The municipalities of Sertãozinho and Valinhos have specific laws to implement environmental educational programs, selective collection in condominiums, and user's conduct.

About sociocultural dimension (indicators No. 13, 14, 15 and 16) guarantee engagement of local govern with pickers. Brazil (2010) provides the social inclusion of recyclable material pickers to achieve integrated management, four cities (Bento Gonçalves, Chapeco, Jaragua do Sul and Sertãozinho) have implemented cooperatives to their pickers and a partnership to help them. The highlight is from the municipality of Chapeco, that delivers, through the Solid Waste Department, selective material to 14 associations and also helps them financially through mutual cooperation agreements. This financial assistance contributes to the operating expenses of the triage units, in Chapeco, e.g., some associations are in sheds provided by the local govern, promoting improvements in the health conditions of the worker

Another indicator of social control (indicator No. 18) is used to inform population about management services, it could be informed by website, app, containing: expenditure, waste generation, addresses, schedule of waste collection (Marino et al., 2018). None of cities have this data available to users.

A continuous process of environmental education need occurs in the cities. All cities presented have an Environmental Program (indicator No. 19) as require by many authors (Brazil, 2010; UNEP, 2015; ISO, 2018). Environmental education indicators evidenced actions to raise public awareness in the municipalities. The city of Chapeco instituted the Zero Waste Program, which proposes a deadline until 2020 for the municipal public organizations to adopt this practice and until 2030 for the private and non-governmental sectors. Since its implementation in 2018, several practices have been implemented with the main objective of reducing the MSW generation (Instituto Lixo Zero, 2020).

Regarding the assessment of economic sustainability (indicator No. 23), even though all municipalities charge for urban cleaning services (indicator No. 22), only Bento Gonçalves and Chapeco have a revenue that covers the expenses with the activity. At the national level, only 47% of the municipalities have a waste collection rate, whereas in the South the rate reaches 85% and in the North and Northeast 9% and 20%, respectively. However, only 4.3% of Brazilian cities have the economic sustainability of the service (Ministério do Desenvolvimento, 2019). This corroborates the study by Silva et al. (2019), who evaluated medium-sized Brazilian municipalities and identified the financial unsustainability of the waste handling services. Due to the financial deficit for this sector, investments and the use of new technologies are limited.

Towards the tariff modality, four municipalities (Balneario Camboriu, Carmópolis de Minas, Terra Alta and Itajai) informed NSIS in 2019 that the tariff composition is based on the volume generated and the frequency of collection available to the user. This case is recommended by authors to guarantee efficiency of systems and minimize generation of waste (Brazil, 2012; UNEP, 2015).

To promote the implementation of actions and improvement of indicators, it is recommended that the local government use the Municipal Solid Waste Management Plan, as a tool to achieve the goals, choosing priorities according to demand (Balasubramanian et al., 2018).

This work can be applied in any city that want to improve municipal management. The benchmarks can be changed and adapted to local legislation. There is a wide international benchmark that can be used to evaluate the current status of governance in different continent: in Asia ADB (2019), in America UNEP (2015), in Europe Eurostat (2019), in Africa World Bank (2013).

5. Conclusion

Integrated Sustainable Waste Management provides for the integration amongst environmental, social, economic, political, and institutional dimensions. This study presented a benchmarking comprising five medium-sized Brazilian cities, which were considered national highlights in terms of good governance and management practices. The application of twenty-three qualitative and quantitative indicators, was the first step to assess the situation of each municipality.

The definition of benchmarks was important to establish parameters of comparison between cities, in addition to the characteristic differences of cities, this work reached an equal reference to apply to any city that wishes to develop a sustainable management model.

The generation of waste per capita and the recovery of selective collection are important indicators that allow evaluating the population's engagement in selective collection and environmental awareness programs.

The economic indicators showed the potential barriers that the municipalities face to guarantee the provision of waste management services. Sociocultural indicators were important to measure public sector engagement and compliance with legal issues.

On a negative note, the lack of information available to users was a common feature amongst the study municipalities. It should be emphasized that transparency is an important social control for monitoring local government actions by service users. All information necessary to compose indicators are filled annually by the cities to the NSIS, therefore, the local government can assess the evolution of the municipality frequently.

Assessing the indicators in a holistic way is essential to understand what are the limiting factors of each local government, as well as the challenges to be dealt with due to inefficient management and reduced resources.

References

- Abila, B. and Kantola, J. (2019) 'Waste management: relevance to environmental sustainability', *International Journal of Environment and Waste Management*, Vol. 23, No. 4, pp.337–351.
- ABNT (1992) Technical Standards 8.419 - Presentation of urban solid waste landfill projects [online] <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-8.419-NB-843-Apresentac%C3%A3o-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-RSU.pdf> (accessed 1 September 2020).
- ABRELPE (2019) *Overview of Solid Waste in Brazil* [online] <https://abrelpe.org.br/panorama/> (accessed 1 September 2020).
- Anand, G. and Kodali, R. (2008) 'Benchmarking the benchmarking models', *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 15, No. 3, pp.257-291.
- Asefi, H., Shahparvari, S. and Chhetri, P. (2019) 'Integrated Municipal Solid Waste Management under uncertainty: A tri-echelon city logistics and transportation context', *Sustainable Cities and Society*, Vol.50, pp.101606.
- Asia Development Bank - ADB (2019) *Key indicators for Asia and The Pacific 2019* [online] <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/521981/ki2019.pdf> (accessed 25 March 2020).
- Balasubramanian, M. (2018) 'Municipal solid waste management in India: status, problems and challenges', *International Journal of Environment and Waste Management*, Vol. 21, No. 4, pp.253–268.
- Brazil (2007) *Federal Law No. 11,445*. Establishes national guidelines for basic sanitation [online] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm (accessed 2 September 2020).
- Brazil (2010) *Federal Law No. 12,305*. Institutes the National Solid Waste Policy [online] http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm (accessed 1 September 2020).
- Brazil (2012) *National Solid Waste Plan*. Ministry of Environmental, Brazil.
- CONAMA (1997) *Resolution No. 237/1997*. Institui o licenciamento ambiental para atividades potencialmente poluidoras, Brazil.
- Deus, R.M., Bezerra, B.S. and Battistelle, R.A.G. (2019) 'Solid waste indicators and their implications for management practice', *International Journal of Environment, Science and Technology*, Vol. 16, pp.1129.
- Eurostat (2019) *Sustainable development in the European Union* [online] <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9940483/KS-02-19-165-EN-N.pdf/1965d8f5-4532-49f9-98ca-5334b0652820> (accessed 25 March 2020).
- Gil, A. (2002) *Métodos e técnicas de pesquisa social*, Sixty edition, Atlas, Brazil.
- Gubrium, J.F. and Holstein, J.A. (2002) *Handbook of interview and research: Context and Method*, SAGE.

- Harris-Lovett, S., Lienert, J. and Sedlak, S. (2018) 'Towards a new paradigm of urban water infrastructure: identifying goals and strategies to support multi-benefit municipal wastewater treatment', *Water*, Vol. 10, pp.1127.
- Heras-Saizarbitoria, I., Boiral, O., Garcia, M. and Allur, E. (2020) 'Environmental best practice and performance benchmarks among EMAS certified organizations: An empirical study', *Environmental Impact and Assessment*, Vol. 80, pp.106315.
- IBGE (2010) *Census 2010* [online] <http://censo2010.ibge.gov.br/> (accessed 22 January 2020).
- IBGE (2016) *Gross domestic product at current prices and gross domestic product per capita according to major regions, federation units and municipalities* [online] http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010_2013/default_xls.shtm (accessed 22 January 2020).
- IBGE (2019) *Projection of the population of Brazil and of the federation units* [online] <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html> (accessed 5 June 2020).
- Ilic, M., Nikolic, M. (2016) 'Waste management benchmarking: A case study of Serbia', *Habitat International*, Vol. 53, pp.453-460.
- Instituto Lixo Zero. *Credenciamento* [online] <https://ilzb.org> (accessed 09 June 2020).
- International Organization for Standardization – ISO (2018) *ISO 37120:2018. Sustainable cities and communities*, Switzerland.
- Kaza, S., Yao, L.C., Bhada-Tata, P. and Van Woerden, F. (2018) *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* [online] <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> (accessed 1 June 2020).
- Kabera, T., Wilson, D. and Nishimwe, H. (2019) 'Benchmarking performance of solid waste management and recycling systems in East Africa: Comparing Kigali Rwanda with other major cities', *Waste Management*, Vol. 37, pp.58-72.
- Klundert, A.V, Anschütz, J. and Scheinberg, A. (2001) 'Integrated sustainable waste management: the concept. Tools for decision-makers', *Waste*, Netherlands.
- Lavigne, C., Jaeger, S. and Rogge, N. (2019) 'Identifying the most relevant peers for benchmarking waste management performance: A conditional directional distance Benefit-of-the-Doubt approach', *Waste Management*, Vol. 89, pp. 418-429.
- Leal Filho, W., Brandli, L., Moora, H., Kroupiene, J. and Stenmarck, A. (2016) 'Benchmarking approaches and methods in the field of urban waste management', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 112, pp.4377-4386.
- Marino, A.L., Chaves, G.L.D. and Santos, J.L. (2018) 'Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level?', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 188, pp.378-386.
- Ministério do Desenvolvimento (2019). *Diagnosis of Urban Solid Waste Management in 2018* [online] <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018> (accessed 27 January 2019).
- Moore, R. (2004) 'Making Common Sense Common Practice', third edition pp.49-75.
- Nascimento, V.F., Sobral, A.C., Fehr, M., Yesiller, N., Andrade, P.R. and Ometto, J.P.H.B. (2019). 'Municipal solid waste disposal in Brazil: improvements and challenges', *Int. J. Environment and Waste Management*, Vol. 23, No. 3, pp.300–318.
- Pereira, S.S., Curi, R.S. and Curi, W.F. (2018). 'Use of indicators in the management of urban solid waste: a methodological proposal for construction and analysis for municipalities and regions', *Eng. San. Amb.* Vol. 23, No. 3, pp. 471-483.

- Parthan, S.R., Milke, M.W., Wilson, D.C. and Cocks, J.H. (2012). 'Cost estimation for solid waste management in industrializing regions – Precedents, problems and prospects', *Waste Manage.*, Vol. 32, pp. 584-594.
- Schübeler, P., Wehrle, K. and Christen, J. (1996) 'Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries', Working Paper No. 9, Switzerland.
- SELUR (2019). *Sustainability and Urban Cleaning Index* [online] <https://selur.org.br/wp-content/uploads/2019/09/ISLU-2019-7.pdf> (accessed 10 January 2020).
- Singh, A. (2019). 'Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal', *Journal of Environmental Management*, Vol. 240, pp.259-265.
- Silva, L., Prietto, P.D. and Korf, E.P. (2019) 'Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 237, pp.117802.
- Slack, N., Chambers, S. and Johnson, R. (2009). *Operations Management*, third edition, Atlas, Brazil.
- SNIS (2019) *Diagnosis of solid urban waste management*. Ministry of Development. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos> (accessed 09 January 2020).
- Soltani, A., Sadiq, R. and Hewage, K. (2017) 'The impacts of decision uncertainty on municipal solid waste management', *Journal of Environmental Management.*, Vol. 197, pp.305–315.
- Stapenhurst, T. (2009) *The Benchmarking Book: How-to-Guide to Best Practice for Managers and Practitioners*, Butterworth-Heinemann, first edition, Elsevier.
- Turcott Cervantes, D.E., Martínez, A.L., Hernández, M.C. and Cortázar, A.L.G. (2018) 'Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review', *Waste Management*, Vol. 80, pp.51-63.
- UNEP (2015) *Global Waste Management Outlook. Osaka: United Nations Environment Program* [online] https://www.researchgate.net/publication/283085861_Global_Waste_Management_Outlook_United_Nations_Environment_Programme_UNEP_and_International_Solid_Waste_Association_ISWA (accessed 10 April 2020).
- Wilson, D.C., Rodic, L., Cowing, M.J., Velis, C.A., Whiteman, A.D., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, D., Stretz, J. and Oelz, B. (2015) 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities', *Waste Management*, Vol. 35, pp.329-342.
- World Bank (2013) *Africa Development Indicators (ADI)* [online] <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/africa-development-indicators> (accessed 25 March 2020).

8. ARTIGO 04

ACTIONS AND POLICY TOOLS FOR LOCAL GOVERNMENTS ACHIEVE INTEGRATED SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT

ABSTRACT

Integrated management of urban solid waste seeks sustainability under the premises of environmental protection, health promotion, and economic development. In this context, this paper proposes actions and policy tools for local governments to improve quality and governance in waste management. The research was carried out through systematic review of articles and search for federal legislation. A set of 23 actions is proposed based on existing conceptual models, available legislation, and practices adopted worldwide by municipal governments. The results are presented in three levels: i) planning of the administrative and operational structure, ii) waste management, and iii) performance evaluation. The results showed that the proposed actions need to be implemented through policy tools, such as municipal legislation, social communication, normative instructions, and technical studies. The applicability of the proposed methodology, which might be replicated in any municipality to increase efficiency of the waste management system, was positively evaluated in a medium-sized Brazilian city, which presented an overall attendance level of 52%.

Keywords: public management; sustainability; governance; municipal solid waste.

AÇÕES E FERRAMENTAS POLÍTICAS PARA GOVERNOS LOCAIS ALCANÇAREM A GESTÃO INTEGRADA SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS

RESUMO

A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos busca a sustentabilidade sob as premissas da proteção ambiental, promoção da saúde e desenvolvimento econômico. Nesse contexto, este artigo propõe ações e ferramentas políticas para os governos locais melhorarem a qualidade e a governança na gestão de resíduos. A pesquisa foi realizada através de revisão sistemática em artigos e busca em legislação federal. Um conjunto de 23 ações é proposto com base em modelos conceituais existentes, legislação disponível e práticas adotadas mundialmente por governos municipais. Os resultados são apresentados em três níveis: i) planejamento da estrutura administrativa e operacional, ii) gestão de resíduos e iii) avaliação de desempenho. Os resultados mostraram que as ações propostas precisam ser implementadas por meio de ferramentas de política, como legislação municipal, comunicação social, instruções normativas e estudos técnicos. A aplicabilidade da metodologia proposta, pode ser replicada em qualquer município para aumentar a eficiência do sistema de gestão de resíduos, foi avaliada positivamente em uma cidade brasileira de médio porte, que apresentou um índice geral de atendimento de 52%.

Palavras-chave: gestão pública; sustentabilidade; governança; resíduos sólidos urbanos.

1

2 INTRODUCTION

Waste management is one of the essential public services and is considered a “basic human right”. If not properly provided, it represents a threat to public health and the environment (UNEP, 2015). Most municipalities in underdeveloped and developing countries face significant challenges in waste management, mainly regarding the implementation of sustainable practices, due to the economic and technological limitations and the lack of trained staff, which causes fragility in the system's operation, particularly in smaller cities (DEUS *et al.*, 2020; MARINO *et al.*, 2018).

Integrated management is being widely adopted by municipalities to properly handle local waste (ASEFI; LIM, 2017). This system allows the municipalities to adapt to the existing norms, guaranteeing physical structure, economic sustainability, and social responsibility. It includes the physical elements of the system, the interested parties, encompassing the technical, environmental, financial, socio-cultural, institutional, and political dimensions (VAN DE KLUNDERT; ANSCHUTZ, 2001).

The Integrated Sustainable Waste Management (ISWM) conceptual model has four main objectives, i) the promotion of health and well-being of the entire population; ii) the protection of the environment and the guarantee of sustainability; iii) the promotion of efficiency and productivity in the economy; and iv) the generation of jobs and income (SCHÜBELER, 1996). This model is widely discussed at a conceptual level (MWANGI; THUO, 2015; SCHÜBELER, 1996; VAN DE KLUNDERT, 1999). However, there is a lack of studies that address practical actions to be taken by government officials to meet ISWM requirements.

The purpose of this article is therefore to present a set of actions and tools for the local government to achieve integrated solid waste management. So that the municipalities can implement an integrated management system through these actions. They are based on the principles of sustainability, current legislation, and the local capacity of the municipalities. The actions can be applied to all municipalities that need technical guidance to implement this management system, enabling managers to increase local sustainability by reducing environmental impacts, minimizing operating expenses, and engaging society.

3 METHODOLOGY

The research was conducted initially through a systematic review and performed in two steps: a) the first one comprised three database searches using keywords relevant to the research and b) analyses of selected articles and documents from the databases search (Figure 1).

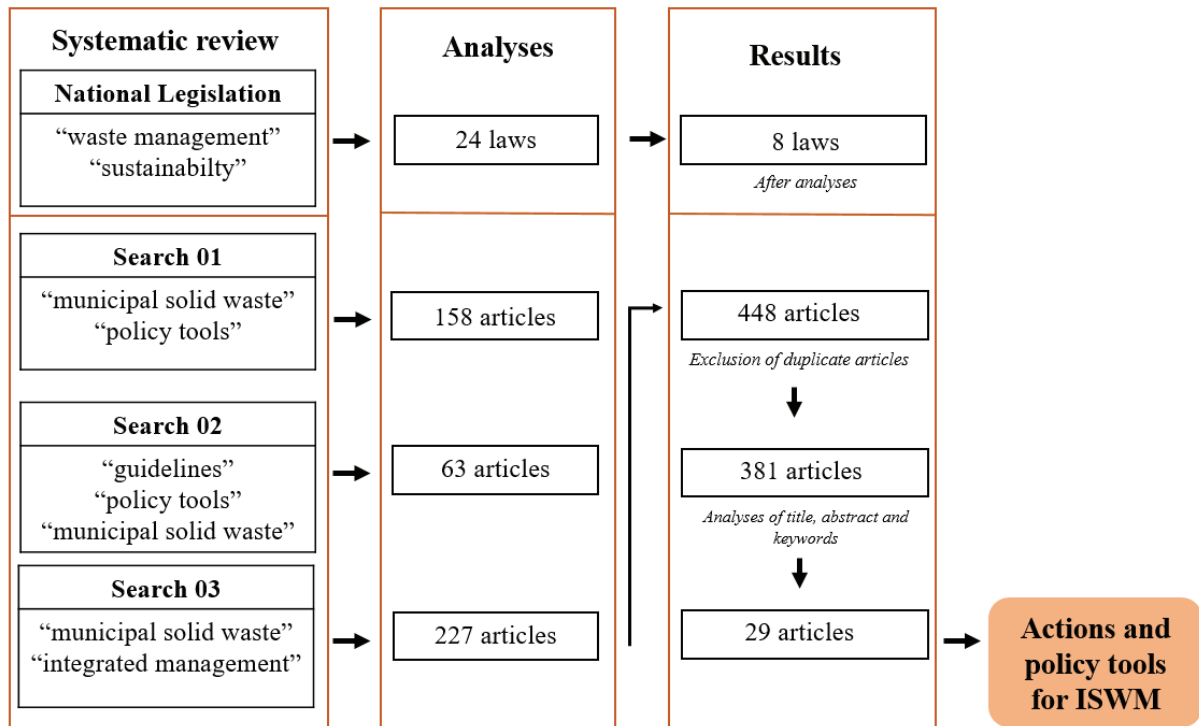


Figure 1 – Methodology.

Initially, a search for national legislation regarding the management of solid waste was carried out. The research took place on the legislation portal of the Brazilian federal government and identified 24 legislations on the subject, in the period between 2001-2021. Eight federal laws were selected that served as a legal basis for this work. After, a systematic literature review was realized to this paper. The Science Direct and Scopus database was consulted using three search criteria: (a) all types of articles; (b) time interval from 2011 to 2021; and (c) the following keyword associations: "municipal solid waste" and "policy tools", "guidelines" and "municipal solid waste" and "policy tools", and "municipal solid waste" and "integrated management".

A total of 448 articles were identified and selected by the abstract reading, and 29 were selected for the in-depth discussion in this work.

The guidelines were defined based on the analysis of the 29 articles. From these, were selected actions and policy tools to ISWM.

4 ISWM STRUCTURE

The integrated urban solid waste management system is divided into three steps: planning, management, and evaluation (Figure 2), with each stage having axes of actions for the integrated management (SCHÜBELER, 1996; VAN DE KLUNDERT; ANSCHUTZ, 2001; MWANGI; THUO, 2015).

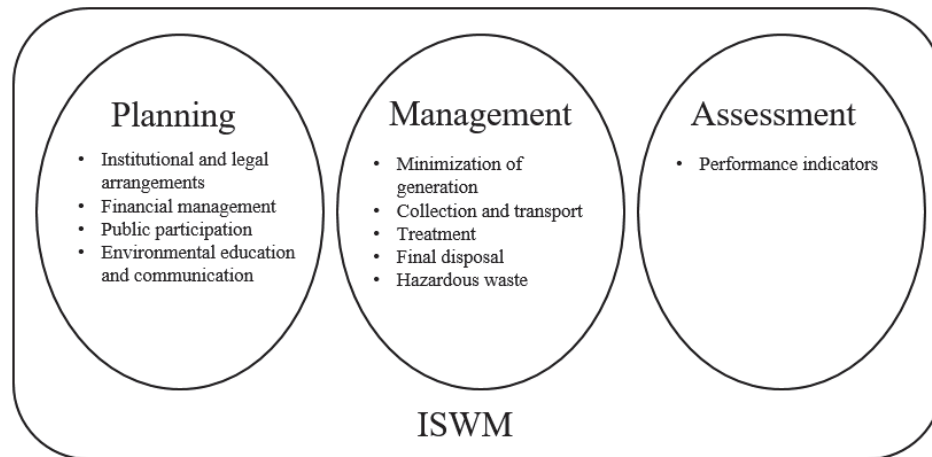


Figure 2 - The ISWM system.

The actions and tools were established for each of the axes and were based on the principles of sustainable management (VAN DE KLUNDERT; ANSCHUTZ, 2001) and on the legislation available at the national level (BRAZIL, 2007; BRAZIL, 2010).

5 ACTIONS AND POLICY TOOLS TO IMPLEMENT ISWM

Each ISWM area of activity generated a set of practical actions that the local government must adopt to achieve sustainable management. The vast majority of actions are based on structuring legal support through standardization and inspection, social mobilization, technical studies, increasing physical structure, and projects to minimize environmental impacts.

3.1 Step 1: Planning

The first step in starting a municipal management system is to develop adequate planning based on the current situation of local governance. Planning must involve institutional, legal, financial, and social aspects. Table 1 shows the government actions proposed for this step. The letter “P” was assigned to establish a relationship between the action and the step it refers to. It is also presented the necessary tool for the action implementation.

Table 1 - Actions and policy tools for ISWM planning.

<i>Government actions</i>	<i>Policy tools</i>
<i>Planning - Institutional and legal arrangements</i>	
P.1) Institute the municipal basic sanitation policy	Municipal law
P.2) Institute the municipal plan for integrated solid waste management	Municipal law
P.3) Create municipal department responsible for waste management	Municipal law
P.4) Encourage employee participation in waste management training	Social Communication
P.5) Network with municipalities with similar characteristics	Social Communication
P.6) Establish operational procedures for the management plan, considering all types of waste	Normative Instruction
P.7) Promote sectoral agreements between the parties involved and guarantee reverse logistics	Social Communication
P.8) Include recyclable material collectors in the integrated management	Municipal law
P.9) Define priority areas and actions for social inclusion	Municipal law
P.10) Institute the municipal code of urban cleaning	Municipal law
P.11) Join a regulatory agency to monitor contracts and tariffs	Municipal law
<i>Planning – Financial management</i>	
P.12) Prepare technical-economic feasibility study in all operational sectors	Technical study
P.13) Institute the collection of services	Municipal law
P.14) Stimulate the creation of management consortia and public-private partnerships	Social Communication
P.15) Establish norms for participation in transparent bidding processes, guaranteeing publication in user access channels	Normative Instruction
P.16) Create incentive programs for companies in the waste area	Municipal law
P.17) Seek external financing for new investments	Technical study
P.18) Institute a tax incentive and certification program for companies that adopt environmental responsibility regarding their waste	Municipal law
<i>Planning - Public participation and environmental education</i>	
P.19) Create an environmental education program ensuring the minimization of waste generation	Technical study
P.20) Increase social communication through social media, newspapers, and television	Social Communication
P.21) Develop training courses for users for proper waste management	Technical study
P.22) Promote local events and discussion forums focused on waste management	Social Communication
P.23) Establish partnerships with universities for research, technological development, and innovation	Social Communication

In waste management planning, communication must involve all levels of government and stakeholders (KAZA *et al.*, 2018). The basis of a management system occurs through the

development of sound public policies that guarantee the availability and continuity of services. Government actions in the institutional and legal aspects emphasize the importance of drafting the Municipal Basic Sanitation Policy and the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management. In Brazil, these policies are provided for in federal laws. MPISW will contemplate all the actions present in this article. The plan will serve as a base document for government officials and should be instituted through municipal law (actions P.1 and P.2).

According to Marino *et al.* (2018), the biggest problems of planning public management in the area of solid waste are related to the technical and operational incapacity of local governments. Low- and middle-income countries find it difficult to achieve adequate management due to poor sector planning (KAZA *et al.*, 2018). Therefore, the creation of a municipal public cleaning department with a qualified technical staff guarantees responsible execution of planned actions, monitoring and implementation of plans, contract management, technical studies, standardization, inspection and social mobilization (actions P.3 to P.5).

The local government team should prepare normative manuals and instructions that involve, for example, guidance for minimizing waste generation, segregation at source, encouraging home reduction and reuse of waste, the requirements for waste management plans, the licensing of potentially polluting activities, and the standardization of waste disposal facilities (action P.6). As provided for in the National Solid Waste Policy (NSWP), the local government should promote sectoral agreements and reverse logistics among the parties involved, guaranteeing participation at all levels (action P.7) (BRAZIL, 2010).

The inclusion of waste pickers in integrated management (action G.8) is foreseen in the NSWP (BRAZIL, 2010). The municipality should encourage the establishment of cooperatives so that waste pickers can work in an organized and wholesome environment, yet provide subsidies and technical partnership to support the structuring of sorting spaces (FIDELIS *et al.*, 2020; RIBEIRO SIMAN *et al.*, 2020).

According to Schübeler (1996), ISWM provides priority assistance to the needy population and vulnerable areas at risk. A detailed study of these areas must be prepared and instituted in municipal legislation to guarantee the care of this population (action P.9).

The structure of a management system must contain legal support to guarantee the execution and continuity of actions. A single legislation can facilitate the understanding of users (e.g. municipal code for urban cleaning (action P.10)). The code will provide guidance on the segregation of waste, the responsibilities of each user, the service charge, the inspection process, penalties, and tax incentives (KAZA *et al.*, 2018). According to Fernando and Lalitha (2019), for the effectiveness of local regulations, the punishment process must be provided for cases of non-compliance with local guidelines.

The National Basic Sanitation Policy (NBSP) determines the adherence of municipalities to regulatory agencies (action P.11), in order to standardize and supervise the provision of basic sanitation services (BRAZIL, 2010).

The financial area of management proposes to standardize and make the financial issues of the local government feasible. The government should implement a program of continuous assessment of the management system, allowing the assessment of available technologies and the necessary instruments to match financial availability and achieve greater efficiency (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2017). The preparation of a detailed economic feasibility

study will assess the financial deficiencies and deficits in the operational area (collection, transportation, treatment, and disposal) (action P.12).

Public services must be sustainable (BARTOLACCI *et al.*, 2018), therefore, charging of the waste collection tariff (action P.13) is a determining factor for the functioning of the solid waste management system (BRAZIL, 2010). The charging can be carried out through a fixed tariff or as a function of the amount of waste generated (WELIVITA *et al.*, 2015). However, the fixed tariff does not encourage the population to minimize the generation of waste (CHUNG; YEUNG, 2019). It is recommended that the best alternative be evaluated and chosen according to the technologies available to the municipality.

According to Xu *et al.* (2018) there are two ways to engage the population in the waste segregation at source: i) through intensive environmental education; and ii) through financial incentives. The local government can institute financial support legislation for users who adopt good waste management practices and contribute to local management. Companies engaged in the proper management of waste must be recognized and encouraged. An environmental certification and tax incentive programs are recommended for companies that contribute to the proper management of waste (action P.18).

Public participation is an important aspect to be considered and must be guaranteed through an active environmental education program. In addition to adequate social communication to transmit information, guidance, and recommendations to users of the system (actions P.19 and P.20). Environmental education should primarily target organized groups and schools, to which information will be disseminated. The user must be provided with training courses for the proper handling of waste (action P. 21). Environmental education for solid waste must be included in the public education curriculum for all levels (FERNANDO; LALITHA, 2019).

The municipality must encourage and hold debates, discussion forums, and local events that allow the exchange of experiences, information, and knowledge for waste management (action P.22). Local universities can develop research projects to solve local problems with waste management (action P.23).

3.2 *Step 2: Management*

The management step addresses the operational aspects of the process. In this step, all operational tasks previously defined and institutionalized are carried out (Table 2).

Minimizing generation is the first axis of the waste management hierarchy (UNEP, 2005). This topic must be worked on with appropriate public policies and an intense process of environmental education. Decentralized composting is an example of minimizing waste for conventional collection. In addition to the economic benefits, the user will obtain a compound to be used at their residence. The government might encourage the provision of domestic composters (action M.1).

Table 2 - Actions and policy tools for ISWM.

<i>Government actions</i>	<i>Policy tools</i>
<i>Management - Minimization of waste generation</i>	
M.1) Make domestic or community composters available to the population	Bidding process
<i>Management - Collection and transport</i>	
M.2) Install voluntary delivery points and green points for proper waste disposal	Bidding process
M.3) Promote training for waste workers	Social Communication
M.4) Provide safety equipment for workers	Bidding process
M.5) Provide adequate work structure and equipment for workers	Bidding process
M.6) Establish differentiated collection for recyclables, organic, and tailings	Technical study
<i>Management - Waste treatment</i>	
M.7) Study and enable the installation of a solid waste recovery park containing waste sorting and transformation units	Technical study
<i>Management - Final provision</i>	
M.8) Carry out mitigating measures for the environmental impacts	Bidding process
<i>Management - Hazardous waste</i>	
M.9) Install hazardous waste disposal points for small generators and ensure supervision of large generators	Bidding process

Municipalities that adopt voluntary delivery points have higher recycling rates than others (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, 2019). The green points are structures for concentrating the reception of previously segregated waste, ensuring greater efficiency in the recycling of materials and less waste (action M.2).

For workers in the waste area (collectors and drivers), continuous training should be carried out according to the demand of each sector (FERNANDO; LALITHA, 2019) (action M.3). Also, individual safety equipment (action M.4) and adequate physical structure (action M.5) suitable for the development of activities must be available.

Differentiated collection for dry and wet waste (action M.6) is decisive for the engagement of the population, guaranteeing the quality of the recyclable material and the health and safety of workers.

The recovery of waste (action M.7) is the highlight of the process, since almost all waste is liable to treatment and reuse, thereby reducing impacts on the environment. The waste that was treated as an environmental liability can be transformed into an asset for the local government if appropriate technologies are used. The proposal for a waste recovery park must contain the feasibility study for the sorting unit, the centralized composting of organic waste, the composting of green waste, the energy use of composting or incineration systems, the use

of civil construction aggregates, the recycling of unserviceable items (furniture, mattresses and other waste), and the recycling of electronics.

As for the final disposal of waste, measures to reduce impacts must be taken (action M.8), for example the control of the exclusive destination of tailings for landfills, adequate treatment of leachate, and periodic inspection of the units. Controlled landfills and dumps must be closed and recovered in accordance with the NSWP (BRAZIL, 2010).

According to NSWP, large generators are responsible for the proper destination of waste (hazardous or non-hazardous) (Brazil, 2007). Therefore, it is up to the local government to guarantee the inspection regarding the disposal of waste. For small generators, voluntary delivery points (action M.9) must be made available for waste classified as hazardous, which is not suited to reverse logistics.

3.3 Step 3: Assessment

The planning and management steps should be evaluated and revised periodically. Performance indicators are an important tool for analyzing the performance of the local government waste management system (Table 3).

Table 3 - Actions and policy tools for ISWM assessment.

<i>Government actions</i>	<i>Policy tools</i>
Assessment - Performance indicators	
A.1) Establish quality indicators to assess the efficiency of the municipal management system	Normative Instruction

The local government must constantly evaluate its management system through the use of performance indicators (action A.1) (ZURBRÜGG *et al.*, 2014). It is recommended to use indicators validated by the literature to assess the efficiency of the management system through information previously stored in a database. The sustainability indicators presented by Silva *et al.* (2019) are specific to small and medium-sized municipalities and cover all areas of action of integrated management. These indicators must be evaluated at least once a year and can be compared with other municipalities with similar characteristics. Revisions and improvements must be made in case of inefficiency of the system.

6 APPLYING ISWM IN A MEDIUM-SIZED BRAZILIAN MUNICIPALITY

The governmental action proposal was tested in a medium-sized municipality located in the southern region of Brazil. The municipality of Chapeco has 220,000 inhabitants and is located in the state of Santa Catarina (IBGE, 2020). The city stands out among small and medium-sized municipalities due to adequate solid waste management (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, 2019). Therefore, the application of this model can make the municipality a reference for others with similar characteristics in the dissemination of environmentally appropriate practices.

The applicability of the model of sustainable integrated management of solid urban waste for the municipality was evaluated (Table 4). Data collection related to local management was

obtained through a questionnaire sent to the responsible sector of the local government. To identify the status of the current situation of the local management, a color traffic code was used for each action. The green color represents full service (actions taken or in progress), the yellow color represents partial service (actions started and not finished or actions suspended) and the red color represents no service (actions not implemented).

Table 4 - Assessment conditions of application of ISWM in the municipality of Chapeco.

<i>Government actions</i>	<i>Situation</i>
<i>Planning</i>	
P.1) Institute the municipal basic sanitation policy	Green
P.2) Institute the municipal plan for integrated solid waste management	Green
P.3) Create municipal department responsible for waste management	Green
P.4) Encourage employee participation in waste management courses and training	Green
P.5) Network with municipalities with similar characteristics	Yellow
P.6) Establish operational procedures for the management plan (considering all types of waste)	Yellow
P.7) Promote sectoral agreements between the parties involved and guarantee reverse logistics	Red
P.8) Include recyclable material collectors in the integrated management	Red
P.9) Define priority areas and actions for social inclusion	Yellow
P.10) Institute the municipal code of urban cleaning	Yellow
P.11) Join a regulatory agency to monitor contracts and tariffs	Green
P.12) Prepare technical-economic feasibility study in all operational sectors	Red
P.13) Institute the collection of services	Green
P.14) Stimulate the creation of management consortia and public-private partnerships	Red
P.15) Establish norms for participation in transparent bidding processes, guaranteeing publication in user access channels	Red
P.16) Create incentive programs for companies in the waste area	Red
P.17) Seek external financing for new investments	Yellow
P.18) To institute a tax incentive and certification program for companies that adopt environmental responsibility with their waste	Yellow
P.19) Create an environmental education program ensuring the minimization of waste generation	Green
P.20) Increase social communication through social media, newspapers and television	Green
P.21) Develop training courses for users for proper waste management	Green
P.22) Promote local events and discussion forums focused on waste management	Green
P.23) Establish partnerships with universities for research development	Green
<i>Management</i>	
M.1) Make domestic or community composters available to the population	Red
M.2) Install voluntary delivery points and green points for proper waste disposal	Green
M.3) Promote training for waste workers	Green
M.4) Provide safety equipment for workers	Green
M.5) Provide adequate work structure and equipment for workers	Yellow
M.6) Establish differentiated collection for recyclables, organic and tailings	Green
M.7) Study and enable the installation of a solid waste recovery park containing waste sorting and transformation units	Red
M.8) Carry out mitigating measures for the environmental impacts caused in the process	Green
M.9) Install hazardous waste disposal points for small generators and ensure supervision of large generators	Green
<i>Assessment</i>	
A.1) Establish quality indicators to assess the efficiency of the municipal management system	Yellow

Among the 33 actions proposed, the municipality of Chapeco serves 17 actions (52%) with full service, 8 actions (24%) with partial service and 8 actions (24%) without service. The biggest challenges are related to the planning aspects due to the lack of standardization, lack of technical studies to evaluate the operating conditions of the system, and the lack of incentive to develop new businesses and strengthen existing companies. It is recommended that the municipality restructure its management system, starting with the update of the NBSF so that all the items in Table 4 are covered. The planning stage is fundamental for the involvement of the parties and to guarantee the engagement of the local government.

In the end, from this analysis it was possible to assess the municipality's level of sustainability in relation to integrated waste management. The municipality is recommended to adopt an action plan defining priority actions and a resource planning to apply them.

7 CONCLUSION

Integrated waste management must be based on the principles of sustainability and depends on the commitment of the local government to carry out the actions proposed in this paper. For this, an analysis must be carried out to identify which measures can be adopted by each municipality according to their demands and socioeconomic characteristics. Planning is the first step at which the municipality must structure itself. Through sound public policies, the local government will obtain support to define the responsibilities of each party involved.

Following the management step, the municipalities will carry out actions related to the operational part of the management system, complying with the technical, environmental, and legal requirements regarding the collection, transportation, treatment, and final disposal of solid waste, guaranteeing the service to all users, economic sustainability, and appropriate technologies for each activity.

It is recommended to evaluate the implemented integrated management system through the use of selected reference indicators for small and medium-sized municipalities.

The conditions of applicability of the proposed methodology was evaluated in the Brazilian city of Chapeco. The municipality is able to implement the actions proposed and currently meets most of the requirements through an excellent performance of the solid waste local management.

REFERENCES

- ASEFI, H.; LIM, S. A novel multi-dimensional modelling approach to integrated municipal solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, v. 166, p. 1131–1143, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.061>
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. *Integrated Solid Waste Management for Local Governments: Integrated Solid Waste Management for Local Governments*: Manila, Philipines, 2017. <https://doi.org/10.22617/tim178662-2>

- BARTOLACCI, F.; PAOLINI, A.; QUARANTA, A.G.; SOVERCHIA, M. Assessing factors that influence waste management financial sustainability. *Waste and Management*, v. 79, p.571-579, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.050>
- BRAZIL. *Federal Law No. 12,305*. Institutes the National Solid Waste Policy, 2010. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Accessed on: Sep. 01, 2020.
- BRAZIL. *Federal Law No. 11,445*. Establishes national guidelines for basic sanitation, 2007. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Accessed on: Sep. 02, 2020.
- CHUNG, W.; YEUNG, I.M.H. Analysis of residents' choice of waste charge methods and willingness to pay amount for solid waste management in Hong Kong. *Waste and Management*, v. 96, p. 136-148, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.020>
- SILVA, L. DA; 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*, v. 237, p. 117802, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117802>
- DEUS, R.M.; MELE, F.D.; BEZERRA, B.S.; BATTISTELLE, R.A.G. A municipal solid waste indicator for environmental impact: Assessment and identification of best management practices. *Journal of Cleaner Production*, v. 242, p. 118433, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118433>
- FERNANDO, R.; LALITHA, S. Solid waste management of local governments in the Western Province of Sri Lanka: An implementation analysis. *Waste and Management*, v. 84, p. 194-203, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.030>
- FIDELIS, R.; MARCO-FERREIRA, A.; ANTUNES, L.C.; KOMATSU, A.K. Socio-productive inclusion of scavengers in municipal solid waste management in Brazil: Practices, paradigms and future prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 154, p. 104594, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104594>
- IBGE. *Projection of the population of Brazil and of the federation units*, 2020. <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Accessed on: Jun. 05, 2020.
- KAZA, S.; YAO, L.C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, 2018. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Accessed on: Jun. 01, 2020.
- MARINO, A.L.; CHAVES, G.L.D.; SANTOS, J.L. Do Brazilian municipalities have the technical capacity to implement solid waste management at the local level?. *Journal of Cleaner Production*, v. 188, p. 378-386, 2018.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO. (). *Diagnosis of Urban Solid Waste Management in 2018*, 2019. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018>. Accessed on: Jan. 27, 2019.
- MWANGI, M.; THUO, A. Towards Conceptual and Theoretical Foundation for Identifying Problems, Challenges and Mechanisms for Municipal Waste Management in Developing Countries. *International Journal of Innovation and Science Research*, v. 2, p. 230-251, 2015.

- RIBEIRO SIMAN, R.; YAMANE, L.H., DE LIMA BALDAM, R.; PARDINHO TACKLA, J.; DE ASSIS LESSA, S.F.; BRITTO, P.M. Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. *Waste and Management*, v. 105, p. 148-169, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.040>
- SCHÜBELER, P.; WEHRLE, K.; CHRISTEN, J. Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries', Working Paper No. 9, Switzerland, 1996.
- UNEP. *Global Waste Management Outlook*. Osaka: United Nations Environment Program, 2015.
https://www.researchgate.net/publication/283085861_Global_Waste_Management_Outlook_United_Nations_Environment_Programme_UNEP_and_International_Solid_Waste_Association_ISWA. Accessed on: Apr. 10, 2020.
- UNEP. *Integrated Waste Management Scoreboard: A tool to measure performance in municipal solid waste management*, United Nations Environment Programme, 2005. <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8409>. Accessed on: Apr. 10, 2020.
- VAN DE KLUNDERT, A. *Integrated Sustainable Waste Management*. Integrated Sustainable Waste Management: the selection of, 1999.
- VAN DE KLUNDERT, A.; ANSCHUTZ, J. *Integrated sustainable waste management - the concept: Tools for decision-makers: Experiences from the Urban Waste Expertise Program*, Waste, 2001.
- WELIVITA, I.; WATTAGE, P.; GUNAWARDENA, P. Review of household solid waste charges for developing countries - A focus on quantity-based charge methods. *Waste and Management*, v. 46, p. 637-645, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.018>
- XU, L.; LING, M.; WU, Y. Economic incentive and social influence to overcome household waste separation dilemma: A field intervention study. *Waste and Management*, v. 77, p. 522-531, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.048>
- ZURBRÜGG, C.; CANIATO, M.; VACCARI, M. How assessment methods can support solid waste management in developing countries-a critical review. *Sustainability*, vol. 6, p. 545-570, 2014. <https://doi.org/10.3390/su6020545>

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de resíduos sólidos urbanos passou por grandes mudanças na última década. Desde a implementação da PNRS a sustentabilidade ganha espaço principalmente no eixo social e ambiental, e o resíduo deixa de ser visto apenas como rejeito e passa ser valorizado através de atores e processos.

Este trabalho apresentou diretrizes para a gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos para municípios de médio porte, considerando o atendimento da PNRS e boa prática adota por municípios de referência.

O diagnóstico da gestão de resíduos em municípios de médio porte identificou uma realidade muito distante entre as regiões (sul/sudeste e norte/nordeste). As cidades com melhor desempenho na gestão de resíduos estão localizadas em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A diferença do desempenho local está associada aos índices socioeconômicos de cada região e engajamento do poder público. Este panorama serviu como referência para avaliar a situação atual de cada município e estabelecer padrões nacionais dos indicadores utilizados.

As diretrizes da gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos obtidas através de legislação e estudos científicos contribuem para a formação de conhecimento sobre os requisitos necessários para tornar a gestão municipal sustentável. Elas consideram a atuação nos eixos social, econômico, ambiental, técnico, institucional político, cultural e legal sendo possível aplicar o conceito de sustentabilidade nas organizações através de ações concretas e engajamento dos *stakeholders*.

Entre os municípios brasileiros de referência na gestão sustentável de resíduos foi estabelecido um *benchmarking* através do uso de indicadores selecionados. Foram identificadas boas práticas na gestão local para aqueles índices que atendiam na totalidade os requisitos de desempenho. O benchmark referência pode ser utilizado para avaliar qualquer cidade do Brasil e do mundo que deseje avaliar a atual situação da governança local e comparar com os resultados obtidos neste *benchmarking* referência.

Ao final, o trabalho apresentou um conjunto de ações de governança para iniciar o processo da gestão integrada de resíduos sólidos. O ponto determinante para o sucesso do sistema é o engajamento do governo local para o planejamento e ajustes de legais, como

exemplo, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) considerando os objetivos da PNRS, é um instrumento valioso para implantar a gestão integrada, ele deve ser aliado a legislações municipais que garantam a continuidade das ações independente da gestão pública.

Considerando o uso de conceitos internacionais de sustentabilidade, este trabalho pode ser replicado em qualquer cidade que almeje um melhor desempenho da gestão local através da adoção de boas práticas no manejo de resíduos sólidos.



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br