unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

MAXIMILIAN ESPUNY

Identificação dos pilares e fatores críticos na gestão de resíduos sólidos:
instrumento para benchmarking a partir de casos no estado de São Paulo

Guaratinguetá
2020

Maximilian Espuny

Identificação dos pilares e fatores críticos na gestão de resíduos sólidos:
instrumento para benchmarking a partir de casos no estado de São Paulo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Campus Guaratinguetá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na área de concentração em Gestão Organizacional.

Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira

Guaratinguetá
2020

Espuny, Maximilian
E77i Identificação dos pilares e fatores críticos na gestão de resíduos sólidos: instrumento para benchmarking a partir de casos no estado de São Paulo / Maximilian Espuny – Guaratinguetá, 2020.
141 f : il.
Bibliografia: f. 127-137

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.
Orientador: Prof. Dr. Otávio José de oliveira

1. Resíduos industriais. 2. Gestão da qualidade total.
3. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU 628.54(043)

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

MAXIMILIAM ESPUNY

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO"

PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Otávio José de Oliveira
Coordenador

B A N C A E X A M I N A D O R A:

Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
Orientador / UNESP/FEG
participou por videconferência

Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
UNESP/FEG
participou por videconferência

Profª. Drª. ANA CAROLINA MAIO ANGELO
UFF
participou por videconferência

Julho de 2020

DADOS CURRICULARES

MAXIMILIAN ESPUNY

NASCIMENTO	24/11/1979
FILIAÇÃO	Herbert Gonçalves Espuny Elisabete Filomena Gritti
1999/2005	Curso de Graduação em Administração Universidade Paulista, UNIP, São Paulo/SP
2018/2020	Pós-Graduação em Engenharia de Produção, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Dedico este trabalho às minhas três mulheres: minha mãe Elisabete Filomena Gritti (*in memorian*), por seu amor dado em sua curta trajetória; minha avó Maria de Lourdes Gonçalves Espuny (*in memorian*), que além de ter me educado, ensinou-me desde cedo a separar os resíduos recicláveis dos úmidos; e a minha companheira Roseli Mayumi Ogata, que sem a sua compreensão e apoio incondicional, eu não teria viabilizado este projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Buddha, ao Dharma e à Sangha por essa realização pessoal e profissional importante, me proporcionando o autoconhecimento e a busca pela transcendência;

Ao meu orientador Professor Otavio José de Oliveira que além de ter cumprido muito bem a sua função, também foi meu revisor de conteúdo e de idioma e principalmente foi um grande motivador para que o projeto tivesse se tornado um trabalho relevante, além de me transmitir um cabedal de conhecimento científico impagável;

A minha esposa Roseli Mayumi Ogata que sempre esteve presente neste percurso difícil e renunciou a minha presença por muitos instantes;

Aos Professores do Programa de Mestrado e em especial ao Faria, Marins, Aneírson, Valério e ao Beto pelos ensinamentos, companheirismo e pelos cafés;

A Professora Ana Carolina que participou de minha qualificação, vinda de tão longe, e que contribuiu muito para o desenvolvimento técnico dessa pesquisa;

Aos meus caros colegas estudo, em especial ao Salvador, Thaís, Luis, Vitor, Sérgio, Thalita, Rafaela, Vinícius, Ana Carolina, Weslei e Fernanda;

Aos funcionários da FEG, que contribuíram com todos trâmites administrativos necessários para viabilizar esse projeto, em especial, à Renata, Sidney, Rodrigo e Margô.

Aos meus companheiros de escola de acompanharam esse projeto, principalmente à Alexandra, Maurício e Jean;

E não menos importante, ao meu grande fiel e escudeiro de estimação “Peter”, que esteve presente na elaboração desta dissertação integralmente, encarando a missão de me fazer companhia como a sua própia!

“Diminuir ou eliminar o consumo de carne seria o ideal, pois os bovinos e suínos emitem gás metano que é mais nocivo à camada de ozônio do que o gás carbônico. Os dejetos de porcos e galinhas emitem compostos que favorecem a chuva ácida e podem contaminar os lençóis freáticos com nitratos”.

André Luiz Pereira, Cláudio Bruzzi Boechat, Hugo Braga Tadeu, Jersone Tasso Moreira Silva, Paulo Március Silva Campos.

RESUMO

A população nas áreas urbanas está acima de 50% e atualmente os habitantes têm a maior participação pelas emissões globais dos gases de efeito estufa. A estimativa mundial de produção de resíduos sólidos anuais é de 190 milhões de toneladas. A importância da gestão de resíduos sólidos para a saúde pública e para a mitigação de impactos ambientais tem se refletido no crescimento significativo de publicações sobre o tema na literatura científica. Com isso, objetivo geral desta pesquisa é propor diretrizes para o desenvolvimento dos pilares da gestão de resíduos sólidos, com o intuito de equacionar de forma mais eficiente os fatores críticos ambientais causados pelo manejo inadequado de resíduos. Para viabilizar a proposição das diretrizes, sistematizou-se os pilares da gestão de resíduos sólidos; e realizou-se estudos de casos em cinco municípios do estado de São Paulo com os melhores desempenhos ambientais, de forma a subsidiar as diretrizes. Os pilares organizados conforme a revisão bibliográfica foram: Gestão Pública, Políticas Públicas, Soluções Ambientais e *Triple Bottom Line*. O método desta pesquisa foi o de estudos de casos múltiplos e para a escolha dos municípios utilizou-se como indicador o Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana, que demonstra o nível de adesão dos municípios brasileiros à Lei Federal no 12.305/10. Após a realização dos cinco estudos de casos previstos, identificou-se e sistematizou-se as principais boas práticas e dificuldades a partir da literatura. Quanto às contribuições da pesquisa, foram elaboradas 43 diretrizes distribuídas nos quatro pilares estruturados.

PALAVRAS-CHAVES: Gestão de resíduos sólidos. Diretrizes. Impacto ambiental. Estado de São Paulo. Estudo de Caso.

ABSTRACT

The population in urban areas is over 50% and today the inhabitants have the largest share of global greenhouse gas emissions. The world's estimated annual solid waste production is 190 million tonnes. The importance of solid waste management for public health and the mitigation of environmental impacts has been reflected in the significant growth of publications on the subject in the scientific literature. Therefore, the general objective of this research is to propose guidelines for the development of solid waste management pillars to more efficiently equating the critical environmental factors caused by improper waste management. To make the guidelines proposition feasible, the solid waste management pillars were systematized; and case studies were conducted in five municipalities in the state of São Paulo with the best environmental performances, to subsidize the guidelines. The pillars organized according to the literature review were: Public Management, Public Policies, Environmental Solutions, and Triple Bottom Line. The method of this research was that of multiple case studies and for the choice of municipalities, the Sustainability and Urban Cleaning Index was used as an indicator, which demonstrates the level of adherence of Brazilian municipalities to Federal Law no. 12,305/10. After carrying out the five case studies foreseen, the main good practices and difficulties were identified and systematized from the literature. As for the contributions of the research, 43 guidelines were elaborated distributed in the four structured pillars.

KEYWORDS: Solid waste management. Guidelines. Environmental impact. State of São Paulo. Case Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Grupos de Lacunas sobre a Gestão de Resíduos Sólidos.....23
Figura 2- Fluxograma da bibliometria.....26
Figura 3- Etapas da bibliometria 27
Figura 4- Fases de crescimento de um domínio científico de acordo com a lei de Price.....28
Figura 5- Principais países (2005-2018).....29
Figura 6- Principais autores (2005-2018).....30
Figura 7- Principais periódicos.....32
Figura 8- Principais palavras-chave 33
Figura 9- Tendências dos temas de pesquisa.....38
Figura 10- Frequência de apontamentos dos respectivos elementos nos artigos pesquisados .48
Figura 11- Sistematização dos pilares dos fatores críticos da gestão de resíduos sólidos.....49
Figura 12- Método de pesquisa 68
Figura 13- Fluxo metodológico.....69
Figura 14- Indicador ISLU 71
Figura 15- Municípios selecionados no estado de São Paulo.....72
Figura 17- Distribuição dos elementos dos Fatores Críticos nos Pilares da Gestão de Resíduos Sólidos 107
Figura 18- Pilares da Gestão de Resíduos Sólidos 114
Figura 19- Diretrizes da Gestão de Resíduos Sólidos 125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Lacunas de pesquisa para justificativa da pesquisa 21
Quadro 2- Categorização de palavras-chave por temas de pesquisa 35
Quadro 3- Evolução de temas de pesquisa 37
Quadro 4- Ranking dos artigos mais citados (2014-2018) 40
Quadro 5- Lacunas científicas 41
Quadro 6- Organização de grupos sobre gestão de resíduos sólidos 42
Quadro 7- 30 artigos mais citados sobre a gestão de resíduos sólidos (2004-2018) 47
Quadro 8- Elementos sobre a Gestão Pública 50
Quadro 9- Elementos sobre as Políticas Públicas 54
Quadro 10- Elementos sobre Soluções Ambientais 56
Quadro 11- Elementos sobre o TBL 59
Quadro 12- Elementos sobre os Fatores Críticos 62
Quadro 13- Resumo do protocolo com a apresentação do projeto dos estudos de casos múltiplos 70
Quadro 14- Identificados dos elementos nos pilares da Gestão de Resíduos Sólidos 102
Quadro 15- Identificação dos fatores críticos na gestão de resíduos sólidos 103
Quadro 16- Boas práticas e dificuldades na gestão de resíduos sólidos 104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CBA	Análise de Custo Benefício
CEASA	Central Estadual de Abastecimento
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
FLV	Frutas, legumes e verduras
GEE	Gases de Efeito Estufa
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Avançada
ISA	Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação
ISLU	Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana
LCA	Life Cicle Analysis
MDCM	Tomada de Decisão Multicritérios
ONU	Organizações das Nações Unidas
PET	Polietileno tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPP	Parceria Público-Provada
PVC	Poli Vinil
PwC	PricewaterhouseCoopers
RA	Avaliação de Risco
RDF	Refuse-derived fuel
RSS	Resíduos Sólidos de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
RUL	Recycling, Utilization, Landfill
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A
SEMASA	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André
SELURB	Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana
SCI	Science Citation Index
TBL	Tripple Bottom Line
UBS	Unidade Básica de Saúde
URM	Unidade Recicladora de Materiais
WTE	Waste-to-energy

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 OBJETIVOS 18
1.2 DELIMITAÇÃO 19
1.3 JUSTIFICATIVA 19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO 24
2 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO 25
2.1 FLUXOGRAMA DO ESTUDO BIBLIOMÉTRICO 26
2.2 CICLO DE VIDA DAS PUBLICAÇÕES 28
2.3 PREDOMINÂNCIA TERRITORIAL 29
2.4 PRINCIPAIS AUTORES 30
2.5 PRINCIPAIS PERIÓDICOS 31
2.6 EXPRESSÕES DE REFERÊNCIA 32
2.7 PRINCIPAIS TEMAS 34
2.8 ARTIGOS PROPULSORES 39
2.9 LACUNAS CIENTÍFICAS SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 41
3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 44
3.1 DEFINIÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS E ORGANIZAÇÃO DOS PILARES E DOS FATORES CRÍTICOS 44
3.2 GESTÃO PÚBLICA 50
3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS 53
3.4 SOLUÇÕES AMBIENTAIS 56
3.5 TBL 58
3.6 FATORES CRÍTICOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 61
4 MÉTODO DE PESQUISA 68
4.1 FLUXO METODOLÓGICO 69
4.2 UTILIZAÇÃO DA ISLU COMO CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS 71
5 ESTUDOS DE CASOS 73
5.1 CAMPINAS 73
5.1.1 Gestão Pública Municipal 74
5.1.2 Políticas Públicas 75
5.1.3 Soluções Ambientais 76

5.1.4 TBL - *Triple Bottom Line* 77
5.1.5 Fatores Críticos 77
5.2 SANTO ANDRÉ 80
5.2.1 Gestão Pública Municipal 80
5.2.2 Políticas Públicas 81
5.2.3 Soluções Ambientais 82
5.2.4 TBL - *Triple Bottom Line* 82
5.2.5 Fatores Críticos 83
5.3 SANTOS 85
5.3.1 Gestão Pública Municipal 86
5.3.2 Políticas Públicas 86
5.3.3 Soluções Ambientais 87
5.3.4 TBL - *Triple Bottom Line* 88
5.3.5 Fatores Críticos 89
5.4 SÃO BERNARDO DO CAMPO 91
5.4.1 Gestão Pública Municipal 91
5.4.2 Políticas Públicas 92
5.4.3 Soluções Ambientais 93
5.4.4 TBL - *Triple Bottom Line* 93
5.4.5 Fatores Críticos 94
5.5 SOROCABA 95
5.5.1 Gestão Pública Municipal 96
5.5.2 Políticas Públicas 96
5.5.3 Soluções Ambientais 97
5.5.4 TBL - *Triple Bottom Line* 98
5.5.5 Fatores Críticos 98
5.6 ANÁLISE CRUZADA DOS CASOS 101
5.6.1 Gestão Pública 108
5.6.2 Políticas Públicas 109
5.6.3 Soluções Ambientais 111
5.6.4 TBL 112
6 DIRETRIZES PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 114
6.1 GESTÃO PÚBLICA 116
6.2 POLÍTICAS PÚBLICAS 119

6.3 SOLUÇÕES AMBIENTAIS 121
6.4 TBL 122
REFERÊNCIAS 130
APÊNDICE A- IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E ELEMENTOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 142
APÊNDICE B- PROTOCOLO DE PESQUISA 143

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que um milhão de pessoas têm morrido no mundo anualmente em consequência da contaminação por produtos químicos, ocorrida por descartes de resíduos sólidos, também conhecido como lixo, em locais impróprios (ONU, 2015). Na década de 1991 a 2000 a quantidade de resíduos sólidos produzida em todo o planeta foi de 0,68 bilhão de tonelada (0,64 kg/ano por pessoa), na década atual passou para 1,3 bilhão (1,2 kg/ano por pessoa) e projeta-se que serão produzidas 2,2 bilhões de toneladas até 2025 (WORD BANK GROUP, 2014).

A população nas cidades está acima de 50% e atualmente os habitantes têm a maior participação pelas emissões globais dos gases de efeito estufa (GASOL et al., 2013). Enquanto os países em desenvolvimento têm dificuldade em manejar os seus resíduos produzidos, como a Índia (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), os países mais desenvolvidos possuem técnicas mais sofisticadas para lidarem com as suas demandas, como na Dinamarca (HABIB; SCHMIDT; CHRISTENSEN, 2013).

Os resíduos sólidos abrangem os “resíduos alimentares, papel, papelão, plásticos, PET, vidro, têxteis, metais, madeira e couro, fraldas, cinzas e entre outros” (TOZLU; ÖZAHI; ABUŞOĞLU, 2016). Independentemente do valor intrínseco do material descartado, quando o seu proprietário opta por joga-lo fora, os detritos em voga passam a ser tratados como desperdício (JOHARI et al., 2014). As principais causas identificadas para alguém se desfazer de um material é considerar o custo de sua armazenagem desvantajoso ou não ter perspectiva de trocá-lo ou vende-lo (CHRISTENSEN, 2011).

Produz-se nas atividades humanas, tanto nas residências quanto nas organizações, resíduos que, por sua vez, exige manuseio, armazenagem, coleta e descarte. Este processo em toda a sua completude deixa o meio-ambiente e a população vulneráveis às potenciais toxicidades (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), sem perder de vista que a característica heterogênea dos resíduos dificulta o retorno dos itens descartados em forma de matéria-prima (MENSAH et al., 2015).

Além das características de heterogeneidade, também são dotados de uma quantidade significativa de orgânicos, de conteúdo úmido e de uma massa volumar visível (JOHARI et al., 2014). Entre todos os potenciais danos a partir do lançamento de resíduo na natureza, sem adoção de critérios, observa-se com muita preocupação a produção de chorume em locais sem controle sanitário, pois, esta substância associada com a água torna-se agente perigoso de contaminação nos lençóis freáticos (TOZLU; ÖZAHI; ABUŞOĞLU, 2016).

Conforme Lei Complementar 12.350/2010, os resíduos podem ser classificados como perigosos ou não perigosos (BRASIL, 2010). A primeira categoria é comumente designada como “lixo”, coletado a partir de sistematização feitas pelas comunidades. Entre os materiais perigosos, são abrangidos os materiais infecciosos, que geralmente são incinerados; e resíduos tóxicos, como o resíduo nuclear que não pode ser exposto ao público (BELIËN; DE BOECK; VAN ACKERE, 2012). Entre os resíduos recicláveis, menciona-se o papel, o plástico, o vidro, os metais, entre outros (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

Os fatores que influenciam a composição e a quantidade dos resíduos sólidos em um município são o clima, a renda média, o comportamento social, a produção industrial e a capacidade de reutilização (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015). A urbanização, o crescimento populacional e a melhoria do padrão de vida das pessoas são as principais razões pelo aumento expressivo na geração de resíduos (FEI et al., 2016).

Na medida em que o aumento da produção de resíduo causa impactos ambientais e uma série de transtornos no cotidiano das pessoas, torna-se fundamental a identificação dos principais *stakeholders* na gestão de resíduos sólidos para diagnosticar a participação e responsabilidade de cada um deles (TAN; HUANG; CAI, 2010). Os principais entre eles são os governos federais, governos estaduais, governos municípios, as indústrias, sociedade civil, academia etc. Para a gestão de resíduos alcançar resultados satisfatórios é fundamental que haja a interação destes *stakeholders* (HENRY; YONGSHENG; JUN, 2006; SOLTANI et al., 2015).

Para diminuir a quantidade de resíduos sólidos na natureza é importante que haja um esforço multidisciplinar, visando a proteção do meio ambiente e a conservação dos recursos naturais por meio de um sistema de gestão integrado de resíduos com o foco no desenvolvimento urbano sustentável (LIU et al. 2014; CUCCHIELLA; D’ADAMO; GASTALDI, 2014).

Verifica-se na literatura uma concentração de estudos voltados às ferramentas de gestão, de leis e regulamentações e de tratamentos de resíduos sólidos (HERVA; NETO; ROCA, 2014; FERRI; DINIZ CHAVES; RIBEIRO, 2015; LI; ZHAO, 2015). As ferramentas de gestão contribuem para melhorar os resultados da gestão de resíduos sólidos a partir do aumento da eficiência dos processos visando cumprimento das metas estabelecidas (HERVA; NETO; ROCA, 2014).

Para uma gestão de resíduo sólidos adequada é fundamental a diminuição da dependência de lixões e de aterros sanitários. A inobservância desse gerenciamento pode culminar na degradação de recursos preciosos, assim como elevar o custo da terra e submeter

o meio-ambiente e a espécie humana a intempéries de longo prazo (TAN et al., 2014). Segundo Tan et al. (2015), “o aterro é uma técnica barata para lidar com resíduos em grandes quantidades”, embora haja oposição da sociedade e falta de disponibilidade de espaços para realização desta prática.

Para não haver mais a dependência de lixões e aterros é necessário que a gestão de resíduos tenha integração, na sequência, submeter os resíduos a um fracionamento e, posteriormente, encaminhá-los a um processo de tratamento efetivo. Entre as mais tradicionais técnicas menciona-se a seleção e separação, entretanto, o que torna o método bem-sucedido é a participação ativa dos integrantes que são geradores de resíduos (MIEZAH et al. 2015).

Com os resíduos mais bem selecionados e separados, o potencial de geração de receita aumenta consideravelmente e pode transformar um ambiente médio com uma taxa entre 5-10% dos resíduos coletados, em percentuais mais altivos, partindo do princípio de que os elementos ejetados passíveis de reciclagem são da ordem de 70- 80%. O retrato da realidade, atualmente, é uma taxa de 90-95% de resíduos sólidos depositados em aterros sanitários (JOHARI et al. 2014). Considerando a estimativa de aumento para 2,2 bilhões de toneladas (ONU, 2015) se esta alta taxa permanecer nos aterros, a degradação ambiental deverá ser ainda mais acentuada.

Apesar do aperfeiçoamento das mais diversas áreas voltadas à gestão de resíduos sólidos, desde o campo da tecnologia ao campo legal, a aceitação pública para abrigar as instalações de tratamento é diminuta (AGHAJANI et al., 2016). O processo de substituição de aterros e lixões por outras técnicas exige uma discussão ampla das autoridades com os seus cidadãos, para as providências dos assentamentos estruturais que tratarão dos resíduos e a população de maneira geral se opõe às implementações em seu perímetro, proporcionando um fenômeno social conhecido “não no meu quintal” (LIU et al., 2014).

No Brasil, utilizou-se os lixões como uma das principais vias de disposição por período significativo e somente nos últimos 20 anos tem se percebido uma diminuição dessa forma de descarte (GOUVEIA, 2012). Embora essa forma das mais primitivas tem sido suprimida na gestão de resíduos sólidos, o país aproveita apenas 13% do total de seus resíduos (SILVA, 2017).

Um passo muito importante para que país obteve na direção de reduzir os impactos ambientais provenientes dos resíduos sólidos foi a instituição da Lei Federal 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecendo as diretrizes aos estados e municípios (PNRS) (BRASIL, 2010). Por meio de especificações técnicas, definiu-se que os

resíduos que deveriam ser depositados em aterros seriam aqueles que não teriam mais nenhuma possibilidade de tratamento ou recuperação (PINTO et al., 2017).

Embora o estado de São Paulo concentre um nível de riqueza significativo, comparado a outros estados do país, os municípios que estão sob sua jurisdição encontram problemas de gestão significativos para fazerem jus as prerrogativas que lhes são de dever, conforme a lei instituída. As maiores dificuldades são principalmente em relação à capacitação técnica, falta de recursos financeiros, ausência de dados gerenciais das prefeituras e falta de compreensão da importância em aderir às diretrizes propostas pela PNRS (COSTA et al., 2018). Apesar disso, os municípios paulistas se encontram entre as principais figurantes entre as 10 melhores colocadas no Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana (ISLU), com quatro cidades incluídas (SELUR, 2019).

Com base no exposto, a questão que norteia esta pesquisa é: quais são as principais diretrizes da gestão de resíduos sólidos, elaboradas a partir da aderência entre os elementos identificados nos pilares e fatores críticos na literatura, nos municípios com os melhores desempenhos ambientais no Estado de São Paulo? Por meio dessa reflexão, busca-se elucidar as ações que os gestores municipais e demais atores agem, pecam pela inércia ou não têm recursos disponíveis para planejarem e executarem conforme as proposições legais e ao ideal apresentado pelas principais pesquisas internacionais disponíveis sobre o tema. Com vistas nas respostas, buscam-se soluções para formular um rol de alternativas que sirvam aos municípios do estado e de todo o país, possibilitando que a gestão de resíduos sólidos seja mais eficiente, econômica e produza menos impactos ambientais aos cidadãos.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é propor diretrizes para o desenvolvimento dos pilares da gestão de resíduos sólidos, com o intuito de equacionar de forma mais eficiente os fatores críticos ambientais causados pelo manejo inadequado de resíduos.

Os seus objetivos específicos, são:

• Sistematizar os pilares da gestão de resíduos sólidos e seus fatores críticos;

• Realizar estudos de casos em cinco municípios do estado de São Paulo com os melhores desempenhos ambientais de forma a subsidiar as diretrizes.

1.2 DELIMITAÇÃO

A dissertação está focada na gestão de resíduos sólidos, com uma perspectiva internacional. Apenas para a ilustração das boas práticas e dificuldades, limitou-se geograficamente as cinco melhores cidades, ranqueadas no Estado de São Paulo, conforme o ISLU 2019: Santos, Sorocaba, Campinas, Santo André e São Bernardo do Campo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo os estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Avançada (IPEA), divulgados em janeiro de 2017, apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos são utilizados para reciclagem no Brasil (SILVA, 2017). Amaro e Verdum (2016) observam que a produção de resíduos sólidos, só em 2014, alcançou a marca 78,5 milhões de toneladas.

Para a diminuição desses impactos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Art. 19 da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), recomenda a adoção do Plano Municipal de Gestão Integrada, para que os municípios possam melhorar a qualidade da gestão de resíduos sólidos e pleitearem recursos federais para esta finalidade (CNM, 2014). Os estudos realizados pelo IBGE (2013), evidenciam que apenas 33,5% dos municípios cumpriram os procedimentos propostos, o que demonstra uma dificuldade técnica de aplicação da PNRS nas cidades do país e que justifica estudos voltados a esse tema.

O baixo percentual de participação dos municípios à Política Nacional de Resíduos Sólidos, proposto pelos dados do IBGE, estão de acordo com Gupta, Yadav e Kumar (2015) sobre a dificuldade de governança que o poder público tem em conciliar as questões da gestão do conhecimento ambiental, com a explosão demográfica e aumento significativo da pobreza entre população em especial nos países em desenvolvimento.

Para buscar proposições às dificuldades apuradas, visto o percentual baixo de aderência das prefeituras brasileiras ao PNRS, realizou-se a pesquisa de 30 artigos mais citados na *Scopus*, entre os períodos de 2013 a 2018, com a presença no título de “gestão de resíduos sólidos municipais”, conforme o Quadro 1. Para a delimitação dos 30 artigos, utilizou-se o método de amostragem não estatística, que determina que a quantidade do número escolhido tem um impacto pouco ou nada insignificativo para a condução da pesquisa (VAN DER NEST; SMIDT; LUBBE, 2015).

Buscou-se identificar quais eram as principais lacunas que a literatura disponibilizava que carecessem de ser preenchidas, para que fosse possível adequar os problemas

apresentados nos municípios brasileiros aos achados de achados científicos propostos por pesquisadores do mundo todo.

Os 30 artigos inicialmente identificados, propuseram um total de 34 lacunas distintas, que puderam ser agrupadas em oito grupos distintos, conforme a Figura 1. Entre os grupos propostos, os que mais se destacaram foram o de estudos relacionados à Avaliação de Ciclo de Vida, com nove apontamentos dos autores, e à Ferramentas de Gestão, que obtivera oito apontamentos.

Quadro 1 - Lacunas de pesquisa para justificativa da pesquisa

(continua)

Autores	Título	Periódico (ISSN)	Lacunas
Soutani et al. (2015)	Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review	Waste Management (0956-053X)	Utilização das técnicas de MCDA para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Aplicar o modelo da Teoria dos Jogos (Nash, 1950) em Gestão de Resíduos Sólidos. Dificuldade em tomar decisão diante dos compromissos junto aos stakeholders distintos.
Tan et al. (2014)	Optimal process network for municipal solid waste management in Iskandar Malaysia	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Análise matemática da rede de processamento econômica para um GSU, aplicando o modelo MILP. Incluir os custos de área de terra para recuperação de LFG.
Tan et al. (2015)	Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia	Energy Conversion and Management (0196-8904)	Análise "3E" sobre tecnologias WTE (incluindo LFGRS).
Yay (2015)	Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Implementação da LCA para análise da política de gestão municipal de resíduos sólidos.
Lohri et al. (2014)	Financial sustainability in municipal solid waste management – Costs and revenues in Bahir Dar, Ethiopia	Waste Management (0956-053X)	Análise das políticas públicas locais e identificação de receitas/despesas advindas da gestão de resíduos sólidos.
Aghajani et al. (2016)	Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model	Journal of Environmental Management (0301-4797)	Análise de cenários com aplicação de MCDA, LCA, VIKOR e TOPSIS.
Ferri et al. (2015)	Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement	Waste Management (0956-053X)	Análise de cenários e aplicação de modelo matemático para mensurar resultados financeiros de reciclagem. Propostas de instalação de unidades de recuperação de energia
Nava et al. (2014)	Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: a case study of Asturias (Spain)	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Aplicação de LCA (método Impact 2002) para análise de cenários (seis possibilidades).
Liu et al. (2014)	Site selection in municipal solid waste management with extended VIKOR method under fuzzy environment	Environ Earth Sc (4179–4189)	Aplicação do método VIKOR, associado com o MCDA baseado na teoria dos conjuntos Fuzzy.
Boateng et al. (2013)	The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: A better waste management option	Fuel Processing Technology (0378-3820)	Produção de energia (WTE) a partir de resíduos sólidos urbanos.
Gupta et al. (2015)	A review on current status of municipal solid waste management in India	Journal of Environmental Sciences (1001-0742)	Melhor compreensão na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de países em desenvolvimento.
Al-Salem et al..(2014)	Life cycle assessment of alternative technologies for municipal solid waste and plastic solid waste management in the Greater London area	Chemical Engineering Journal (1385-8947)	Análise do Ciclo de Vida da gestão de resíduos sólidos urbanos Implementação de tecnologia, para aumentar a rentabilidade na energia renovável proveniente dos resíduos sólidos.
Herva et al. (2014)	Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal)	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Avaliação dos processos de tratamento de resíduos sólidos, sob a perspectiva da Análise de Fluxo de Energia e Material (EMFA) e da Pegada Ecológica (EF).
Rajaeifar et al. (2015)	Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran	Renewable and Sustainable Energy Reviews (1364-0321)	Revisão e avaliação de diferentes cenários, sob as ferramentas LCA, LCI e LCIA.
Margallo et al. (2015)	Environmental sustainability assessment of the management of municipal solid waste incineration residues: a review of the current situation	Clean Techn Environ Policy (1333–1353)	Estabelecer uma legislação comum sobre o uso dos resíduos da reciclagem de cinzas. LCA sobre reciclagem e reutilização de cinzas na gestão de resíduos sólidos.

Quadro 1 - Lacunas de pesquisa para justificativa da pesquisa

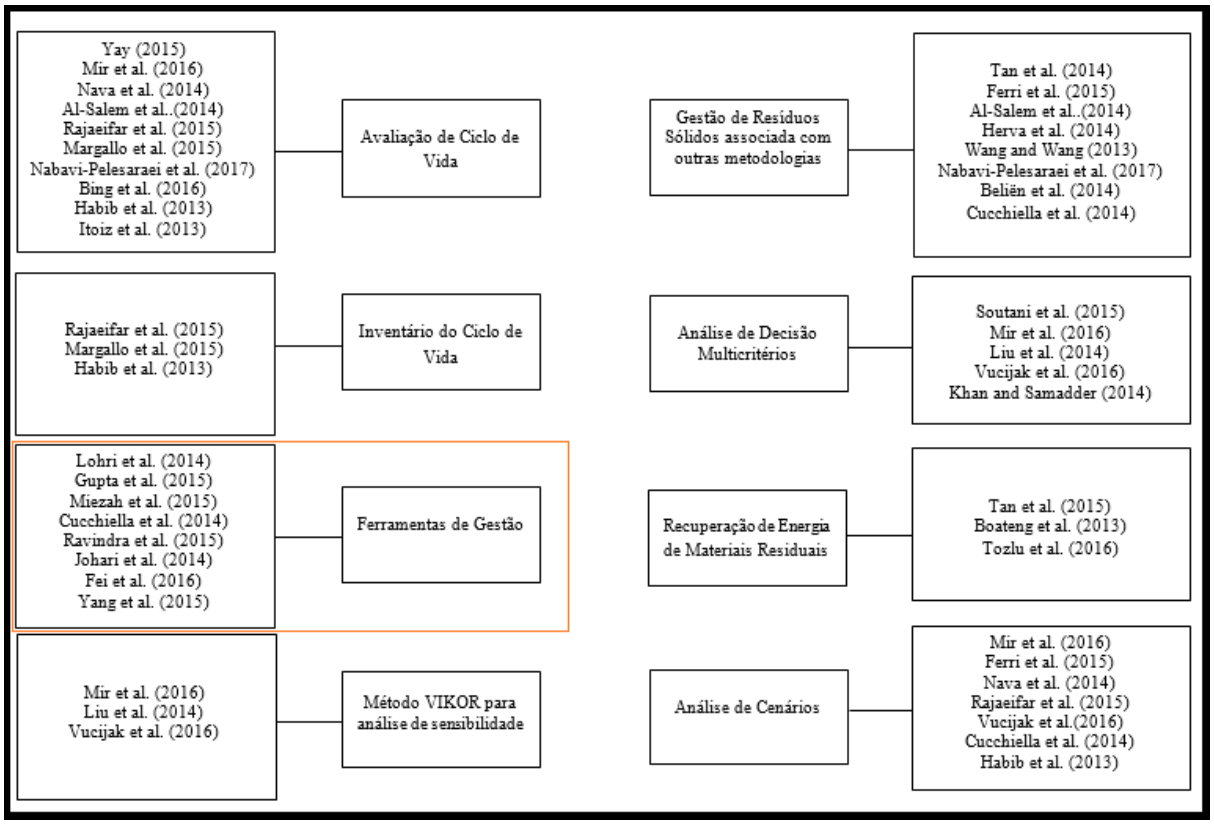
(conclusão)

Autores	Título	Periódico (ISSN)	Lacunas
Wang and Wang (2013)	Municipal solid waste management in Beijing: characteristics and challenges	Waste Management & Research (0917-0855)	Análise físico-química a partir de amostragem recolhidas mensalmente, em estações planejadas.
Miezah et al. (2015)	Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana	Waste Management (0956-053X)	Ferramenta de gestão para padronizar práticas de descarte.
Nabavi-Pelesaraei et al. (2017)	Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management - A case study in Tehran Metropolis of Iran	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Melhor entendimento sobre a capacidade dos aterros.
Vucijak et al.(2016)	Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Aplicação do MDCA, associadas com as ferramentas AHN e VIKOR para análise de cenários.
Bing et al. (2016)	Research challenges in municipal solid waste logistics management	Waste Management (0956-053X)	Perspectivas estratégicas, táticas e operacionais com base no LCA, para soluções na gestão de resíduos sólidos urbanos.
Beliën et al. (2014)	Municipal Solid Waste Collection and Management Problems: A Literature Review	Transportation Science (1526-5447)	Aplicação de modelo metaheurístico para roteirização no transporte de resíduos sólidos urbanos.
Cucchiella et al. (2014)	Strategic municipal solid waste management: A quantitative model for Italian regions	Energy Conversion and Management (0196-8904)	Mensurar resultados dos impactos ambientais e financeiros, a partir de práticas de incineração, de aterro sanitário e de reciclagem.
Habib et al. (2013)	A historical perspective of Global Warming Potential from Municipal Solid Waste Management	Waste Management (0956-053X)	Evolução de procedimentos de reciclagem no decorrer de cinco décadas, com aplicações de LCA.
Tozlu et al. (2016)	Waste to energy technologies for municipal solid waste management in Gaziantep	Renewable and Sustainable Energy Reviews (1364-0321)	Aplicação da tecnologia WTE através da conversão térmica, conversão bioquímica e de aterro.
Ravindra et al. (2015)	System analysis of municipal solid waste management in Chandigarh and minimization practices for cleaner emissions	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Gerenciamento de resíduos com altas taxas de recuperação, custo-efetividade e redução de emissões de carbono
Johari et al. (2014)	Municipal Solid Waste Management and Potential Revenue from Recycling in Malaysia	Modern Applied Science (1913-1844)	Estimar o potencial econômico de resíduos sólidos urbanos recicláveis
Fei et al. (2016)	How to integrate the informal recycling system into municipal solid waste management in developing countries: Based on a China's case in Suzhou urban area	Resources, Conservation and Recycling (0921-3449)	Estudos voltados à informalidade na gestão de resíduos
Yang et al. (2015)	Eco-efficiency optimization for municipal solid waste management	Journal of Cleaner Production (0959-6526)	Implementação de um modelo para avaliação de eco-eficiência
Khan and Samadder (2014)	Municipal solid waste management using Geographical Information System aided methods: A mini review	Waste Management & Research (1049–1062)	Aplicação do Sistema de Informação Geográfico associada a modelos matemáticos
Itoiz et al. (2013)	CO2ZW: Carbon footprint tool for municipal solid waste management for policy options in Europe. Inventory of Mediterranean countries	Energy Policy (0301-4215)	Quantificar as emissões de gases de efeito estufa em equivalentes de dióxido de carbono

Fonte: Scopus (2018).

O grupo “ferramentas de gestão”, apresentou lacunas como “análise das políticas públicas locais e identificação de receitas/despesas advindas da gestão de resíduos sólidos”; “melhor compreensão na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos de países em desenvolvimento”; “ferramenta de gestão para padronizar práticas de descarte”; “mensurar resultados dos impactos ambientais e financeiros, a partir de práticas de incineração, de aterro sanitário e de reciclagem”; “gerenciamento de resíduos com altas taxas de recuperação, custo-efetividade e redução de emissões de carbono”; “estimar o potencial econômico de resíduos sólidos urbanos recicláveis”; “estudos voltados à informalidade na gestão de resíduos” e “implementação de um modelo para avaliação de eco-eficiência”, todas identificadas no Quadro 1.

Figura 1- Grupos de Lacunas sobre a Gestão de Resíduos Sólidos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Após a identificação das lacunas voltadas às ferramentas de gestão, no contexto dos resíduos sólidos, e devido às fontes que sinalizam as deficiências nas práticas de gestão de resíduos sólidos brasileira, buscou-se elaborar o presente estudo por meio da realização de estudos de caso. Desta maneira, oportuniza-se a contextualização do cenário nacional, visto que para produzir materiais relevantes à realidade regional e nacional, a utilização somente

das referências de municípios estrangeiros não transmitiria as principais dificuldades conterrâneas e tampouco não oportunizaria a elaboração de diretrizes que pudesse auxiliar no aperfeiçoamento da gestão de resíduos sólidos nacional.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação está organizada em (1) Introdução, referencial teórico por meio dos capítulos (2) Estudo Bibliométrico e (3) Gestão Resíduos Sólidos, (4) Método, (5) Estudos de Casos, (6) Formulação das Diretrizes, (7) Conclusões Parciais, Referências e (9) Apêndices.

Na introdução, foram apresentados os elementos de pesquisa, como a questão norteadora, o objetivo geral, objetivos específicos, delimitação, justificativa, e a estrutura do trabalho.

O referencial teórico foi composto por dois capítulos diferentes: No Capítulo 2, elaborou-se um estudo bibliométrico voltado a identificação do estado da arte e as tendências na gestão de resíduos sólidos, a partir de tabulação de 1.986 artigos, apanhados na base *Scopus*, de 2005 a 2018. Na sequência, Capítulo 3, buscou-se os 30 artigos mais citados entre 2014 e 2018, utilizando a mesma base de dados, com a intenção de apurar os termos mais relevantes que estivessem sugerindo as publicações selecionadas. Os termos foram organizados e sistematizados, possibilitando a estruturação de subcapítulos conforme a aderência dos termos.

No método, detalhou-se os procedimentos que foram utilizados para a obtenção dos achados de pesquisa, como também as etapas dos estudos de casos que foram aplicados junto aos municípios do estado de São Paulo. Nos estudos de casos, foram relatados os resultados parciais de uma prefeitura, obtidos pelas técnicas aplicadas de levantamento de dados, que envolveu uma entrevista semiestruturada, a observação *in-loco* e a pesquisa documental.

Em resultados esperados foi mencionada as informações que a dissertação deverá apresentar com a completude dos resultados obtidos. Em conclusões parciais, foram apresentados o nível de alcance dos objetivos, das contribuições aplicadas e acadêmicas, as limitações de estudos identificadas na fase atual de pesquisa.

2 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

A importância da gestão de resíduos sólidos para a saúde pública e para a mitigação de impactos ambientais tem se refletido no volume significativo de publicações sobre o tema na literatura científica (SCOPUS, 2019). As pesquisas que abrangem à gestão de resíduos sólidos apresentam característica multidisciplinar e contemplam diversas áreas de conhecimento (ZYOUD et al., 2015). As primeiras publicações sobre resíduos sólidos foram no início da década de 70 e apresentaram de 2005 a 2018 um crescimento anual expressivo (SCOPUS, 2019).

Estudos bibliométricos sobre resíduos sólidos têm sido realizados desde 2010. Fu et al. (2010) analisaram os períodos de 1993 a 2008 a partir da base de dados Science Citation Index (SCI), a mesma base de dados utilizada por Ma, Ho e Fu (2011), cujo período de estudos foi de 1991 a 2010 e por Yang et al. (2013) com análises entre os períodos de 1997 a 2011. Mesdaghinia et al. (2015) realizaram um estudo sobre as publicações do Irã entre 1982 a 2013, a partir da base de dados da *Scopus*. Zyoud et al. (2015) também utilizaram a base SCI em torno dos países árabes. Wang et al. (2016) tiveram como foco os tratamentos térmicos de resíduos a partir da incineração em publicações de 1999 a 2015.

Chen et al. (2017) estudaram especificamente resíduos de cozinha em publicações de 1997 a 2014 na base de dados Web of Science. Bonjardim, Pereira, and Guardabassio (2018) utilizaram 447 artigos apresentados em eventos científicos brasileiros que tratassem da lei de resíduos sólidos daquele país. Klein et al. (2018) utilizaram artigos da Web of Science e analisaram a gestão de resíduos sólidos dos países integrantes dos BRICS, compostos pelo Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Li, Han e Lu (2018) realizaram estudos sobre o reuso e a reciclagem entre os períodos de 1992 a 2016 a partir da base SCI.

Diante dessa ampla diversidade de estudos, propõe-se esse estudo bibliométrico com a intenção de identificar o estado da arte e as lacunas científicas da gestão de resíduos sólidos, de forma que a comunidade acadêmica e os responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos possam ter informações relevantes e atualizadas para amparar novos estudos. Considera-se como “estado da arte” toda gama de conhecimento compartilhadas com o público, de maneira escrita, que é o caso deste trabalho, oral, por observação ou qualquer outro meio; e o que estiver fora desse universo preconcebido é considerado uma “invenção” (EUROPEAN PATENT OFFICE, 1973).

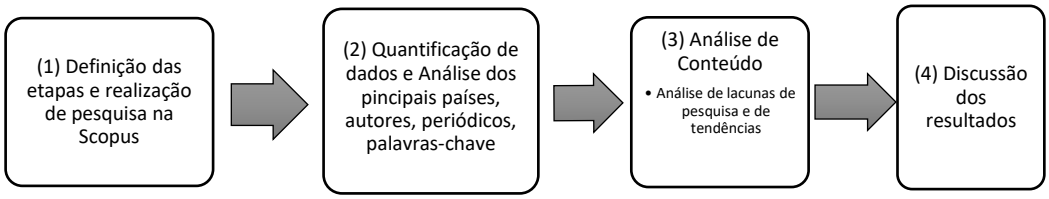
As lacunas de pesquisa são questões chave para uma determinada área do conhecimento que não foram respondidas no presente; e são fundamentais para o apontamento de estudos

futuros, assim como para a indicação de temas que necessitem de maiores esforços acadêmicos para alcançarem sua maturidade (NUNHES; FERREIRA MOTTA; DE OLIVEIRA, 2016).

2.1 FLUXOGRAMA DO ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

A Figura 2 apresenta o fluxo metodológico deste estudo bibliométrico.

Figura 2- Fluxograma da bibliometria



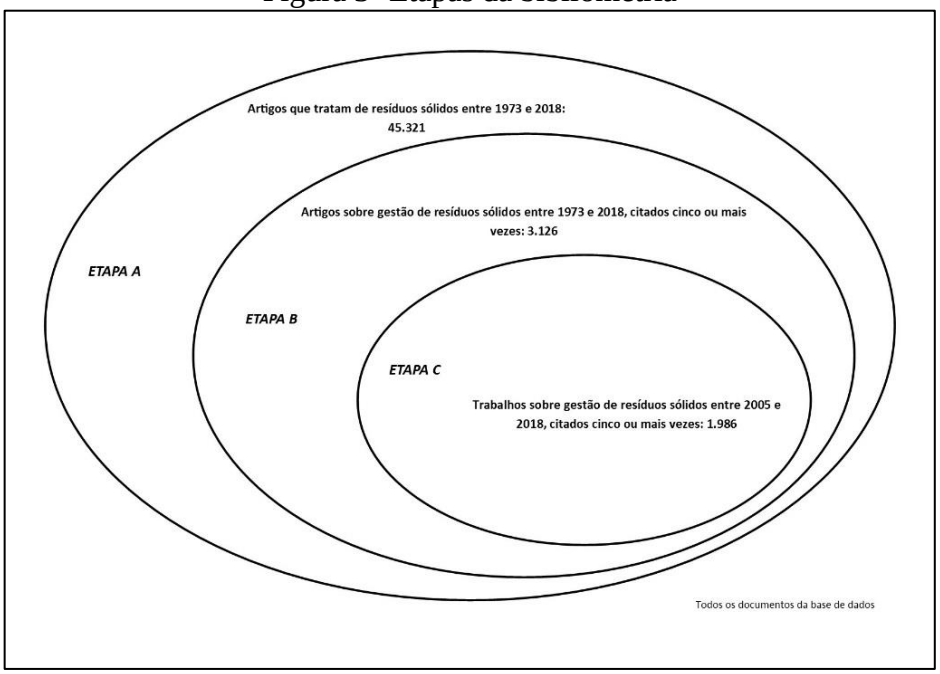
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Para a realização desse artigo foram adotadas quatro fases: (1) definição das etapas; (2) estudos bibliométricos; (3) análise de conteúdo e (4) conclusão.

Na 1ª Fase foram estabelecidas as etapas e a proposição da bibliometria que foi o de identificar o estado da arte e as lacunas científicas da gestão de resíduos sólidos por meio de uma revisão bibliográfica.

A 2ª Fase foi composta por cinco estágios. No primeiro estágio procurou-se delimitar os artigos mais relevantes para esta pesquisa, por meio da aplicação de uma busca que contivesse os termos mais importantes sobre a gestão de resíduos sólidos, conforme a “Etapa A” apresentado na Figura 3. Foram encontrados com estes termos um total de 45,321 artigos.

Figura 3- Etapas da bibliometria



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

No segundo estágio foram selecionados os artigos e revisões, com o acréscimo do termo “gestão de resíduos sólidos”, sob a limitação de artigos que contivessem cinco ou mais citações, reduzindo a quantidade de artigos para 3,126; conforme apresentado na “Etapa B” da Figura 3. No último filtro, restringiu-se a pesquisa contemplando os artigos produzidos de 2005 até 2018, resultando em 1986 artigos (Etapa C).

No terceiro estágio, organizou-se as informações por meio da realização de tabelas e gráficos. Os sistemas utilizados para possibilitar ilustrações a partir do tratamento de dados foram os pacotes de software Microsoft Excel e SCIMat. Obteve-se no quarto estágio a evolução das publicações apresentadas entre 1973 e 2018. São apresentados neste estágio, informações referentes aos países, aos autores e aos periódicos que se destacaram nas publicações sobre gestão de resíduos sólidos.

No quinto estágio, identificou-se os principais países, autores, periódicos e palavras-chave referentes às publicações sobre gestão de resíduos sólidos. Na sequência, organizou-se 12 temas de maior relevância sobre esse campo de estudo. Após os procedimentos anteriores, selecionou-se os 15 artigos mais citados entre 2014 e 2018.

A 3ª Fase foi composta por quatro estágios. No primeiro estágio os artigos entre 2014 e 2018 foram hierarquizados conforme o número de citações. Adiante, no segundo estágio, identificou-se as lacunas de pesquisa em cada artigo. Para a obtenção das lacunas, buscou-se destacar as indicações de estudos futuros das publicações analisadas (lacunas explícitas) e nos

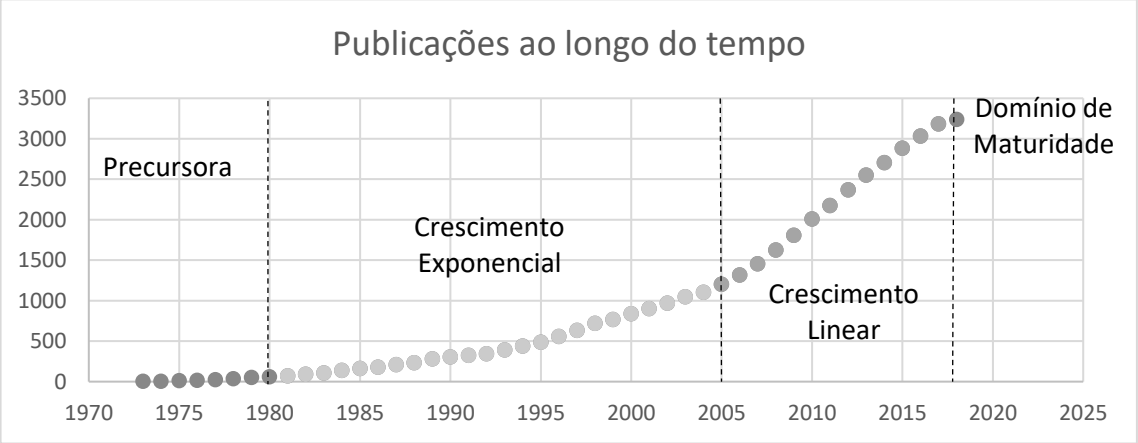
casos em que faltaram esses apontamentos, indicou-se estudos que pudessem utilizar os mesmos modelos propostos pelos autores em outros contextos (lacunas implícitas). No terceiro estágio, as lacunas identificadas foram categorizadas. Propôs-se no quarto estágio a análise sobre cada uma das tendências identificadas e a proposição de grupos de tendências para a gestão de resíduos sólidos.

A 4ª Fase recebeu influências das duas fases anteriores, permitindo a compreensão sobre Estado da Arte da Gestão de Resíduos Sólidos e permitindo a indicação dos caminhos mais promissores em que a gestão de resíduos sólidos pode percorrer nos próximos anos.

2.2 CICLO DE VIDA DAS PUBLICAÇÕES

De acordo com a lei de Price (CRISTINO; FARIA NETO; COSTA, 2018), a produção científica de um determinado campo tende a crescer exponencialmente e este crescimento pode ser decomposto em quatro fases conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4- Fases de crescimento de um domínio científico de acordo com a lei de Price



Fonte: Adaptado de Dabi et al. (2016).

A lei de Price tem como hipótese mais relevante que o desenvolvimento científico siga um crescimento exponencial e o seu domínio epistemológico passe por quatro fases (DABI et al., 2016). Na Figura 4 é possível observar as diferenças entre as fases precursora, de crescimento exponencial e de crescimento linear e de domínio de maturidade.

A primeira fase, iniciada em 1973 até 1980, é o período caracterizado pelos precursores deste campo de conhecimento com um pequeno número de publicações (DABI et al., 2016). Na segunda fase (1981-2004), a expansão do campo científico tende a atrair uma quantidade

significativa de pesquisadores. Neste período, o número de publicações atinge aproximadamente 35% do total de artigos publicados e pode-se dizer que a quantidade de artigos duplicou em aproximadamente a cada cinco anos.

Na terceira fase (2005-2018) este campo do conhecimento encontra-se consolidado e as publicações crescem linearmente até que em 2018 parece atingir um ponto de inflexão, o que sugere que este campo do conhecimento atingiu ou está próximo a atingir sua maturidade, que seria a quarta fase estabelecida por Price (CRISTINO; FARIA NETO; COSTA, 2018).

2.3 PREDOMINÂNCIA TERRITORIAL

Esta subseção apresenta o desempenho bibliométrico de alguns países que se destacaram no campo da gestão de resíduos sólidos. O período contemplado nesta análise refere-se ao período correspondente à fase linear de crescimento das publicações, ou seja, de 2005 a 2018, conforme a Figura 4.

A Figura 5 mostra os dez países com o maior número de publicações. Pode-se observar que China (295), Estados Unidos (199) e Índia (186) se destacam. Itália (120) e Reino Unido (115) dividem o quarto e o quinto lugar entre os países mais produtivos.

Figura 5- Principais países (2005-2018)

Países	H-Index	Número de publicações (2005-2018)	Número de citações (2005-2018)	Média de citações (2005-2018)	Evolução de artigos anual entre 2005 e 2018													Evolução de citações anuais entre 2005 e 2018												
					2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China	48	295	8745	29,64	2	14	12	25	37	36	26	27	18	25	30	22	16	5	1	1	30	92	272	357	493	544	716	892	991	1168	1443	1745
North America	42	199	7714	38,76	13	14	17	18	10	16	17	24	22	14	15	12	5	2	0	9	47	139	254	294	408	501	727	785	979	1023	1219	1329
India	40	186	6993	37,60	15	9	9	19	15	23	14	14	11	8	16	16	14	3	3	15	38	136	221	291	372	437	564	665	803	928	1145	1375
Italy	38	120	3916	32,63	3	1	6	7	10	12	10	9	19	16	13	7	7	0	0	3	4	13	45	94	154	216	322	423	529	661	763	789
United Kingdom	37	115	5425	47,17	3	10	10	7	11	10	10	16	8	8	6	8	7	1	0	3	13	57	121	181	276	372	494	586	642	793	865	1024
Canada	37	128	3702	28,92	6	7	16	13	20	15	7	7	12	10	4	9	2	0	2	2	19	74	225	251	307	275	324	404	476	474	580	589
Spain	34	99	3267	33,00	3	8	5	11	6	13	8	12	5	9	7	5	4	3	2	20	28	54	103	129	179	269	292	330	404	412	492	553
Malaysia	28	83	2524	30,41	1	6	3	0	7	3	12	11	7	8	14	4	6	1	0	0	1	2	25	55	73	91	152	240	270	444	556	615
Japan	24	92	2235	24,29	7	9	8	8	8	6	12	10	7	4	5	4	4	0	0	10	20	51	105	96	118	167	188	234	267	278	316	385
Turkey	12	24	516	21,50	1	1	3	4	5	2	2	1	1	1	1	0	2	0	0	0	2	4	18	25	31	46	59	58	62	50	69	92

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

No período limitado nesta pesquisa entre os anos de 2005 e 2018, observa-se que 110 países já produziram artigos sobre o tema gestão de resíduos sólidos. Destes participantes, 62 nações produziram ao menos cinco documentos. Para esta análise, destacou-se os 10 países

com desempenho superior aos demais e foi observado que quatro integrantes deste conjunto são do continente asiático, quatro pertencem à Europa e dois da América do Norte.

A China sobressai-se em relação ao H-Index e quantidade de documentos (H-Index 48 e 295 artigos), conforme Figura 5, mas em termos de média de citação por documento ressalta-se o Reino Unido com 47,17; USA com a média de 38,76 e a Índia com média de 37,60. As dez nações listadas entre as mais importantes dos estudos, são responsáveis por aproximadamente 72% do total de citações, contabilizando 45.037 apontamentos.

Entre os principais países que publicaram sobre a gestão de resíduos sólidos, a China apresentou um número destacado na produção de documentos a partir de 2008 e manteve um ritmo significativo de publicações até 2015. A quantidade de citações passou a ser expressivo a partir de 2007 e perdura até 2018. A produção científica dos Estados Unidos iniciou em 2005 e se manteve expressiva até 2013. A Índia começou a ter destaque na produção voltada à resíduos sólidos entre 2008 e 2013.

A Itália obteve destaque a partir de 2009 e teve um número de publicações considerável até 2015. Em relação às citações, os italianos obtiveram destaque a partir de 2008. Viu-se uma escassez de estudos relevantes entre os continentes africano e latino-americano. Ademais, cumpriu-se os objetivos previstos na realização desta pesquisa.

2.4 PRINCIPAIS AUTORES

Apresentam-se os 108 autores que publicaram artigos sobre a gestão de resíduos sólidos, entre os períodos de 2005 e 2018. A Figura 6 apresenta a relação dos 10 autores com maiores números de citação, que tenham produzido no mínimo cinco artigos. Destacam-se os autores da Europa e da Ásia.

Figura 6- Principais autores (2005-2018)

Autor	H-Index	Número de publicações (2005-2018)	Número de citações (2005-2018)	Média de citações (2005-2018)	Evolução de artigos anual entre 2005 e 2018													Evolução de citações anuais entre 2005 e 2018												
					2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Huang G. H.- Canada	30	78	2063	26,45	3	4	6	8	18	13	8	5	4	7	0	2	0	0	2	1	5	50	184	182	226	164	199	256	170	218	216	190
Christensen T. H.- Dinamarca	18	22	1349	61,32	1	3	2	0	4	4	2	3	0	2	1	0	0	0	0	3	7	16	55	77	78	91	109	112	176	158	229	238
Li Y. P.- China	16	31	906	29,23	2	4	4	4	7	6	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	5	30	124	93	109	75	74	106	73	77	81	57
HE L.- China	14	18	428	23,78	0	0	0	5	6	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	15	37	39	48	38	41	44	32	42	48	44
Chang N.B.- EUA	13	14	1117	79,79	2	1	1	3	0	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6	20	44	58	82	85	123	131	130	135	150	153
Wilson D. C.- Reino Unido	9	10	714	71,40	0	1	0	1	0	0	0	5	1	1	1	0	0	0	0	0	1	6	19	15	22	39	75	83	98	105	116	135
Gheewala S. H.- Tailândia	8	7	421	60,14	0	0	1	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	20	27	40	42	40	45	55	56	75
WU T.Y.- Malásia	7	7	378	54,00	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	19	30	34	78	104	105
Lettieri P.- Reino Unido	5	6	748	124,67	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	21	33	51	87	75	86	108	138	148
Bernstad A.K.- Suécia	5	5	492	98,40	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	32	95	90	125	138

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

O total de publicações realizados pelos 10 autores ranqueados na Figura 6 correspondem a 198 artigos, que por sua vez obtiveram uma quantidade de citações total de 8.616. Huang obteve o maior H-Index (30) em gestão de resíduos sólidos, embora tenha obtido a nona maior média entre os autores listados. Lettiere foi o autor com o maior número de citações, obtendo uma média 124 citações por documento. No cenário da produção anual de artigos e de citações observou-se que no ano de 2009, conforme a Figura 6, foram produzidos a maior quantidade de documentos, com o total de 38 publicações. Após este ano a tendência de queda tornou-se visível, sendo que nos últimos três anos apenas cinco publicações foram realizadas.

Em 2018 nota-se a publicação de apenas um autor, Lettieri, dos que estão constantes no rol dos 10 mais produtivos do período de 14 anos que está sendo realizada a pesquisa, sendo que nos anos de 2016 foram publicados apenas cinco artigos e em 2017 não foi produzido nenhum, o que reforça a hipótese de que este campo do conhecimento tenha alcançado sua maturidade ou esteja bem próximo de alcança-la. Observa-se que os autores continuaram sendo citados mesmo depois de encerrarem sua produção na área, sugerindo que suas publicações são bastante relevantes na gestão de resíduos sólidos.

2.5 PRINCIPAIS PERIÓDICOS

O principal fórum de divulgação do conhecimento na ciência ambiental são os periódicos de artigos científicos. Destacam-se dos demais meios por serem avaliados às cegas por pares. De 3.508.894 documentos (incluindo artigos, livros, conferência e outros) disponíveis sobre a gestão de resíduos sólidos, obteve-se um total 2.796.870 artigos, ou seja, 79,71% do total de produção.

Os 1986 artigos identificados nesta pesquisa foram publicados em 310 periódicos, destacando-se o fato de que 58% desses artigos foram publicados em 10 periódicos, conforme ilustrado na Figura 7. A quantidade total de artigos elencados nestes estudos foi de 1.986, a partir de um total de 310 periódicos. A revista mais produtiva nessa área é a Waste Management, que publicou 516 artigos, sendo também a mais citada e com maior de H-Index.

Figura 7- Principais periódicos

Periódicos	H-Index	Número de publicações (2005-2018)	Número de citações (2005-2018)	Média de citações (2005-2018)	Evolução de artigos anual entre 2005 e 2018														Evolução de citações anuais entre 2005 e 2018												
					2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Waste Management- JCR 4,723	71	519	20192	38,91	17	28	38	43	47	43	38	48	47	30	54	42	35	9	1	20	79	262	509	666	979	1184	1593	1905	2522	2751	3513	4208
Bioresouce Technology- JCR 5,807	41	102	4252	41,69	1	1	5	17	12	17	8	11	9	4	8	4	4	1	0	1	4	36	111	171	257	326	392	446	508	629	662	709
Journal of Hazardous Materials- JCR 6,434	37	78	4816	61,74	5	12	11	11	14	11	4	4	4	1	1	0	0	0	0	12	42	119	196	297	364	383	495	507	566	671	658	506
Resources Conservation And Recycling- JCR 5,120	36	120	3694	30,78	5	5	8	9	4	19	10	10	15	10	12	7	4	2	1	4	22	44	103	126	202	254	311	367	430	491	601	738
Journal of Environmental Management- JCR 4,005	33	66	3145	47,65	3	2	5	9	9	7	9	6	5	5	2	2	2	0	0	2	5	30	107	123	177	216	300	334	358	417	521	555
Waste Management And Research- JCR 1,631	31	201	3915	19,48	19	15	11	14	16	24	17	19	20	19	12	10	5	0	2	15	24	66	112	149	196	293	347	373	479	483	647	729
Journal of Cleaner Production- JCR 5,651	23	45	1240	27,56	0	0	0	3	0	2	0	2	5	2	5	10	11	5	0	0	1	0	10	10	15	34	42	65	75	156	338	494
Environmental Monitoring And Assessment- JCR 1,334	19	34	1196	35,18	0	2	6	2	2	4	4	5	3	2	2	2	0	0	0	2	5	14	20	48	69	96	106	152	135	169	176	204
Chemosphere- JCR 4,427	19	32	1074	33,56	6	3	4	3	1	2	2	3	1	4	0	2	1	0	1	7	19	43	70	57	70	78	85	82	106	137	152	167
Habitat International- JCR 3,000	17	36	1169	32,47	2	7	1	1	3	1	3	2	3	2	7	3	1	0	2	3	5	21	38	47	78	76	132	105	159	157	176	170

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Entre os 310 periódicos com publicações sobre a gestão de resíduos sólidos entre 2005 e 2018, apenas 22 destes apresentam um H-Index superior a 10. Conforme a Figura 7, as citações dos 10 maiores periódicos vêm crescendo em ritmo contínuo desde 2008 e estabilizando-se nos últimos anos observados.

O periódico Waste Management apresenta um crescimento acentuado entre os anos de 2008 e 2016. O Bioresource Technology iniciou um número de produções consideráveis a partir de 2008, também, embora estendendo-se até 2013. O periódico que mantém uma distribuição constante em um horizonte de tempo maior é o Resources Conservation and Recycling, que se estende de 2005 a 2016.

Os journals Waste Management and Research e Journal of Cleaner Production apresentam uma estabilidade na produção de artigos de 2005 a 2015. Os journals Hazardous Materials e Environmental Management apresentam uma média de citações considerável, entre as maiores obtidas pelos periódicos selecionados.

2.6 EXPRESSÕES DE REFERÊNCIA

Nesta subseção foram identificadas as palavras-chave mais utilizadas neste campo de estudo, considerando a frequência que foram empregadas nos artigos. Antes da classificação das palavras-chaves, excluiu-se todas as palavras que foram mencionadas menos do que cinco vezes. Vale lembrar que foram consideradas apenas as palavras-chave fornecidas pelos autores, não sendo consideradas as palavras indexadas pelos periódicos científicos.

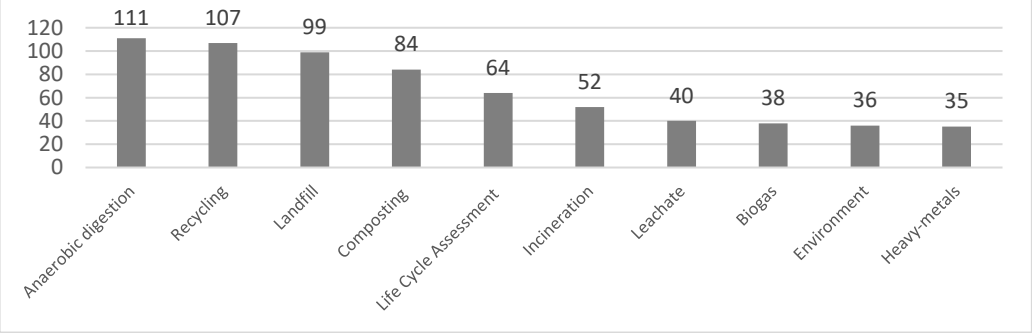
A quantidade das expressões aproveitadas para serem distribuídas entre os temas, conforme o Quadro 1, foi de 116 palavras, de um total de 4320. Para o levantamento das palavras-chave, procurou-se identificar os termos “gestão de resíduos sólidos”, por ser a própria denominação do campo de pesquisa e não contribuir com descobertas no tema.

Buscou-se também a eliminação das palavras com pouca contribuição à pesquisa como métodos matemáticos (exemplificado com a “Teoria de Incertezas”, com 53 documentos) ou nome de lugares e países (cuja “China” possui 25 apontamentos). A partir dessa identificação foi possível compreender as expressões mais relevantes na gestão de resíduos sólidos.

A palavra-chave mais utilizada, conforme Figura 8, foi a “digestão anaeróbica”, em 111 artigos, que se trata de um processo caracterizado por transformações bioquímicas a partir de uma junção de micróbios, transformando macromoléculas complexas em composto de baixo peso molecular (ARIUNBAATAR et al., 2014).

Em seguida, com 107 apontamentos, utilizou-se a palavra-chave “reciclagem”, definida pela utilização de materiais para produzir produtos equivalentes ou similares, a partir de resíduos descartados (CHRISTENSEN, 2011). Na sequência, com a terceira posição, a palavra-chave “aterro”, utilizada 99 vezes. Um aterro é uma área de fácil acesso, projetada para uma eliminação segura dos resíduos sólidos (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

Figura 8- Principais palavras-chave



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

A quarta palavra-chave mais citada foi “Compostagem” (84), considerado um tratamento que converte os resíduos orgânicos numa forma biologicamente estável, tanto por meio da decomposição aeróbia como na anaeróbia (WU et al., 2014). Na sequência, segue a palavra-chave “Avaliação de Ciclo de Vida” (64), uma ferramenta de apoio à decisão, que por meio de sua abrangência auxilia na quantificação dos impactos ambientais e pode fornecer soluções apropriadas para o aprimoramento gestão de resíduos sólidos (LAURENT et al.,

2014a). Em sexto, a palavra-chave “Incineração” (52), que é a conversão térmica dos resíduos em calor (CHRISTENSEN, 2011).

Em sétimo, apontou-se a palavras-chave “Lixiviado” (40), líquido contaminado derivado nas instalações de eliminação de resíduos, como aterros, que contém compostos orgânicos e inorgânicos solúveis, assim como partículas em suspensão (NAVEEN et al., 2017).

A palavra “Biogás” (38) foi a oitava palavra mais citada e tem o seu significado na produção de gás a partir da decomposição de matéria orgânica com a ausência de oxigênio (DEL RÍO et al., 2014). A penúltima palavra foi “Meio-Ambiente” (36), definida como um conjunto de componentes físicos, químicos e biológicos que podem de maneira direta ou indireta impactar a vida humana (UN GENERAL ASSEMBLY, 1972).

Por fim, a última palavra-chave selecionada foi “Metais Pesados” (35), que são metais assim denominados quando apresentam um peso superior a 5mg por m^3 e alguns dos metais-pesados são fundamentais para sobrevivência de plantas ou animais (Fe, Mn, Zn, entre outros) enquanto outros apresentam níveis de toxicidade mesmo em baixas concentrações (Cd, Hg e Pb) (CHRISTENSEN, 2011).

2.7 PRINCIPAIS TEMAS

Nesta subseção, buscou-se organizar as palavras chaves em temas de pesquisa que apresentasse semelhanças entre si, para quantificar os termos existentes em cada tema. Com esta quantificação, tornou-se possível verificar a participação de cada um dos temas no campo de conhecimento como um todo, assim como observar as variações dos percentuais respectivos em períodos diferentes, conforme pode ser conferido na seção posterior.

A formação de clusters das palavras-chave inseridas nas publicações pode definir os principais temas que estão presentes em um campo científico. Quando se analisa determinados documentos de pesquisa submetidas a um filtro, analisam-se os conceitos e os métodos integrantes desse campo do conhecimento que são sintetizados por agrupamentos de palavras-chave.

Os termos que foram previamente organizados devem refletir a semelhança de um campo de pesquisa científica (PHILLIPS; SHEFF; BOYER, 2015). Para a análise das palavras-chaves utilizou-se a técnica de agrupamentos que se consiste em agrupar em temas as palavras com significados próximos para a verificação das tendências dentro da área de conhecimento de pesquisa (COBO; HERRERA, 2012).

Foram utilizados termos diretamente relacionados com a gestão de resíduos sólidos, divididos por dois tipos: (I) temas principais e (II) termos adjacentes, conforme Christensen (2011) como pode ser observado no Quadro 2. A atribuição das palavras-chave aos temas de pesquisa, levou em conta a aderência da expressão ao tema específico, assim como foi verificada a possibilidade de existir alguma ambiguidade na interpretação, ou seja, as palavras que contivessem um duplo sentido foram eliminadas para não prejudicar ou enviesar a organização dos temas proposta.

Quadro 2- Categorização de palavras-chave por temas de pesquisa

Tipos de Pesquisa	Temas de Pesquisa	Palavras-Chave
(I) Temas principais	Geração	taxa de geração, caracterização, compostos orgânicos voláteis, caraterísticas dos resíduos, geração de resíduos, composição dos resíduos orgânicos, composição dos resíduos orgânicos, composição dos resíduos orgânicos, composição dos resíduos, caracterização dos resíduos sólidos, composição dos resíduos sólidos, geração de resíduos sólidos
	Coleta e transporte	recolha de resíduos sólidos, localização, recolha de resíduos, recolha separada, recolha selectiva, recolha, transporte, logística inversa, selecção de locais, separação de fontes
	Tratamento	adsorção, gaseificação, tratamento térmico, incineração, tratamento, compostagem, digestão anaeróbia, vermicomposto, tratamento de águas residuais, pirólise, tratamento mecânico-biológico, tratamento biológico, vermicomposto, pré-tratamento, incineração de resíduos sólidos urbanos, tratamento de resíduos, co-digestão, recuperação de materiais, co-digestão anaeróbia, co-compostagem, incineração de resíduos, recirculação, lodos de digestores, recuperação de recursos
	Reciclagem/ Reutilização/ Aterros	compostagem, aterro sanitário, reciclagem, aterro sanitário, lixiviados, lixiviados, lixiviados de moscas, eliminação de resíduos, reciclagem de resíduos sólidos, aterros sanitários, eliminação, biorreator-armazenamento, lixiviados de fundo, eliminação de resíduos sólidos, reciclagem de resíduos, seleção de aterros sanitários, reutilização, materiais recicláveis, mineração de aterros sanitários
(II) Temas Adjacentes	Energia	energia, energia renovável, energia, combustíveis sólidos recuperados, combustíveis derivados de resíduos, combustíveis derivados de refugos. recuperação de energia, combustão, produção de biogás, biogás
	Emissão de Gás	carbono ativado, gases de efeito estufa, gases de efeito estufa, emissões de gases de estufa, metano, oxidação de metano, emissões de gases de estufa, emissões de gases de estufa, emissões de metano
	Sustentabilidade	países em desenvolvimento, desenvolvimento sustentável, sustentabilidade, meio ambiente, privatização, impactos ambientais, impacto ambiental, eco-eficiência, gestão ambiental, mudanças climáticas, industrial-ecologia
	Economia de Resíduos	sector informal, análise custo-benefício, recolhedores, custo, circular-economia
	Legislação e Regulamentação	governança, parceria público-privada, política
	Análise de Ciclo de Vida	avaliação do ciclo de vida, AVC, avaliação do ciclo de vida-(AVC)
	Hierarquia de Resíduos	hierarquia do lixo, minimização do lixo
	Questões associadas	contaminação de águas subterrâneas, toxicidade, saúde pública, saneamento, urbanização

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

No Quadro 1 nota-se que os temas principais descrevem as etapas da gestão de resíduos sólidos, enquanto os temas adjacentes agrupam questões que não têm relação direta, mas que interage às questões da gestão de resíduos, como os assuntos relacionados ao meio-ambiente, à economia, a legislações, entre outros.

Entre os temas principais, apresentam-se: (a) “geração” de resíduos, em que a sua visibilidade se dá por conta do aumento descontrolado na produção de resíduos sólidos,

especialmente nas últimas décadas (LAURENT et al., 2014b). Junta-se a este tema, questões que abordam as características dos resíduos e sua composição (CHRISTENSEN, 2011). No tema (b) “transporte e coleta”, apresenta-se a importância em diminuir o gasto de energia para uma prestação de serviços menos poluente e eficaz (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017a). Em relação ao (c) “tratamento” de resíduos, o que o torna um tema indispensável é pelo fato de sua escolha ser estratégica para a gestão de resíduos sólidos se tornar bem-sucedida em uma determinada região, para diminuir os impactos ambientais (SOLTANI et al., 2015).

O tema (d) “Reciclagem / Reutilização /Aterros” é abordado para traçar o destino final do resíduo, que pode se estender na reciclagem, na utilização ou no aterro. Refere-se a última etapa que um resíduo percorrerá: ou ele poderá ser novamente utilizado em uma cadeia de suprimento, ou ele será aproveitado como matéria prima ou ainda será disposto em algum espaço específico (CHRISTENSEN, 2011).

Entre os temas adjacentes, encontram-se: (e) “energia”, pois a necessidade por energia limpa e renovável é de grande importância a todo mundo, ao mesmo tempo que a escassez de recursos fósseis junto com a preocupação com o estado do meio-ambiente é destacado pela comunidade internacional (BASSO et al., 2015).

Quanto a (f) “emissão de gás”, existe uma preocupação significativa sobre o aumento da produção gases de efeito estufa derivada pelos resíduos, que aumentaram 54% em um intervalo de tempo de apenas 18 anos (TAN et al., 2015). A (g) “sustentabilidade” apresenta visibilidade nesse campo de estudo, pelo fato das partes interessadas que participam nas decisões sobre a gestão de resíduos sólidos, levarem em conta prioritariamente os critérios de ordem econômica, social e ambiental (SOLTANI et al., 2015).

A (h) “economia de resíduos” se torna relevante por identificar a organização comercial e logística por parte de trabalhadores (na sua maioria informal), que viabilizam a redução de resíduos a partir da formulação de negócios, ainda que em processos institucionais lentos (LIM; LEE; WU, 2015).

Em (i) “legislação e regulamentação”, encontram-se os procedimentos para a fiscalização de resíduos, entre os que produzem, ao mesmo tempo que podem ser elaboradas as metas de redução de poluição decorrentes dos resíduos (ALLESCH; BRUNNER, 2014; DEL RÍO et al., 2014). A metodologia da (j) “LCA” tem sido bastante utilizada por permitir uma compreensão de toda a complexidade que a gestão de resíduos sólidos possui, inclusive permitindo identificar a interdependências dos sistemas integrados (DEL RÍO et al., 2014).

A (k) “hierarquia de resíduos” formulada pela Comunidade Europeia, é uma estratégia importante que permite a reflexão sobre o consumo consciente, antes da produção de itens

com potencial de descarte (ALLESCH; BRUNNER, 2014; TAN et al., 2015). Em (l) “questões associadas”, agrupam-se diversos tópicos que influenciam na gestão de resíduos, como a urbanização e sanitização, ou que são impactadas pela gestão de resíduos inapropriada, como a saúde pública, a contaminação por doenças ou toxicidades (CHRISTENSEN, 2011).

Nesta subseção, foi demonstrada a evolução de cada um dos 12 temas que compõe a gestão de resíduos sólidos, por meio das 116 palavras chaves que foram apontadas, totalizando 1.546 repetições. Foi acrescentado o campo “outros” considerando as palavras-chaves que não puderam ser destinadas aos temas propostos. A evolução dos temas foi analisada partir de 2005, período em que este campo de conhecimento se considera plenamente estabelecido, de acordo com a Figura 4. Para analisar as variações em que as expressões foram distribuídas ao longo dos últimos 14 anos, foram estabelecidos dois períodos consecutivos de quatro anos e o último período de cinco anos, conforme o Quadro 3.

O objetivo desta análise foi identificar as tendências de pesquisa neste campo do conhecimento identificando os temas mais relevantes no momento a fim de que se possa verificar quais as principais oportunidades de pesquisa neste campo.

Quadro 3 - Evolução de temas de pesquisa

Temas de Pesquisa	(1) Documentos 2005-2008	% (1)	(2) Documentos 2009-2013	% (2)	(3) Documentos 2014-2018	% (3)	Variação (2) - (1) (%)	Variação (3) - (2) (%)	Variação (3) - (1) (%)
Reciclagem-Reutilização-Aterro	95	18,4	173	19,5	116	19,9	1,2	0,4	1,5
Tratamento	79	15,3	172	19,4	127	21,8	4,1	2,4	6,5
Sustentabilidade	27	5,2	86	9,7	55	9,4	4,5	-0,3	4,2
Emissão de Gás	20	3,9	69	7,8	51	8,7	3,9	1,0	4,9
Avaliação de Ciclo de Vida	16	3,1	47	5,3	45	7,7	2,2	2,4	4,6
Geração	24	4,6	38	4,3	31	5,3	-0,4	1,0	0,7
Energia	9	1,7	32	3,6	50	8,6	1,9	5,0	6,8
Coleta e Transporte	14	2,7	38	4,3	34	5,8	1,6	1,5	3,1
Economia de resíduos	3	0,6	12	1,4	25	4,3	0,8	2,9	3,7
Questões Associadas	5	1,0	17	1,9	6	1,0	1,0	-0,9	0,1
Legislação e Regulamentação	2	0,4	7	0,8	10	1,7	0,4	0,9	1,3
Hierarquia de Resíduos	0	0,0	10	1,1	1	0,2	1,1	-1,0	0,2
Outros	223	43,13	185	20,88	32	5,49	-22,25	-15,39	-37,64
Total (documentos)	517	100%	886	100%	583	100%			

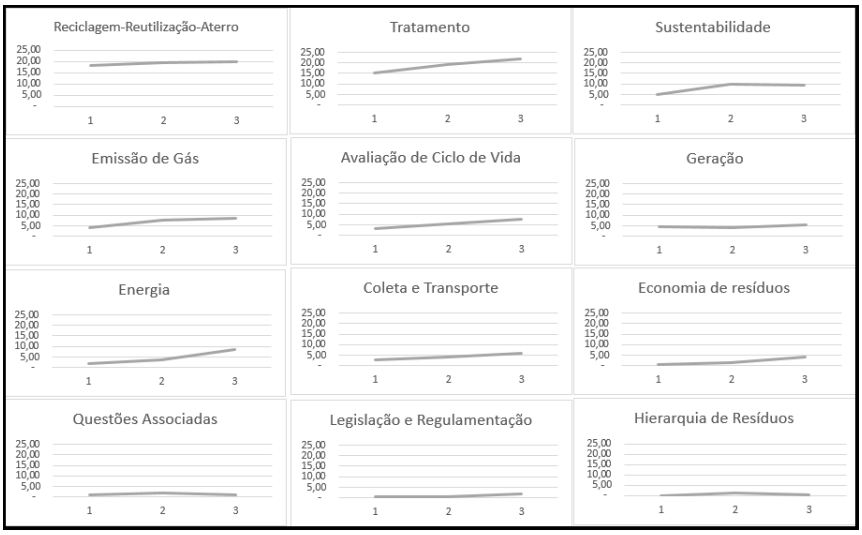
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

O Quadro 3 apresenta o porcentual de documentos que apresentam palavras-chaves relacionadas com os respectivos temas. As três colunas finais apresentam a evolução de cada tema, em pontos percentuais, de um período para o outro. Os temas que apresentaram maior

crescimento ao longo do período foram Energia, Tratamento, Emissão de Gás e Avaliação de Ciclo de Vida. Hierarquia de Resíduos teve o seu ponto de apogeu no segundo período.

Inseriu-se as informações percentuais dos três períodos (compreendidos entre 2005 a 2018) para a verificar a tendência que os temas de pesquisa apresentam, conforme a Figura 9. Vale observar que o campo “outros” obteve um declínio de palavras-chave significativo, demonstrando que os 12 temas de pesquisa se tornaram cada vez mais relevantes visto que o percentual dos termos que não apresentam uma identificação clara com cada um deles é de apenas 5,49% do total dos termos apresentados em 583 artigos.

Figura 9- Tendências dos temas de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Verifica-se na Tabela 2 que os que mais se destacam são “Tratamento” e “Coleta e Transporte” entre os temas principais. Em relação aos temas adjacentes, os temas mais impactantes são “Energia”, “Emissão de Gás”, “Análise de Ciclo de Vida”, “Sustentabilidade” e “Economia de Resíduos”. O exame da Figura 9 sugere que a comunidade acadêmica tem dado menos importância a “Geração”, “Reciclagem, Reutilização e Aterro” (entre os temas principais) e “Questões Associadas” e “Hierarquia de Resíduos” (entre os temas adjacentes).

Os temas de pesquisa com a tendência de aumento foram: energia, tratamento de resíduos, sustentabilidade, economia de resíduos, emissão de gases e da avaliação do ciclo de vida. Quanto às tendências mais relevantes, apurou-se: novos métodos de tratamento térmico e biológico, avaliação do ciclo de vida da gestão resíduos sólidos, ferramentas para o

aperfeiçoamento da gestão de resíduos sólidos, produção de energia renovável e alternativas sustentáveis que proporcionem economia de recursos.

Nota-se que há uma forte relação entre tratamento de resíduos, energia, emissão de gases e avaliação de ciclo de vida (LCA), pois a queima ou a decomposição orgânica orientam as estratégias para diminuição da produção de gases e são cruciais para a produção de energia.

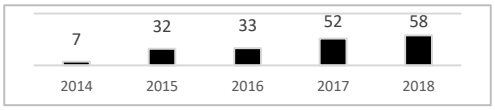
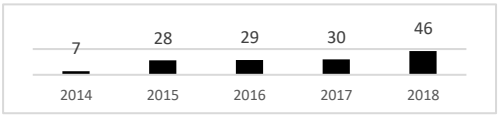
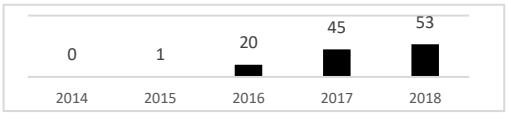
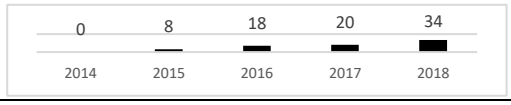
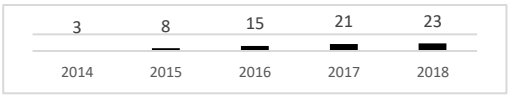
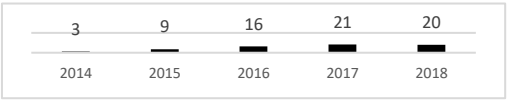
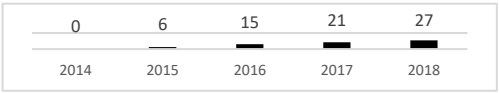
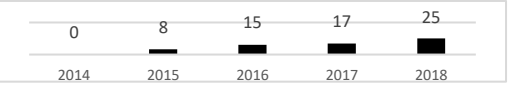
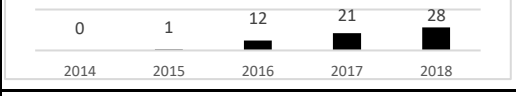
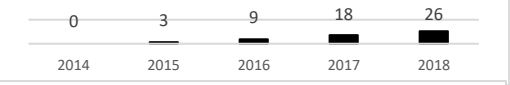
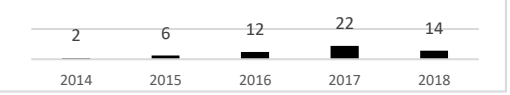
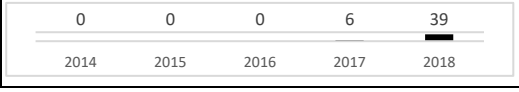
Os indicativos de uma maior participação das áreas adjacentes na gestão de resíduos sólidos podem demonstrar que há um redimensionamento dos estudos no sentido de implementar ações mais concretas, como no âmbito técnico, econômico e legal, ou seja, na resolução dos problemas enfrentados pelas partes interessadas envolvidas na problemática dos resíduos.

2.8 ARTIGOS PROPULSORES

Acredita-se que artigos mais recentes sejam capazes de exprimir as tendências mais atuais de pesquisa nos mais diversos temas que compõem um campo e, portanto, são as melhores fontes para se detectar as lacunas científicas em cada tema. Porém, tão importante quanto a contemporaneidade do artigo é o seu número de citações. Assim, visando-se a combinar os dois quesitos acima, optou-se por pesquisar as lacunas de pesquisa neste campo científico tomando como base os 15 artigos mais citados nos últimos cinco anos.

O Quadro 4 apresenta o artigo com os seus respectivos autores, o ano de publicação, o periódico em que foi publicado, o número de citações do artigo, a média anual de citações e a evolução de citações entre 2014 e 2018. Os 15 artigos selecionados receberam 1228 citações de um total 9671 recebidas por todos os artigos produzidos neste período (583).

Quadro 4 - Ranking dos artigos mais citados (2014-2018)

#	Artigos mais citados	Autor	Ano	Periódico	Citações	Média de citações anuais	Evolução de citações anuais de 2014 a 2018
1	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part I: Lessons learned and perspectives	Laurent A., Bakas I., Clavreul J., Bernstad A., Niero M., Gentil E., Hauschild M.Z., Christensen T.H.	2014	Waste Management	182	36,40	
2	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part II: Methodological guidance for a better practice	Laurent A., Clavreul J., Bernstad A., Bakas I., Niero M., Gentil E., Christensen T.H., Hauschild M.Z.	2014	Waste Management	140	28,00	
3	Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis	Lim S.L., Lee L.H., Wu T.Y.	2016	Journal of Cleaner Production	119	39,67	
4	Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review	Chen D., Yin L., Wang H., He P.	2014	Waste Management	96	19,20	
5	Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review	Soltani A., Hewage K., Reza B., Sadiq R.	2015	Waste Management	80	20,00	
6	Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: Effects offood waste particle size and organic loading rate	Agyeman F.O., Tao W.	2014	Journal of Environmental Management	70	14,00	
7	Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues	Ghiani G., Lagana D., Manni E., Musmanno R., Vigo D.	2014	Computers and Operations Research	69	13,80	
8	Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation	Edjabou M.E., Jensen M.B., Gotze R., Pivnenko K., Petersen C., Scheutz C., Astrup T.F.	2015	Waste Management	69	17,25	
9	Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia	Tan S.T., Ho W.S., Hashim H., Lee C.T., Taib M.R., Ho C.S.	2015	Energy Conversion and Management	65	16,25	
10	Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia	Moh Y.C., Abd Manaf L.	2014	Resources, Conservation and Recycling	65	13,00	
11	Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: A case study of Sakarya	Erses Yay A.S.	2015	Journal of Cleaner Production	62	15,50	
12	Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials	Alibardi L., Cossu R.	2015	Waste Management	56	14,00	
13	Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia	Tan S.T., Hashim H., Lim J.S., Ho W.S., Lee C.T., Yan J.	2014	Applied Energy	56	11,20	
14	Assessment methods for solid waste management: A literature review	Allesch A., Brunner P.H.	2014	Waste Management and Research	54	10,80	
15	A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW)	Al-Salem S.M., Antelava A., Constantinou A., Manos G., Dutta A.	2017	Journal of Environmental Management	45	22,50	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

O número de citações dos 15 artigos apresentou um crescimento nos últimos cinco anos conforme ilustrado na Quadro 4. Entre os periódicos com maior número de artigos citados nos últimos cinco anos, são: *Waste Management* (6), *Journal of Cleaner Production* (2) e *Journal of Environmental Management* (2).

Os artigos 1 e 3 obtiveram um crescimento expressivo entre os anos de 2016 e 2017. Percebe-se que de forma geral o aumento mais expressivo no número de das citações se deu a partir de 2016, mesmo considerando os oito artigos que foram publicados no ano de 2014. Entre os autores citados, apenas dois estão presentes na lista dos principais autores, Christensen e Bernstad, conforme a Figura 6.

2.9 LACUNAS CIENTÍFICAS SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A identificação das lacunas de pesquisa foi realizada a partir dos 15 artigos mais citados entre 2014 a 2018, conforme o Quadro 5. Este procedimento buscou analisar os conteúdos embutidos nos artigos mais relevantes, desse campo do conhecimento, para a composição de grupos com lacunas semelhantes.

Quadro 5 - Lacunas científicas da bibliometria

(continua)

#	Autor	Artigos mais citados	Lacunas de pesquisa
1	Laurent et al. (2014)	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part I: Lessons learned and perspectives	Realização de estudos mais aprofundados nos ciclos de vida em fluxos específicos de resíduos, como em construção civil e lixo eletrônico
2	Laurent et al. (2014)	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part II: Methodological guidance for a better practice	Busca de procedimentos padronizados na implementação do LCA voltada a gestão de resíduos sólidos, para redução de possíveis falhas metodológicas em estudos de caso
3	Lim et al. (2016)	Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis	Aplicação de técnicas de compostagem e vermi-compostagem para a produção de fertilizantes orgânicos visando a aplicação na agricultura.
4	Chen et al. (2014)	Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review	Identificação de resíduos sólidos municipais para a realização de pirólise que não causem poluição elevada
5	Soltani et al. (2015)	Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review	Utilização das técnicas de MCDA para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Aplicação do modelo da Teoria dos Jogos em Gestão de Resíduos Sólidos
6	Agyeman and Tao (2014)	Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: Effects offood waste particle size and organic loading rate	Ampliação dos estudos referentes a digestão anaeróbica dirigidos ao consumo de energia
7	Ghiani et al. (2014)	Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues	Integração estratégica dos processos da gestão de resíduos sólidos com uma perspectiva de longo prazo Realização de estudos direcionados às questões sociais referentes aos impactos dos resíduos sólidos junto à população
8	Edjabou et al. (2015)	Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation	Rastreamento do desperdício alimentar em grupos como em derivados de vegetal e animal
9	Tan et al. (2015)	Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia	Aplicação da análise "3E" sobre tecnologias recuperação de energia de materiais residuais, incluindo os aterros

Quadro 5 - Lacunas científicas da bibliometria

(conclusão)

#	Autor	Artigos mais citados	Lacunas de pesquisa
10	Moh and Manaf (2014)	Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia	Implementação de estratégias que visem conscientizar a população sobre a importância de se habituar com a reciclagem
11	Yay (2015)	Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: A case study of Sakarya	Implementação da avaliação do ciclo de vida para análise da política de gestão municipal de resíduos sólidos.
12	Alibardi and Cossu (2015)	Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials	Identificação do potencial de hidrogênio em diferentes tipos de resíduos
13	Tan et al. (2014)	Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia	Aplicação do tratamento de incineração de resíduos sólidos urbanos como alternativa econômica e redutora de impactos ambientais
14	Allesch and Brunner (2014)	Assessment methods for solid waste management: A literature review	Aplicação de ferramentas de gestão para mensurar impactos na sustentabilidade
15	Al-Salem et al. (2017)	A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW)	Identificação do efeito da pressão na realização da pirólise

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Nas 17 lacunas observadas, verifica-se uma tendência importante voltada às ferramentas de gestão, concentradas especialmente na Avaliação de Ciclo de Vida, assim como uma frequência de lacunas voltadas aos tratamentos de resíduos. Os dois estudos mais recentes que estão incluídos nas análises entre os 15 artigos mais relevantes, de Lim et al., 2016 (#3) e Al-salem et al., 2017 (#15), dizem respeito a estudos voltados à modalidades de tratamento, sendo voltados respectivamente aos tratamentos biológico e térmico.

A partir do conteúdo apresentado no Quadro 5 foi elaborada os grupos de lacunas apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Organização de grupos sobre gestão de resíduos sólidos

Group	Item	Abordagens	Artigos
I	Novos métodos de tratamento térmico e biológico	Sugere-se estudos que possam aperfeiçoar as técnicas de tratamento, com o objetivo de combinar os melhores métodos para cada material específico	#3, #4, #6, #12, #13, #15
II	Avaliação do ciclo de vida da gestão resíduos sólidos	Análise de cada um dos processos realizado, para formulação de metodologias e embasamento de políticas públicas	#1, #2, #11
III	Ferramentas para o aperfeiçoamento da gestão de resíduos sólidos	Implementação de métodos qualitativos e quantitativos para a gestão de resíduos sólidos	#5, #7, #14
IV	Produção de energia renovável	Utilizar o potencial energético dos próprios resíduos para contribuir com o seu tratamento e aproveitar os mesmos processos para obter um excedente na produção de energia	#9
V	Alternativas sustentáveis que proporcionem economia de recursos	Aproveitar as matérias-primas inerentes nos resíduos sólidos, de maneira que se possa reduzir os impactos da escassez de recursos naturais	#8, #10

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Observa-se no primeiro item, que os tratamentos térmicos e biológicos são duas alternativas que visam degradar os resíduos, e que em ambos os casos se apresentam prós e

contras que devem ser discutidos pela população e governantes, mas ambos os tratamentos são melhores do que os lixões e os aterros (TAN et al., 2015).

O segundo item busca um aperfeiçoamento nos métodos utilizados para gestão de resíduos sólidos, eliminando as falhas sistemáticas que pode haver em sua implementação. É comum que não se tenha uma vigilância efetiva em cada uma das fases, visto que não existe uma certificação, por exemplo, nos moldes da ISO para que se ampare os processos em sua completude (LAURENT et al., 2014b).

No terceiro item, como se apresenta uma dificuldade considerável em conciliar os interesses de diversos stakeholders e como são necessárias a adoção de procedimentos estratégicos, ou seja, com uma perspectiva de longo prazo, se faz necessário a proposição de métodos que sejam mensuráveis e que possam ser replicados em outros ambientes (GHIANI et al., 2014; SOLTANI et al., 2015). Neste item, abrange-se além do tratamento em si, a adoção das políticas públicas e o envolvimento da população (MOH; ABD MANAF, 2014).

No quarto item, busca-se alternativas para aproveitamento da energia produzida a partir dos resíduos, tanto a partir dos incineradores como a partir dos aterros (TAN et al., 2014). No quinto item busca-se o aproveitamento do excedente de resíduos visando a geração de negócios assim como poupar a extração de elementos da natureza para a geração de energia (LIM; LEE; WU, 2016; SOLTANI et al., 2015).

A análise de conteúdo indica uma forte convergência com os estudos bibliométricos, visto que os grupos de lacunas que mais obtiveram apontamentos foram o de novas alternativas de tratamentos térmico e biológico. A avaliação de ciclo de vida obteve destaque tanto nos estudos bibliométricos como a análise de conteúdo.

Também vale a pena observar que é bastante plausível a possibilidade de a gestão de resíduos sólidos estar passando por uma transição de autores de referência, visto que entre os principais pesquisadores identificados nos 15 artigos mais citados, nos últimos cinco anos, apenas dois deles fizeram parte da seleção que identificou os 10 autores mais citados nos últimos 14 anos, período este caracterizado pela 3ª fase (crescimento linear) da gestão de resíduos sólidos.

3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Nesta seção, iniciou-se uma breve compilação da teoria e, em seguida, apresentou-se a estrutura teórica dividida em cinco subseções, que foram identificadas e agrupadas conforme os 30 artigos que foram selecionados e estudados para a revisão sistemática da literatura. Estas subseções são os pilares Gestão Pública, Políticas Públicas, Soluções Ambientais e *Triple Bottom Line*; e Fatores Críticos, conforme critérios apresentados.

3.1 DEFINIÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS E ORGANIZAÇÃO DOS PILARES E DOS FATORES CRÍTICOS

A estimativa mundial de produção de resíduos sólidos anuais é de 190 milhões de toneladas (OFORI-BOATENG; LEE; MENSAH, 2013). Os métodos mais comuns de gestão de resíduos sólidos são: tratamento biológico, o tratamento térmico e os aterros, cujas finalidades são proteger o meio ambiente e conservar os recursos naturais (AGHAJANI et al., 2016). A sua importância é mais ampla do que a coleta de resíduo, pois também envolve as atividades de "transporte, processamento, reciclagem, descarte e materiais residuais" (BELIËN; DE BOECK; VAN ACKERE, 2014).

Os métodos mencionados buscam minimizar os impactos proporcionados pela urbanização, pelo aumento populacional e pela produção de riquezas, fatores estes que resultam em um aumento substancial na origem e no crescimento dos detritos no seio das cidades (FEI et al., 2016).

Um dos primeiros procedimentos a serem cumpridos na gestão de resíduos sólidos é a identificação para os locais mais apropriados para o descarte. A partir da escolha do local depositário de resíduos, possibilita-se que as etapas de alocação encontrem lastro em rotas de transporte eficiente (LIU et al., 2014). Os serviços de coleta de projeção regional, apresenta a execução diária ou no máximo a cada dois dias, absorvendo aproximadamente 70% da produção dos detritos (JOHARI et al., 2014).

Embora seja difícil a população perceber o ciclo completo destes serviços urbanos, a gestão de resíduos sólidos abrange "todas as atividades, desde a geração até o descarte final", e tem a sua definição como o "controle, geração, armazenamento, coleta, transferência e transporte, processamento e disposição de resíduos sólidos" (JOHARI et al., 2014).

A dificuldade da gestão de resíduos sólidos ocorre pela heterogeneidade de sua composição, constituídos por uma fração orgânica e outra fração não orgânica (AL-SALEM

et al., 2014). Além dos compostos que sejam identificáveis, que possuem lixeiras com cores personalizadas para o descarte, existem muitos elementos de difícil caracterização (MIEZAH et al., 2015).

Além da heterogeneidade, a quantidade de resíduo cresce pelo aumento do consumo, assim como pelas mudanças de hábito, reverberando em complexos desafios para os municípios lidarem com os seus respectivos resíduos sólidos (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017). A melhor prática de gestão de resíduos sólidos que pode ser utilizada em termos de sustentabilidade é a reciclagem (TAN et al., 2014). A reciclagem de resíduos sólidos faz parte do campo da logística reversa, desde produtos sem utilização como os produtos que podem retornar ao mercado (BING et al., 2016). A compostagem, que é a reciclagem apenas dos resíduos orgânicos, é a decomposição por microrganismo em ambiente com umidade, de características aeróbicas e digestão anaeróbicas (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

As alternativas mais utilizadas para a realização da gestão de resíduos sólidos são os aterros sanitários, que se consiste na instalação projetada para o descarte seguro de resíduos sólidos (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015); os incineradores de resíduos, considerada como um tratamento de recuperação ao invés de descarte (CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2014).

Enquanto Tozlu, Özahi e Abuşoğlu (2016) demonstram-se favorável a adoção da implementação dos aterros, visando o aproveitamento de energia, Cucchiella, D'adamo e Gastaldi (2014) discordam, por sugerir que a incineração seja mais eficiente contra os efeitos negativos do chorume e das emissões dos gases produzidos em relação à principal prática concorrente.

Para haver um impulso na eficiência de gestão de resíduos, inserindo as tecnologias que sejam mais viáveis para o meio-ambiente e população, necessita-se que o poder público adote metas locais e regionais, com a realização de planos para estas execuções, e não somente se concentrar nos procedimentos voltados às estratégias de tratamento e na localização dos estabelecimentos, pois estas práticas não proporcionarão as bases necessárias para uma mudança de paradigma a partir do âmbito legal (SOLTANI et al, 2015).

Quando há o sincronismo entre as práticas recorrentes e metas estratégicas é possível estimar a quantidade de resíduo produzida, provisionar as tecnologias para tratamento, triar o espaço para instalações, estimar a capacidade das estruturas dispostas, construir as unidades operativas, programar o sistema de execução dos serviços e realizar o transporte dos resíduos (TAN et al., 2014). Permite-se também, uma redução do sistema informal de reciclagem, com

fornecimento de apoio econômico e estrutural aos profissionais desse segmento (FEI et al., 2016).

Percebe-se uma priorização de reciclagem em itens como papel, vidro, plástico e metais, principalmente pela organização de catadores de materiais, motivado pelo retorno financeiro que os respectivos itens proporcionam, embora o fato de que os resíduos com pouco ou nenhum valor agregado, tornam-se antagonistas para os diversos interlocutores do cenário público e privado (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

A partir da convergência de esforços e da amenização dos conflitos por interesses, a busca pelo tratamento adequado dos descartes resulta em geração de energia e em recuperação de subprodutos com valor agregado, que podem ser associados à materiais como o concreto (BOATENG; LEE; MENSAH, 2013; TAN et al., 2014).

Ainda no caso dos países principalmente desenvolvidos, há o envolvimento ativo das organizações empresariais geradoras de resíduos, como integrantes acoplados dessa engrenagem; enquanto os países em desenvolvimento têm uma parcela significativa da população que obtém renda de reciclados, o que dificulta a imposição de uma legislação que possa combater a informalidade presente no setor (FEI et al., 2016).

A falta de resolução por parte do poder público em relação aos procedimentos de descarte de resíduos, acaba acarretando no despejo de resíduo nas periferias, impactando negativamente no meio-ambiente e na saúde humana, principalmente nas pessoas com menor poder aquisitivo (RAVINDRA; KAUR; MOR, 2015).

A gestão de resíduos sólidos eficiente é fundamental para equilibrar diversos os fatores apresentados brevemente, se desdobrando em um cenário em que a população possa ter uma vida digna e saudável (GOUVEIA, 2012). Vale lembrar que a articulação dos governantes junto aos seus cidadãos é um dos principais investimentos para dirimir e atenuar os impactos mais drásticos causada pela ineficiência da gestão de resíduos, que acaba custando a qualidade de vida de sua população (WORLD BANK GROUP, 2018).

Para que os temas mais relevantes sobre a gestão de resíduos sólidos pudessem ser mais bem organizados e compreendidos, buscou-se identificar os aspectos mais impactantes no tema pesquisado. Para isso, utilizou-se os artigos mais importantes que contivessem a “gestão de resíduos sólidos” presente na base de dados da *Scopus*, para realização de uma análise de conteúdo setorizada, como segue na próxima subseção.

A partir das pesquisas realizadas com os 30 artigos mais citados sobre a gestão de resíduos entre 2014 e 2018, identificou-se os 136 itens (presentes nos Quadros 8, 9, 10, 11 e 12) mais preponderantes que foram detectados na literatura sobre o tema, conforme o Quadro

7. A partir dos itens mencionados, houve um agrupamento em 28 elementos distintos, conforme a semelhança que existisse entre os mesmos. Por sua vez, os 28 elementos foram distribuídos em quatro pilares e em um grupo de fatores críticos, identificados no Apêndice A e também ilustrados na Figura 10.

Quadro 7 - 30 artigos mais citados sobre a gestão de resíduos sólidos (2004-2018)
(continua)

Autor	Título	Periódico
Laurent et al. (2014)	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part I: Lessons learned and perspectives	Waste Management
Laurent et al. (2014)	Review of LCA studies of solid waste management systems - Part II: Methodological guidance for a better practice	Waste Management
Lim et al. (2016)	Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis	Journal of Cleaner Production
Chen et al. (2014)	Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review	Waste Management
Soltani et al. (2015)	Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review	Waste Management
Ghiani et al. (2014)	Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues	Computers and Operations Research
Edjabou et al. (2015)	Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation	Waste Management
Tan et al. (2015)	Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia	Energy Conversion and Management
Al-Salem et al. (2017)	A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW)	Journal of Environmental Management
Erses Yay (2015)	Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: A case study of Sakarya	Journal of Cleaner Production
Allesch et al. (2014)	Assessment methods for solid waste management: A literature review	Waste Management and Research
Agyeman et al. (2014)	Anaerobic co-digestion of food waste and dairy manure: Effects offood waste particle size and organic loading rate	Journal of Environmental Management
Torretta et al. (2015)	Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review	Waste Management
Moh et al. (2014)	Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia	Resources, Conservation and Recycling
Abd El-Salam et al. (2015)	Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt	Journal of Advanced Research
Alibardi et al. (2015)	Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials	Waste Management
Miezah et al. (2015)	Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana	Waste Management
Gupta et al. (2015)	A review on current status of municipal solid waste management in India	Journal of Environmental Sciences
Tan et al. (2014)	Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia	Applied Energy
Naveen et al. (2017)	Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate	Environmental Pollution
Nabavi-Pelesaraei et al. (2017)	Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management - A case study in Tehran Metropolis of Iran	Journal of Cleaner Production
Ariunbaatar et al. (2014)	Enhanced anaerobic digestion of food waste by thermal and ozonation pretreatment methods	Journal of Environmental Management
Das et al. (2015)	Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes	Waste Management
Wilson et al. (2015)	'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities	Waste Management
Aghajani et al. (2016)	Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model	Journal of Environmental Management
Liu et al. (2014)	Site selection in waste management by the VIKOR method using linguistic assessment	Applied Soft Computing Journal

Quadro 7 - 30 artigos mais citados sobre a gestão de resíduos sólidos (2004-2018)

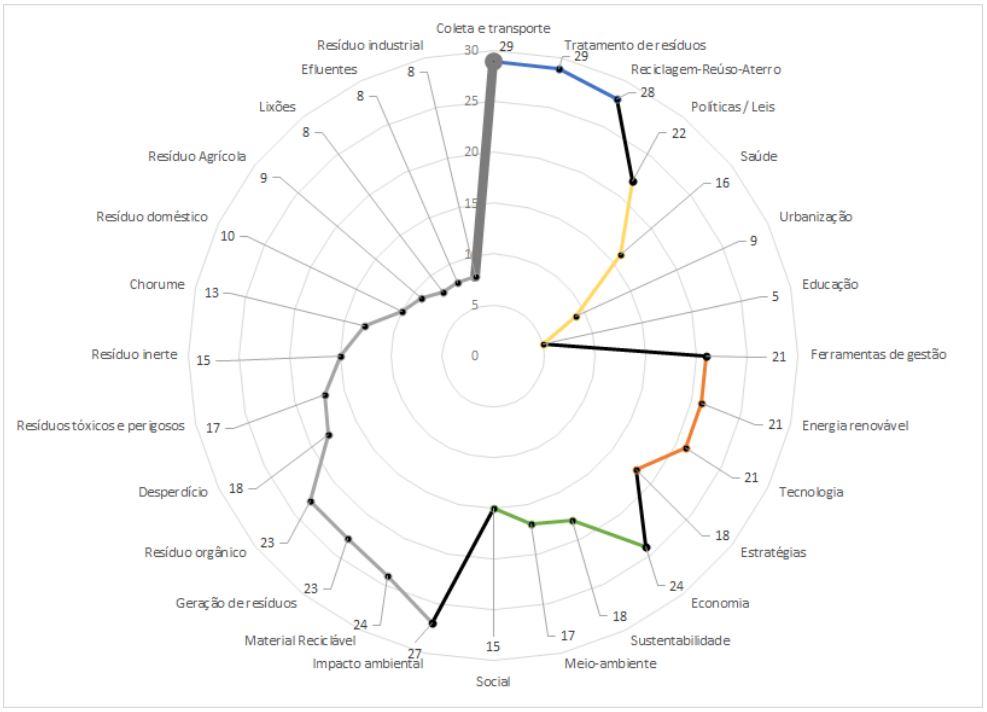
(conclusão)

Wu et al. (2014)	Biotransformation of biodegradable solid wastes into organic fertilizers using composting or/and Vermicomposting	Chemical Engineering Transactions
Rada et al. (2014)	Selective collection as a pretreatment for indirect solid recovered fuel generation	Waste Management
Basso et al. (2015)	Hydrothermal carbonization of off-specification compost: A byproduct of the organic municipal solid waste treatment	Bioresource Technology
Fernández-Nava et al. (2014)	Life cycle assessment of different municipal solid waste management options: A case study of Asturias (Spain)	Journal of Cleaner Production

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Conforme a Figura 10, os pilares formados conforme a revisão bibliográfica foram: gestão pública (destacados em azul), políticas públicas (amarelo), soluções ambientais (laranja) e TBL (verde). Nesses termos, segue a apresentação da frequência em que cada um dos 15 elementos agrupados em quatro pilares e os 13 elementos juntados em um grupo de fatores críticos (com destaque na cor cinza) obtiveram no decorrer dos 30 artigos selecionados.

Figura 10- Frequência de apontamentos dos respectivos elementos nos artigos pesquisados



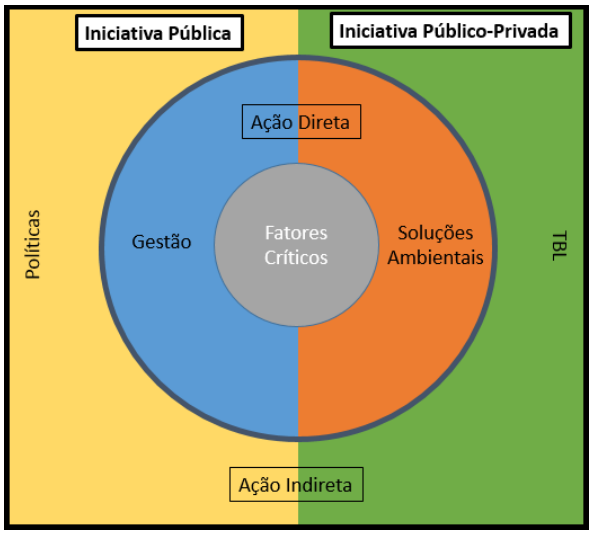
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Os cinco grupos formados, conforme o parágrafo acima, serviram como base aos subcapítulos posteriores, com a titulação de cada um dos pilares e o grupo de fatores críticos.

Os respectivos autores foram elencados nos grupos, disponível nas informações dos quadros que cada subcapítulo apresenta, com a descrição individual dos elementos apresentados.

Para ilustrar os pilares e o grupo de fatores críticos, elaborou-se uma estrutura teórica que contivesse as funcionalidades e a participação de cada um, conforme a Figura 11. A primeira observação que foi possível realizar é que todos os pilares buscam a mitigação dos "Fatores Críticos", diminuindo principalmente os prejuízos ambientais e sociais desses elementos. Com a organização dos quatro pilares mencionados, verificou-se que a "Gestão Pública" e "Políticas Públicas" dependem única e exclusivamente de ações providenciadas pelo setor público. Já nos pilares "Soluções Ambientais" e "TBL", tanto as iniciativas pública ou privada podem instrumentalizar ações com o intuito de equacionar os problemas ambientais impactados pela gestão de resíduos sólidos.

Figura 11- Sistematização dos pilares dos fatores críticos da gestão de resíduos sólidos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

As ações diretas dizem respeito às contribuições em que uma intervenção tanto pela "Iniciativa Pública" como pela "Iniciativa Público-Privada" pode proporcionar em uma gestão de resíduos sólidos eficiente. No primeiro caso seria instrumentalizada pela Gestão Pública, e, no segundo caso, por meio das Soluções Ambientais (ESPUNY; REIS; OLIVEIRA, 2019).

As Ações Indiretas são desempenhadas por aspectos involuntários, mas de muita importância na atuação contra os "Fatores Críticos", na busca que os *stakeholders* percorrem para obter um equilíbrio de uma gestão de resíduos sólidos. Essas ações se dão por meio das Políticas Públicas, cabendo exclusivamente a mediação do Estado, e pelo TBL, que poderia

tanto ser fomentada pelo Estado como induzida pelo setor privado (ESPUNY; REIS; OLIVEIRA, 2019).

Na próxima subseção segue a apresentação dos grupos, conforme a organização dos quatro pilares mencionados: Gestão Pública, Políticas Públicas, Soluções Ambientais e TBL; e dos Fatores Críticos.

3.2 GESTÃO PÚBLICA

A gestão de resíduos sólidos passa por três etapas essenciais. A primeira etapa aborda a coleta e o transporte dos resíduos. A segunda etapa é composta pela realização do tratamento de resíduos e a terceira etapa refere-se à destinação final dos resíduos, que podem ser encaminhados a reciclagem, a reutilização ou a destinação de um aterro, conforme o Quadro 8.

Estes serviços que estão diretamente relacionados com a gestão de resíduos sólidos foram alocados em Gestão Pública, pela responsabilidade prevista pela Lei 12.305/2010 dos municípios serem responsáveis pelo manejo do RSU (MAIELLO et al., 2018). Mesmo que os serviços elencados neste pilar sejam executados pelo setor privado, trata-se de uma demanda que deverá ter a intervenção e/ou contratação por parte das autoridades públicas que estiverem controlando uma determinada jurisdição (KLEIN et al., 2018).

Quadro 8 - Elementos da Gestão Pública

(continua)

Elementos	Termos Utilizados	Autores
Coleta e Transporte de resíduos	Armazenamento, Coleta, Estação de transferência de resíduos, Fração de resíduos, Locais de instalação, Rotas de gestão de resíduos, Transporte e Triagem	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Tratamento de resíduos	Compostagem, Compostagem, Industrial, Digestão anaeróbia, Estação de tratamento de resíduos, Gaseificação, Incineração, Pirólise, Recuperação de materiais, Separação, Tratamento, Tratamento Biológico, Tratamento de resíduos, Tratamento mecânico, Tratamento térmico e Vermi-compostagem	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)

Quadro 8 - Elementos da Gestão Pública

(conclusão)

Elementos	Termos Utilizados	Autores
RUL-Reciclagem-Utilização-Aterro	Aterro, Cinzas de fundo, Composto Orgânico, Disposição de resíduos, Eliminação, RDF, Reciclagem, Recuperação de aterro, Resíduos finais e Reutilização	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

A coleta e o transporte são procedimentos essenciais para que a triagem de resíduos, etapa antecessora elementar para o sucesso do tratamento ou da disposição do RSU, tenham resultados satisfatórios (ALLESCH, 2014; LIM; LEE; WU, 2016). Os termos que foram identificados neste elemento, indicado no Quadro 7, fazem parte do rol de ações logísticas que costumam ser implementados pelo departamento público incumbido de realizar o gerenciamento de resíduos (FERRI; DINIZ CHAVES; RIBEIRO, 2015; WU et al., 2014).

Os países que são mais desenvolvidos e os países em desenvolvimento possuem questões peculiares relacionada à coleta. Enquanto os primeiros possuem uma complexidade logística maior em seus processos em função da variabilidade maior de resíduos, com um percentual maior de resíduos eletrônicos, o segundo grupo possui uma heterogeneidade menor, composto predominantemente de resíduos orgânicos, mas possuem recursos mais limitados que podem ser destinado à estrutura de coleta (LIM; LEE; WU, 2015).

A coleta de resíduos abarca o transporte e essa fase costuma a ser finalizada quando o veículo destinado a realizar o serviço retorna ao local de origem (DEL RÍO et al., 2014). Um transporte eficiente de resíduos consiste-se na realização de roteiros de coleta que estipule a alternância do recolhimento de resíduos orgânicos e dos resíduos recicláveis, levando-os às respectivas instalações de tratamento (DEL RÍO et al., 2014; GOUVEIA, 2012; WU et al., 2014). Se não houver um ações das autoridades competentes em roteirizar a coleto e o transporte, corre-se o risco de uma determinada região ter um acúmulo de resíduos espalhados por sua respectiva jurisdição (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

Os resíduos podem ser submetidos a tratamentos que objetivem recuperar os materiais recicláveis, aproveitar a energia dos resíduos ou ainda melhorar suas características (RADA; ISTRATE; RAGAZZI, 2009). Eles podem ser tratamentos mecânico, térmico ou biológico. Vale lembrar que as formas de tratamento poderão ser isoladas ou combinadas entre si (CHRISTENSEN, 2011). O tratamento mecânico envolve redução de tamanho, classificação e

compactação dos resíduos sólidos, e consiste basicamente em operações unitárias que alteram as suas características físicas embora não alterem as características químicas do resíduo (CHRISTENSEN, 2011).

O tratamento mecânico pode ser dividido da seguinte forma: elemento “combustível”, conhecido como combustível derivado de refugo (RDF); elemento “úmido”, produzidos a partir dos resíduos orgânicos e o elemento “mineral”, que são encaminhados aos aterros (PANEPINTO; BLENGINI; GENON, 2015).

O tratamento térmico visa a redução do volume de resíduos por meio da alta temperatura, tornando os patógenos em produtos químicos inofensivos. Este procedimento é realizado principalmente por meio da incineração, gaseificação e da pirólise (YAN et al., 2016). A incineração de resíduos é a conversão térmica dos resíduos em calor, com um excedente de ar que permite a liberação de gás de combustão lançado na atmosfera (CHRISTENSEN, 2011).

A gaseificação é um processo parcial de oxidação termoquímica que converte os resíduos sólidos em gases combustíveis (ARENA, 2012; TORRETTA et al., 2015). A pirólise é um método que produz uma série de hidrocarbonetos, permitindo uma redução da dependência de combustíveis fósseis e uma possível resolução dos problemas de aterro (CHEN et al., 2014).

O tratamento biológico é aplicado em resíduos orgânicos e são realizados principalmente pela compostagem e digestão aeróbica (COLÓN et al., 2012). A compostagem é um procedimento sustentável e limpo que pode ser associada a técnicas de aeração intermitentes e de inserção de minhocas (vermi-compostagem) visando a redução de gás carbônico (LIM; LEE; WU, 2015; YAY, 2015).

A prática da digestão anaeróbica envolve a degradação e estabilização de materiais orgânicos em condições anaeróbicas e se trata de uma técnica atraente por possibilitar os controles de poluição e de recuperação de energia (MO; WEN; CHEN, 2009). A escolha do tipo de tratamento de resíduos sólidos varia conforme as prioridades dos gestores públicos e da disponibilidade de tecnologia em que uma região oferta (YAY, 2015; TAN, et al. 2015).

A última etapa da gestão de resíduos sólidos é denominada como RUL, composta pelas palavras *Recyling* (reciclagem), *Utilization* (reutilização) e *Landfills* (aterros). O objetivo desta fase é aproveitar e encontrar uma possível utilidade aos resíduos que foram eliminados ou ainda descartá-los de maneira segura de uma forma que possam ser acondicionados por séculos (CHRISTENSEN, 2011).

A reciclagem se consiste na utilização de mesmos materiais descartados para a produção de um item similar (CHRISTENSEN, 2011; LIM; LEE; WU, 2016). É um procedimento fundamental para a diminuição de itens como papel, vidro, metal e plástico tanto nos aterros como na extração de matéria prima para retroalimentar a fabricação (KLEIN et al., 2018; LIM; LEE; WU, 2016). Tem uma grande contribuição dos trabalhadores informais, que buscam os resíduos e os entregam para o setor produtivo (DAS; BHATTACHARYYA, 2015).

A utilização diz respeito aos resíduos que podem ter aplicações distintas de sua origem pré-concebida principalmente na forma de energia ou de produtos (CHRISTENSEN, 2011). Ao utilizar o potencial energético dos resíduos, possibilita-se a diminuição de seu volume e ao mesmo tempo mitiga-se os problemas de emissão de gases de efeito estufa (GEE) na natureza (TAN et al., 2015). Pode-se utilizar os resíduos orgânicos para a produção de fertilizantes e os plásticos de baixa qualidade para produzir *pallet* para transportes (CHRISTENSEN, 2011; LIM; LEE; WU, 2016).

Os aterros têm sido a estrutura mais utilizada como disposição de resíduos no mundo, em especial nos países em desenvolvimento (YAY, 2015; GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015). Para não prejudicar o meio-ambiente, devem ser submetidos a tratamentos constantes dos lixiviados que são produzidos a partir dos resíduos orgânicos, pelo potencial de contaminação ao solo e de produção de GEE (WU et al., 2014). Para tanto, na implementação de um aterro, deve-se ter muito cuidado com os forros e com a tampa superior para que sejam minimizados problemas ambientais que possam comprometer os locais em que estão instalados (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS

A importância de inserção das políticas públicas no universo da gestão de resíduos sólidos é fomentar ações que possam diminuir problemas relacionados à saúde e ao meio-ambiente, para auxiliar na mitigação das mudanças climáticas decorrentes da ação humana e ao mesmo tempo promover a inclusão social por meio da educação e de uma gestão adequada do território urbano (GOUVEIA, 2012; PINTO et al., 2017; SCHUELER et al., 2018).

Conforme o Quadro 9, os principais elementos identificados a partir dos artigos expoentes da gestão de resíduos sólidos foram “políticas / leis”, “saúde”, “urbanização” e “educação”.

Quadro 9 - Elementos das Políticas Públicas

Elementos	Termos Utilizados	Autores
Políticas / Leis	Agentes políticos, Concessionária privada, Directiva 2008, Legislação e Limpeza pública	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (DAS;BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Saúde	Doenças, Higiene, Impactos de toxicidade, Saúde Humana e Substâncias Perigosas	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (WILSON et al., 2015), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014)
Urbanização	Urbanização	(LAURENT et al., 2014a), (LIM; LEE; WU, 2016), (GHIANI et al., 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NAVEEN et al., 2017), (WU et al., 2014)
Educação	Educação	(YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (WILSON et al., 2015)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

A gestão de resíduos sólidos é regulamentada a partir de legislações que estabelecem as obrigações dos órgãos públicos, cidadãos, empresas e demais stakeholders e que cobrem o seu cumprimento (BING et al. 2016). A criação e promulgação de leis visam a adequação do gerenciamento de resíduos a elementos de sustentabilidade, buscando facilitar sua integração a outros serviços do município, como a limpeza urbana, a administração da saúde pública e a preservação ambiental (CHRISTENSEN, 2011).

Diversas nações instituíram legislações semelhantes com o objetivo de regulamentar e uniformizar os processos de gestão de resíduos, com previsões sobre o *modus operandi* a ser implementado e as definições protetivas que os Estados devem prezar (RAJAEIFAR et al., 2015).

Existe uma variação significativa da composição e execução das leis entre as nações. Por exemplo, a Alemanha implementou leis mais rigorosas do que as vigentes nos demais países da união europeia (MÜHLE; BALSAM; CHEESEMAN, 2010). Há países que iniciaram a implementação de leis voltadas aos resíduos sólidos a partir de 2000, como o Japão, enquanto no Brasil a primeira lei nacional foi sancionada apenas em 2010 (BONJARDIM; DA SILVA PEREIRA; GUARDABASSIO, 2018; SHEKDAR, 2009).

A Directiva 75/442 proposta pela antiga Comunidade Econômica Européia (PARLAMENTO EUROPEU, 2004; PINHEIRO et al., 2014), apresentou a hierarquia de resíduos com a intenção de estabelecer as prioridades nas políticas públicas a serem adotadas pelos países europeus (CUCCHIELLA; D'ADAMO; GASTALDI, 2014). A proposta deste estudo era que fizesse uma reflexão sobre a necessidade de geração de resíduos a partir do

consumo. Se fosse inevitável, uma diminuição, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e pôr fim a disposição adequada.

As regulamentações e legislações permitem que as empresas e os seus *stakeholders* tenham os seus deveres instituídos, fomentando atribuições de responsabilidades e de fiscalização (FERRI; DINIZ CHAVES; RIBEIRO, 2015). O tipo do tratamento dos resíduos deve ser escolhido objetivando reduzir ao máximo os danos ambientais e os problemas de saúde pública (LI; ZHAO, 2015).

O mau gerenciamento dos resíduos sólidos pode impactar a saúde da população sob diversas formas (DEL RÍO et al., 2014). A falta de controle de um aterro sanitário, pode incorrer na poluição da água e do solo, impactando a saúde por meio de contaminação de potássio e de metais pesados como níquel e zinco (NAVEEN et al., 2017).

Pode haver a transmissão de doenças por meio de insetos e de roedores, atraídos pelos resíduos espalhados ou concentrados de maneira inapropriada pelo espaço urbano (YAY, 2015). Muitos estudos realizados relacionam o bom desempenho da saúde pública com bons indicadores sociais, econômicos e ambientais (ALLESCH; BRUNNER, 2014).

As administração pública encontra muita dificuldade em equacionar a gestão de resíduos dentro do panorama do planejamento urbano (SCHUELER et al., 2018). As cidades devem buscar os melhores meios para disponibilizar os pontos de coleta, no espaço urbano, para a roteirização de transportes serem otimizadas, evitando acúmulos de resíduos e custos elevados aos contribuintes (DAS; BHATTACHARYYA, 2015).

É uma tendência natural entre as cidades que se desenvolvem economicamente terem a necessidade de incorporarem meios mais organizados para absorverem a quantidade e a complexidade de resíduos que a rotina regional passa a exigir com o cenário de prosperidade (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

Além dos cuidados de planejamento urbano envolvendo questões sociais e econômicas, há de ser considerado os aspectos geográficos das regiões, pois nos ambientes que apresentarem declives e instabilidade pode-se contaminar regiões, por meio do lixiviado, lugares com a altitude mais baixa (NAVEEN et al., 2017).

O nível educacional da população pode ser um fator muito importante no que diz respeito sobre as ações conscientes voltadas à gestão ambiental, englobando inclusive a gestão de resíduos sólidos (MIEZAH et al., 2015a; PINHEIRO et al., 2014). Ações educativas têm-se provado muito eficientes para a separação dos resíduos na fonte e para percepção da necessidade da reciclagem (YAY, 2015).

A respeito da educação ambiental, conforme o Artigo 19 da Lei 12.305/2010, que versa sobre o conteúdo mínimo que deve conter a elaboração dos Planos Municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, consta no inciso X: é previsto “programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos” (COSTA et al., 2018).

3.4 SOLUÇÕES AMBIENTAIS

Abrange-se nessa subseção, os elementos que podem contribuir para um desempenho mais efetivo na gestão de resíduos sólidos, por meio do aproveitamento das ferramentas de gestão, da energia renovável, das tecnologias e das estratégias, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Elementos das Soluções Ambientais

Elementos	Termos Utilizados	Autores
Ferramentas de gestão	AHP, Análise de cenário, Análise de Sensibilidade, ANP, Apoio a tomada de decisão, Avaliação do Ciclo de Vida, ELECTRE, Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Indicadores Inventário do Ciclo de Vida, Normas ISO, MCDA, Sistema de gestão de resíduos sólidos, TOPSIS, VIKOR	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Energia renovável	Biogás, Biomassa, Biometização, Energia renovável, Recuperação de Energia, WTE	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (BASSO et al., 2015)
Tecnologia	Tecnologia	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015)
Estratégia	Estratégias, Hierarquia de Resíduos, Minimização de resíduos, Redução de recursos	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (SOLTANI et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (TAN et al., 2014), (NAVEEN et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014)

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2020).

Entre as ferramentas utilizadas para gestão de resíduos sólidos, importantes para serem adotadas em tomadas de decisão, destacam-se a Análise de Custo Benefício (CBA), Tomada de Decisão Multicritérios (MDCM), Avaliação de Risco (RA), Benchmarking e, principalmente, Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) (ALLESCH; BRUNNER, 2014). Elas podem permitir a quantificação de impactos ambientais e auxiliar na elaboração de estratégias para sua mitigação. As utilizações dessas ferramentas são mais presentes nos países europeus e se houvesse uma aplicação maior nos países em desenvolvimento, essas nações poderiam ter uma diminuição significativa dos impactos socioambientais (ANGELO et al., 2017; LAURENT et al., 2014a).

Na Análise de Custo Benefício, leva-se em conta os fatores que podem proporcionar bem-estar ao ser humano, tocante ao benefício, e as questões que podem diminuir esse mesmo bem-estar, no caso, o custo, transformando ambos os adjetivos em padrões monetários (ALLESCH; BRUNNER, 2014). A Tomada de Decisão Multicritério, proporciona um modelo matemático considerando uma série de critérios conflitantes buscando meios decisórios com um maior embasamento aos envolvidos na gestão de resíduos sólidos (SOLTANI et al., 2015).

A Análise de Risco é uma ferramenta para mensurar o desempenho individual, departamental e global em uma organização e costuma a ser aplicada nas estações de tratamento de resíduos (ALLESCH; BRUNNER, 2014). O Benchmarking permite o intercâmbio de informações intermunicipais para a análise de boas práticas, com vistas de implementar melhorias na gestão de resíduos sólidos (WILSON et al., 2015). O LCA tem uma contribuição significativa em extrair informações locais e quantificar a performance ambiental de uma determinada região quanto à gestão de resíduos sólidos (LAURENT et al., 2014b).

Em relação à energia renovável, principalmente a partir da recuperação de energia dos resíduos, adotam-se principalmente a utilização do biogás, liberado na forma de gás de metano a partir dos resíduos orgânicos em aterros, ou por meio da produção de calor gerado pelos incineradores, denominado como WTE (*waste-to-energy*) (DEL RÍO et al., 2014; TAN et al., 2015a).

A energia renovável é uma opção significativa que pode proporcionar às diversas estações de tratamento a possibilidade de substituição da energia fóssil e da diminuição de gás carbônico (TAN et al., 2015). Cita-se na literatura, também, a presença da biomassa, como um composto formulado de produtos orgânicos que podem ser adicionados no plástico,

tornando-os materiais com um nível de degradação mais favorável ao meio ambiente (AL-SALEM et al., 2017).

O elemento tecnologia, torna-se relevante neste campo de estudo, por ser um agente capaz de diminuir o passivo proporcionado pelos resíduos sólidos (SOLTANI et al., 2015). Cada região deve escolher um rol apropriado de tecnologias que sejam suportados por suas condições ambientais, econômicas e sociais com a perspectiva de gerar resultados favoráveis a uma gestão de resíduos sólidos para determinada população (YAY, 2015; TORRETTA et al., 2015).

Quanto maior a tecnologia for aplicada no processamento de triagem dos resíduos, uma quantidade menor de resíduo será destinada aos aterros (SCHUELER et al., 2018). Resultados expressivos da utilização de biotecnologias no tratamento de resíduos se mostra por meio vermi-compostagem, com resultados consistentes na diminuição de gases de efeito estufa (LIM; LEE; WU, 2015).

A estratégia mais importante voltada à gestão de resíduos sólidos foi a instituída pela Diretiva da União Europeia denominada hierarquia de resíduos, estabelecendo a ordem de: (1) prevenir o consumo, (2) preparação para reutilização. (3) reciclagem, (4) recuperação energética (5) disposição final em aterro sanitário (ALLESCH; BRUNNER, 2014). Essa estratégia busca preservar os recursos naturais e a ocupação desorientada de terras com intuito de amontoar resíduos (LIM; LEE; WU, 2016).

As autoridades municipais têm se empenhado em buscar estratégias principalmente para a redução do custo operacional com o serviço da gestão de resíduos e para equacionar os custos de transportes, prioritariamente nos centros urbanos (DAS; BHATTACHARYYA, 2015). Os estudos do tema, com uma proposta mais abrangente do que a dos interesses dos gestores, têm demonstrado que o planejamento estratégico mais integrado está resultando em operações mais eficientes no gerenciamento de resíduos (YAY, 2015).

Para haver uma estratégia que consiga contemplar as diversas peculiaridades e complexidade que a gestão de resíduos sólidos requer é fundamental que sejam ouvidos os participantes da região, com vistas na formatação de um projeto que seja realmente exequível para a determinada localidade (SOLTANI et al., 2015).

3.5 TBL

O termo TBL, tem como significado "*Triple Bottom Line*" que abrange diversos indicadores que contemplam as dimensões econômica, ambiental e social no contexto da sustentabilidade (ELKINGTON, 1997).

Nesta subseção, aborda-se os temas que têm uma participação indireta na gestão de resíduos sólidos, mas que são fundamentais para que não haja degradação do meio-ambiente, que não prejudique a rotina urbana e não seja um vetor de contaminação de doenças à sociedade. Inclui-se também a inserção da economia no contexto dos resíduos sólidos, para que o gerenciamento possa mobilizar famílias na coleta de resíduos e na reciclagem, contribuindo com o acúmulo de resíduo nas cidades.

Optou-se por elencar cada um dos elementos da sustentabilidade separados (economia, meio-ambiente, social), e por mencionar o termo "sustentabilidade" (o que de uma maneira tácita poderia soar como uma redundância), pelo fato de constar assuntos relevantes de ambas as maneiras na literatura. O fato da disposição da ordem que apresentada no Quadro 11 foi a ordem de frequência que pode ser vista no Apêndice B.

Quadro 11 - Elementos do TBL

Elementos	Termos Utilizados	Autores
Economia	Aspectos econômicos, Catador de lixo, Estimativas de custos, Reciclagem Informal	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Sustentabilidade	Sustentabilidade	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (SOLTANI et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014)
Meio-ambiente	Ecologia / Ecossistema, Meio ambiente, Recursos Naturais	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (TORRETTA et al., 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014)
Social	Riscos Sociais, Comportamento dos cidadãos, Expansão da população, Stakeholders	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (SOLTANI et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014)

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2020).

O elemento “economia” tem uma grande representatividade na questão dos resíduos, pois dependendo do desenvolvimento econômico de uma localidade vai resultar em uma determinada geração e composição dos resíduos (WU et al., 2014). Este elemento também vai permear as decisões da escolha de opções de transporte e tratamento de resíduos, considerando o orçamento previsto por uma unidade pública responsável por essa gestão (ALLESCH; BRUNNER, 2014). Se não houver um detalhamento no custo de operacionalização do tratamento, buscando prever instalações, equipamentos, volume de materiais e estimativas financeiras, um projeto pode não alcançar a sua finalidade social (LIM; LEE; WU, 2015).

Abarca-se também a economia informal e formação de cooperativas, atividades que possibilitam a geração de renda a uma parte da população carente, que desempenham a reciclagem de materiais, função esta muito importante para a diminuição de resíduos no meio-ambiente (BONJARDIM; DA SILVA PEREIRA; GUARDABASSIO, 2018; DAS; BHATTACHARYYA, 2015; GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015; LAURENT et al., 2014a).

O elemento sustentabilidade busca alinhar os conceitos ambientais, sociais e econômicos de maneira convergente ao tratamento dos resíduos sólidos, de maneira que os resíduos não impactem de forma negativa nessa tríade (TAN et al., 2015). Em muitos estudos que se propõe a analisar a gestão de resíduos sólidos, sob a perspectiva sustentável, acabam por mencionar apenas uma ou duas vertentes da sustentabilidade (ALLESCH; BRUNNER, 2014).

Essa falta de alicerce teórico pode até corroborar o fato da sustentabilidade, de fato, estar mais em uma fase de teste do que ser uma realidade consumada nas regiões urbanas (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015). Além de ser um norte que impulsiona a maior parte das partes interessadas da gestão de resíduos sólidos, o tripé da sustentabilidade serve como base para a elaboração da maioria dos indicadores de eficiência (SOLTANI et al., 2015).

O meio-ambiente é o principal “bem” que a gestão de resíduos sólidos deve conservar, mantendo a perenidade dos recursos naturais (AGHAJANI et al., 2016). A contaminação dos ecossistemas terrestres e aquáticos por meio de compostos aromáticos, compostos halogênicos, fenóis, metais pesados, chorume e amônio são ameaças que colocam riscos a alimentação e a saúde de diversas formas de vidas tanto humana quanto de outras espécies animais (NAVEEN et al., 2017).

O aumento expressivo da produção de resíduos sólidos, em especial os urbanos, não conseguem ser assimilados pela natureza e pelos esforços de gestão por parte das autoridades

(TAN et al., 2015a). Os fenômenos que têm mais causado prejuízos ao meio ambiente são o aquecimento global, a eutrofização e acidificação (LIM; LEE; WU, 2016).

O elemento “social” tem relação na gestão de resíduos sólidos principalmente pelo fato da sociedade impactar na geração de resíduos sólidos e ao mesmo tempo perceberem as consequências dos resíduos em seu bem-estar cotidiano (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017b; SOLTANI et al., 2015). De acordo com a localização e a faixa de renda, os impactos sociais podem ser diferentes, pela estrutura urbana dos bairros de classe mais alta terem uma logística e saneamento mais adequados do que os bairros de classes mais baixas (MIEZAH et al., 2015).

Os aspectos sociais que vão ter reflexos diretos na gestão de resíduos sólidos são mercado de trabalho, governança, ética, sistema de segurança, sistema de educação e cultura, saúde pública e segurança e para que haja um benefício estendido à sociedade, de fato, é imprescindível que o RSU contemple a aceitabilidade social, a equidade social e a função social para as pessoas que estejam sob à jurisdição de uma determinada administração pública (ALLESCH; BRUNNER, 2014).

3.6 FATORES CRÍTICOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os fatores críticos da gestão de resíduos sólidos agrupam os elementos que evidenciam dificuldades para a realização adequada do gerenciamento do resíduo, concentrando os problemas mais recorrentes que foram identificados na literatura, desde as especificidades relacionadas a determinados tipos de materiais como as derivações que o manejo dos resíduos impacta.

Conforme o Quadro 12, demonstra-se os principais fatores críticos identificados a partir dos artigos que serviram de base para o estudo.

Quadro 2- Elementos dos Fatores Críticos

Elementos	Termos Utilizados	Autores
Impacto Ambiental	Acidificação, Água subterrânea, Água de superfície, Contaminação do solo, Contaminação de água, Efeito Estufa, Emissão de gases, Esgotamento de matéria prima, Gases de Efeito Estufa, Impacto Ambiental, Mudança climática, Odor, Poluição e Riscos Ambientais	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015)
Material reciclável	Alumínio, Borracha, Couro, Embalagens, Madeira, Metais, Papel, Plástico e Vidro	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (WILSON et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Geração de resíduos	Classificação, Composição de Resíduos e Geração de resíduos	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (SOLTANI et al., 2015), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015)
Resíduo Orgânico	Estrume, Resíduos Alimentares, Resíduos Biodegradáveis, Resíduos de Jardim (folhas), Resíduos Orgânicos e Resíduos Vegetais	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (AL-SALEM et al., 2017), (YAY, 2015), (MOH; ABD MANAF, 2014), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Desperdício	Desperdício, Desperdício de alimentos, Desperdício orgânico	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (AGYEMAN; TAO, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (ALIBARDI; COSSU, 2015), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (DAS; BHATTACHARYYA, 2015), (WILSON et al., 2015), (BASSO et al., 2015), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Resíduos Especiais e Perigosos	Metais pesados, Pesticida, Pilhas e baterias, Resíduo Eletrônico, Resíduos nucleares / radiativos, Resíduos hospitalares, e Resíduos perigosos	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (YAY, 2015), (ALLESCH; BRUNNER, 2014), (MOH; ABD MANAF, 2014), (MIEZAR et al., 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NAVEEN et al., 2017), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Resíduos Inertes	Resíduos Inertes	(EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (YAY, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NAVEEN et al., 2017), (WU et al., 2014)
Chorume	Chorume e Lixiviado	(LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (MOH; ABD MANAF, 2014), (ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017), (NAVEEN et al., 2017), (LIU et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014)
Resíduos Domésticos	Resíduos Domésticos	(LAURENT et al., 2014a), (EDJABOU et al., 2015), (TAN et al., 2015), (YAY, 2015), (MOH; ABD MANAF, 2014), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (RADA; RAGAZZI, 2014)
Resíduo Agrícola	Fertilizante Mineral, Fertilizante Orgânico e Resíduo Agrícola	(LAURENT et al., 2014b), (LIM; LEE; WU, 2016), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (TAN et al., 2014), (NAVEEN et al., 2017), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014), (WU et al., 2014), (BASSO et al., 2015)
Lixões	Lixões	(LAURENT et al., 2014a), (TAN et al., 2015), (GHIANI et al., 2014), (YAY, 2015), (MOH; ABD MANAF, 2014), (TORRETTA et al., 2015), (AGHAJANI et al., 2016), (WU et al., 2014)
Efluentes	Efluentes e Lodo de esgoto	(LAURENT et al., 2014a), (LAURENT et al., 2014b), (CHEN et al., 2014), (AGYEMAN; TAO, 2014), (TAN et al., 2014), (NAVEEN et al., 2017), (ARIUNBAATAR et al., 2014), (FERNANDEZ-NAVA et al., 2014)
Resíduos industriais	Resíduos industriais	(LIM; LEE; WU, 2016), (CHEN et al., 2014), (TAN et al., 2015), (AL-SALEM et al., 2017), (MOH; ABD MANAF, 2014), (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015), (TAN et al., 2014), (WU et al., 2014)

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2020).

Impacto Ambiental obteve um maior número de apontamentos relacionado aos Fatores Críticos da Gestão de Resíduos Sólidos. Observou-se 13 termos que puderam ser elencados, com predominância em contaminações da água, do solo, do ar e no esgotamento de recursos naturais, conforme descrito no Quadro 12. Vinculadas às questões da contaminação da água, encontra-se a acidificação, fenômeno que altera o PH das águas tornando-as mais ácidas (AL-SALEM et al., 2017; ALIBARDI; COSSU, 2015; GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

Tanto para as contaminações das águas subterrâneas e de superfície como do solo, os estudos sinalizam bastante preocupações relacionadas à contaminação do chorume e de metais pesados, eliminado pelos aterros sem controle (LAURENT et al., 2014b; NAVEEN et al., 2017). Em relação ao ar, são analisados os gases de efeito estufa produzido pelos tratamentos dos resíduos em aterros e por incineração (NABAVI-PELESARAEI et al., 2017). Quanto aos temas que dizem respeito ao esgotamento de recursos, são identificados os materiais que se encontram em escassez pela falta de uma exploração sustentável e os produtos plásticos que são produzidos com base no petróleo, partindo do pressuposto de sua finitude (AL-SALEM et al., 2017; SOLTANI et al., 2015).

Em relação aos Materiais Recicláveis obtiveram-se 11 termos identificados e entre eles os mais apontados foi o plástico (17), metais (16), vidro (14) e papel (13). Quanto mais rica for uma determinada nação, um maior percentual tende compor a sua cesta de resíduos inorgânicos descartados (LIM; LEE; WU, 2016).

O plástico apresenta uma capacidade significativa de reciclagem (28%) assim como um bom desempenho para a produção de energia (RADA; RAGAZZI, 2014; YAY, 2015). O metal é classificado entre “ferroso” e “não ferroso” (como nos imãs), costuma ser mais encontrado na forma de alumínio, apresenta uma taxa de perda de apenas 5% e não apresenta um bom desempenho para aproveitamento energético (EDJABOU et al., 2015; RADA; RAGAZZI, 2014; YAY, 2015).

Os vidros para a reciclagem tem um potencial de 100% mas o aproveitamento de sua energia não apresenta um bom desempenho (RADA; RAGAZZI, 2014; YAY, 2015). O papel apresenta um percentual de aproveitamento de 17%, o mais baixo entre os principais materiais reciclados, e um aproveitamento razoável de energia (RADA; RAGAZZI, 2014; YAY, 2015).

O elemento Geração de Resíduos foi elencado nesses estudos pelo fato da produção de resíduos aumentarem continuamente no decorrer de cada década e pelos esforços empreendidos por seus responsáveis não conseguirem demonstrar uma tendência de diminuição (LAURENT et al., 2014b; SOLTANI et al., 2015).

Incluiu-se nesse elemento os termos Classificação e Composição por estarem fortemente associados nas pesquisas que buscam elucidar as fontes geradoras de resíduos. A classificação dos resíduos mais comum, costuma dividir os resíduos em orgânicos e inorgânicos, sendo o segundo subdividido em papel, plásticos, metais, vidros, borracha e couro, têxteis, inerte e diversos. No caso de "diversos" trata-se dos resíduos de construção e demolição, baterias, tintas, e outras frações de resíduos que por ventura não se encaixar nas demais categorias (MIEZAH et al., 2015).

O termo composição dos resíduos diz respeito sobre a análise de substâncias identificadas em uma amostragem, que podem ser colhidas em uma determinada estação de tratamento. A composição dos resíduos apresenta variações de acordo com as concentrações de resíduos orgânicos e inorgânicos que forem inerentes a um material observado (ALLESCH, 2014; MIEZAH et al., 2015).

Os resíduos orgânicos têm como definição todos aqueles que sejam biodegradáveis, com exceção do papel, incluindo o desperdício de alimentos, as folhas, os galhos de árvores, os resíduos de madeira e os resíduos agrícolas (MIEZAH et al., 2015). Quanto menor for a renda e quanto mais um determinado ambiente esteja em uma localização rural, maior o percentual de resíduos orgânicos no total da produção de resíduos em uma região (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015).

De todos os estudos sobre resíduos, considera-se que o percentual de pesquisas destinada somente aos resíduos orgânicos seja de aproximadamente 6% (ALLESCH; BRUNNER, 2014). Entre os alimentos, consta-se que as massas e pães sejam os principais emissores de hidrogênio enquanto a carne, peixe e o queijo sejam os principais emissores de metano (ALIBARDI; COSSU, 2015).

No elemento que abrange o Desperdício, a literatura concentra principalmente os termos desperdício alimentar, contida no desperdício orgânico (RADA; RAGAZZI, 2014; TORRETTA et al., 2015). Diversos estudos têm apontado que existem diferenças significativas nos padrões de desperdício alimentar em função das esferas econômicas e sociais das regiões (ALIBARDI; COSSU, 2015).

O desperdício alimentar tem destaque devido ao fato de ser o item mais descartado pelas famílias e existe toda uma dificuldade de implementar método seguros de indicadores, visto que os alimentos e as regiões em que são consumidos possuem características peculiares e dificultam a adoção de padrões de análise (ALIBARDI; COSSU, 2015; RADA; RAGAZZI, 2014).

Os resíduos perigosos e especiais são divididos em (1) resíduos hospitalares; (2) resíduos elétricos e eletrônicos; (3) resíduos de madeira tratada; (4) resíduos perigosos, em que são incluídos os resíduos nucleares, resíduos de óleos lubrificantes, os resíduos líquidos contendo enxofre e cloro, resíduos de alto poder calorífico, ácidos e bases, solventes, tintas, resíduos de mineração de tinta de celulose, resíduos de processamento de metal, trituradora, resíduos de produtos de limpeza e gases de combustão); (5) outros resíduos especiais que incluem baterias e pilhas, pneus, cloreto de poli vinil (PVC); e (6) sobras de alimentos provenientes de estabelecimentos industriais e comerciais (BELIËN; DE BOECK; VAN ACKERE, 2012; CHRISTENSEN, 2011).

Entre os resíduos hospitalares contêm-se materiais advindos de pacientes, como sangue, cultura de bactérias, secreções e fluídos corporais; materiais utilizados como seringa, bisturi e lâminas; materiais utilizados em procedimentos médicos e materiais com risco de contaminação biológica (CHRISTENSEN, 2011). Os resíduos elétricos e eletrônicos também são conhecidos como “resíduos eletrônicos” ou *“e-waste”* na língua inglesa. Possuem uma diversidade de elementos associados que vão desde metais comuns, materiais recicláveis, metais preciosos e metais pesados (PANIZZON et al., 2017; RODRIGUES; ANGELO; MARUJO, 2019).

Os resíduos de madeiras tratadas são materiais que previamente são submetidos a procedimentos químicos para aumentarem a sua resistência e serem principalmente inseridos na construção civil (CHEN et al., 2012; CHRISTENSEN, 2011). Os resíduos perigosos devem ser retirados de todo e qualquer contato humano para que não haja risco de exposição tóxica (BELIËN; DE BOECK; VAN ACKERE, 2012).

Os resíduos especiais são assim chamados por suas características peculiares que os fazem ter um tratamento diferenciado em relação aos RSU e em alguns países tem uma legislação específica para o seu manuseio (CHRISTENSEN, 2011). As sobras de alimentos de estabelecimentos industriais e comerciais têm uma dificuldade de caracterização e mensuração de dados, devido à falta de aparatos estatísticos que prezem por esse serviço e uma parte significativa dessas sobras são destinadas à alimentação de animais (ALIBARDI; COSSU, 2015; CHRISTENSEN, 2011).

Os resíduos inertes dizem respeito aos materiais de construção e demolição, pedras, areia, cascalho, cerâmica, cinzas residuais e são chamados dessa forma por não terem características física, química ou biológica que implique em transformações importantes como em inflamabilidade, por exemplo (EDJABOU et al., 2015; NAVEEN et al., 2017). A melhor estrutura para serem depositados é em aterros específicos a esses materiais (DAS;

BHATTACHARYYA, 2015). Existe uma divergência entre os autores sobre a aceitabilidade dos materiais de construção serem ou não incluídos no rol dos resíduos sólidos urbanos (ALLESCH; BRUNNER, 2014; DEUS et al., 2015; ERSES YAY, 2015; LAURENT et al., 2014b).

O chorume é um líquido produzido a partir de compostos orgânicos, inorgânicos insolúveis e partículas suspensas nos ambientes em que são destinados os resíduos, principalmente nos aterros (NAVEEN et al., 2017). Essa substância tem chamado a atenção de autoridades devido ao fato de transportarem conteúdos contaminantes e por produzirem gases de efeito estufa (LIM; LEE; WU, 2016). Com este potencial de toxicidade, acabam por ter o potencial de contaminar estações de água, lençóis freáticos e prejudicam a saúde humana e as condições de higiene (GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015; NAVEEN et al., 2017).

Os resíduos domésticos são aqueles produzidos pela população em seus respectivos lares e costumam ser composto majoritariamente por resíduos orgânicos, acrescentado também por papel, plástico, metal, vidro, borracha, couro, têxtil, resíduos inertes e miscelâneas (MIEZAH et al., 2015). De acordo com o regulamento firmado pela União Europeia, deseja-se que até 2020 sejam reciclados ou reaproveitados até 50% dos resíduos domésticos produzidos (RADA; RAGAZZI, 2014).

Os resíduos agrícolas são gerados a partir das atividades de exploração leiteira e de pomares e ao contrário da característica dos resíduos sólidos urbanos possui uma homogeneidade em sua composição (WU et al., 2014). A importância de seu controle efetivo junto à gestão de resíduos sólidos é por seu alto poder de aumentar a alcalinidade do chorume, fato que pode se desdobrar na contaminação de águas subterrâneas (NAVEEN et al., 2017).

Os lixões são as estruturas mais precárias utilizadas para a destinação do resíduo, de forma que os conteúdos são despejados diretamente no solo sem haver controle algum (ABD EL-SALAM; ABU-ZUID, 2015; GOUVEIA, 2012; TAN et al., 2015). Por esta falta de controle se tornam potenciais contaminadores do solo, do ar e de águas superficiais e subterrâneas, servindo de vetores para doenças, visto que muitas pessoas se aproveitam desses espaços precários para trabalharem como catadores dos resíduos (RAMOS et al., 2017).

Embora os efluentes não sejam diretamente relacionados aos resíduos sólidos, o lodo que é produzido nas redes de esgoto é associado a categoria do RSU (YAY, 2015; LAURENT et al., 2014b). Outro aspecto interessante que os efluentes ganham no universo da gestão de resíduos sólidos é pela competição de espaço, visto que em muitos municípios não há disponibilidade territorial para concentrar o tratamento de ambos, o que acaba implicando em buscas longínquas para estabelecerem bases de tratamento de resíduos, impactando na

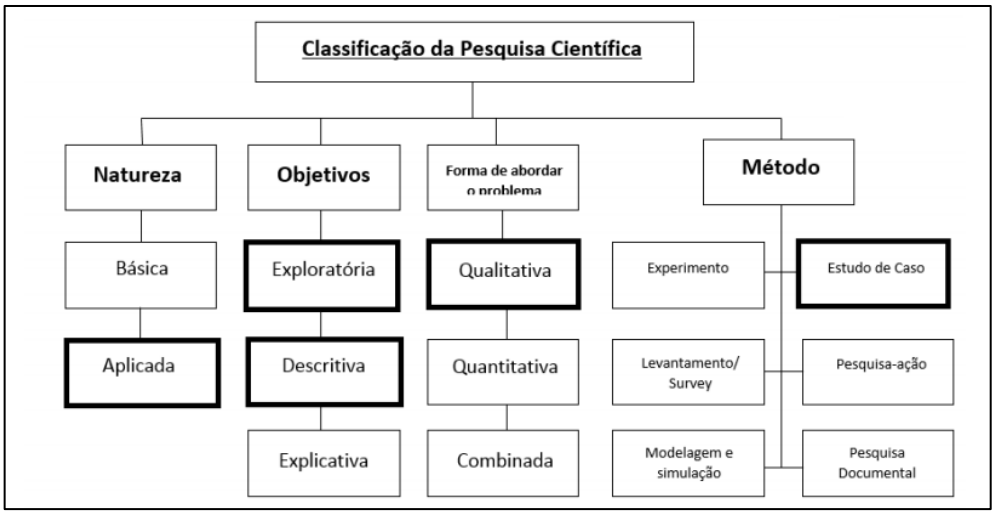
poluição e no gasto de transportes para a execução dos serviços de aterro e tratamento (GOUVEIA, 2012).

Os resíduos industriais são provenientes das produções de fábricas que tendem a originar produtos químicos, sobras de produção ou manufatura e materiais destinados geração de energia (WU et al., 2014). Esta categoria de resíduos possui homogeneidade tal como os resíduos agrícolas também têm, se diferenciando das características gerais dos resíduos sólidos urbanos (ARIUNBAATAR et al., 2014). Muitos países deixam que o monitoramento desses resíduos fique sob responsabilidade das próprias indústrias que os produzem, de forma que se evite ao máximo a utilização dos aterros destinados aos resíduos sólidos urbanos, visto que as características são outras e a sua toxicidade é maior (ABD EL-SALAM; ABU-ZUID, 2015; POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

4 MÉTODO DE PESQUISA

A Figura 12 apresenta serão as classificações desta pesquisa.

Figura 12- Método de pesquisa



Fonte: Adaptado de Kothari (2014).

A natureza do trabalho é aplicada, pelo fato de suas proposições serem aplicáveis a uma determinada realidade (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

Os objetivos da pesquisa foram delineados de maneira exploratória e descritiva, pelo fato de trazerem um maior repertório de elementos para a pesquisa e ao mesmo tempo observar, analisar, classificar e interpretar os dados sem interferência do pesquisador (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

Em termos de abordagem, a pesquisa é definida como qualitativa, uma vez que o seu principal objetivo é a compreensão, interpretação e descrição do fenômeno observado, utilizando o ambiente natural como uma fonte direta para a coleta de dados. Compete ao pesquisador ser o principal veículo para conduzir a sua aplicação (JUPP, 2006; KOTHARI; GARG, 2014; YIN, 2015).

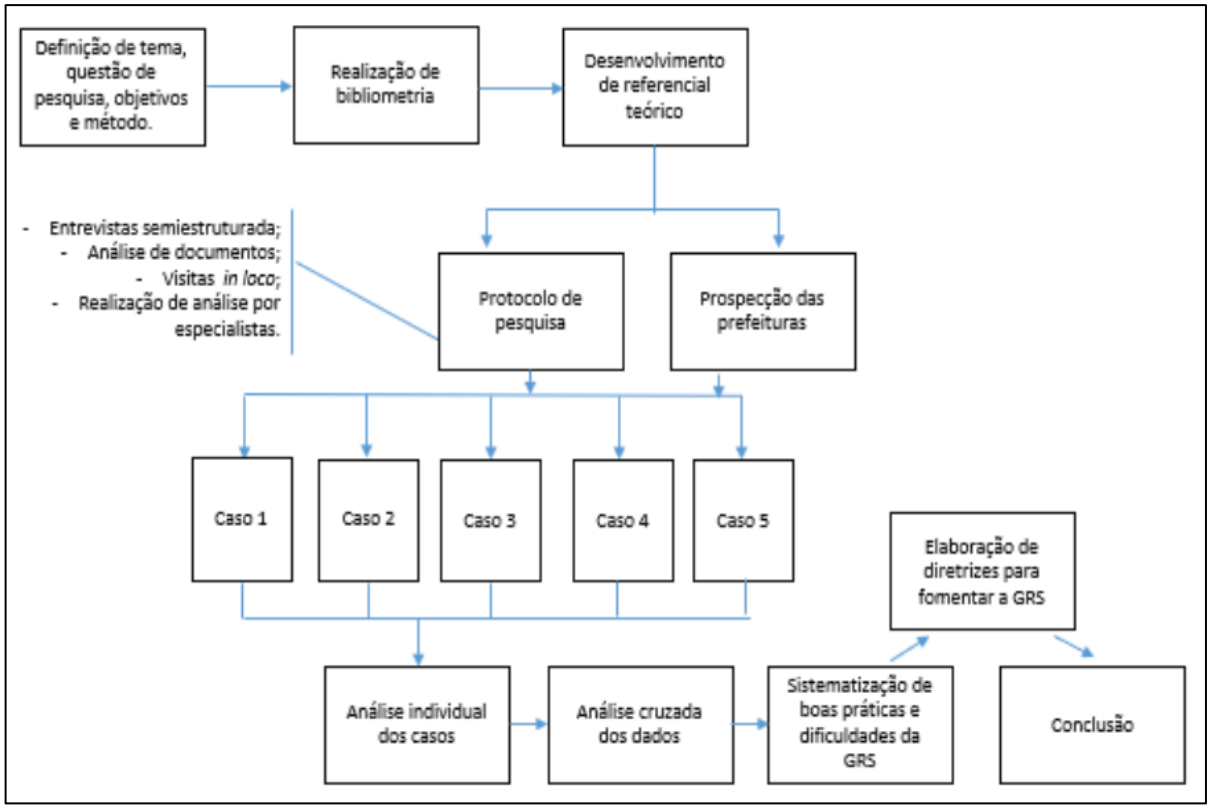
O método adotado para a condução da pesquisa foi o estudo de caso, por ser o mais indicado para responder às questões originadas com “como” e “por que”, e para as questões em que o pesquisador tem pouco controle sobre os fenômenos atuais com lastro na vida real (YIN, 2015).

4.1 FLUXO METODOLÓGICO

O fluxo metodológico foi realizado a partir de sete fases, conforme Figura 13. Na primeira etapa, concluiu-se o tema, delimitação, objetivo e justificativa da pesquisa.

O instrumento de coleta de dados foram as entrevistas semiestruturada, junto aos Secretários Municipais (representando o nível de direção) e representantes responsáveis pela gestão de resíduos sólidos (representante do nível de gerência) e pelos agentes incumbidos pelas funções técnicas (representante do nível operacional); pela realização de visitas *in loco* nos estabelecimentos destinados ao tratamento, transporte e disposição de resíduos; e por análise documental. As informações estão sendo trianguladas, para que não sejam comprometidas a confiabilidade e a validade da pesquisa (YIN, 2015).

Figura 13- Fluxo metodológico



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Em seguida, foram formulados e examinados os elementos do protocolo de coleta de dados, a partir dos pilares e fatores críticos absorvidos da literatura, para a realização dos estudos de casos, o que incluirá a elaboração e teste do roteiro para entrevistas, guias de análise e guia para a observação in loco, que está detalhado no Apêndice B.

Adiante, estão sendo procedidas a realização e análise dos estudos de casos. As diretrizes serão formuladas a partir dos resultados dos estudos de casos e da teoria sobre da Gestão de Resíduos Sólidos. Após a discussão dos resultados será redigida a conclusão do trabalho. Para facilitar a compreensão do Projeto dos Estudos de Caso que serão elaborados no decorrer dessa pesquisa, formulou-se o Quadro 13.

Quadro 3 - Resumo do protocolo com a apresentação do projeto dos estudos de casos múltiplos

Tópicos	**Componentes do Protocolo**	**Descrição do componente**
Descrição e fontes de evidência	(1) Caso	Municípios do estado de São Paulo com os principais indicadores de eficiência conforme o ISLU 2019
	(2) Número de casos	5 casos
	(3) Fontes de evidências (coleta de dados)	- Entrevistas semiestruturadas (diretoria, gerência e operacional) - Observação in loco - Análise de documentos
Teste do Projeto	(4a) Validade do constructo	- Utilizar Fontes múltiplas de evidências - Estabelecer o encadeamento de evidências - Revisão do rascunho do relatório do estudo de caso por informantes-chave
	(4b) Validade externa	- Possibilidade de replicação em múltiplos casos
	(4c) Confiabilidade	- Uso de protocolo de estudo de casos

Fonte: Adaptado de Yin (2015).

Para que haja uma boa execução no método proposto foi necessário que houvesse um teste do projeto dos estudos de casos para que fosse estabelecido a validade do construto, validade interna, validade externa e confiabilidade (YIN, 2015).

Na primeira etapa do teste (validade do construto) auxiliou a condução do pesquisador para a adoção de padrões operacionais, de maneira que o possibilite a compreensão do objeto pesquisado. A segunda etapa (validade interna) costuma ser adotado em pesquisas com características explanatórias, portanto, não há aplicabilidade nesse estudo. A terceira etapa (validade externa) possibilitou a lógica de replicação de uma determinada unidade de análise às outras, estabelecendo assim estudos de casos múltiplos, permitindo a generalização dos resultados obtidos. A quarta etapa (confiabilidade) permitiu que houvesse uma reprodutibilidade da pesquisa de maneira que se pudesse chegar em resultados semelhantes em diferentes unidades de pesquisa (YIN, 2015).

4.2 UTILIZAÇÃO DA ISLU COMO CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

Para a escolha dos municípios constantes nos estudos de casos dessa pesquisa, utilizou-se como indicador a ISLU, que se consiste em um instrumento que busca calcular o nível de adesão dos municípios brasileiros à Lei Federal no 12.305/10 – "Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)"(SELUR, 2019).

Preferiu-se adotar nessa pesquisa as informações referentes aos municípios que contivessem uma população maior do que 250 mil habitantes, pelo fato desses entes federativos apresentarem uma maior complexidade do que as regiões que abrigassem uma quantidade de pessoas menor (ISLU, 2018)

Trata-se de um trabalho realizado em parceria entre o Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana (SELURB) e a empresa de auditoria contábil PricewaterhouseCoopers (PwC). Os estudos abrangem 3.317 municípios brasileiros das 5.570 existentes no território do país (ISLU, 2018; SELUR, 2019).

Figura 14- Indicador ISLU

Fonte: Adaptado da ISLU (2019).

Conforme a Figura 14, verifica-se que esse indicador é formado por quatro dimensões distintas, calculadas com base em análises fatoriais. Por meio dos dados levantados nos municípios são formulados um ranqueamento para cada dimensão. A Dimensão E é formada

pelo “engajamento do município”, ou seja, o percentual da população que são oportunizadas pela cobertura de limpeza urbana e pelo índice IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) (ISLU, 2018). Essa dimensão apresenta o maior índice entre as que compõe o total.

A Dimensão S diz respeito à arrecadação específica direcionada aos serviços de gestão de resíduos sólidos, por meio da utilização de instrumentos públicos que podem ser executados pelos entes municipais. A Dimensão R refere-se ao percentual dos resíduos que são recuperados entre o total dos resíduos recolhidos pelos serviços de coleta municipais. Na Dimensão I, leva-se em consideração o destino correto dos descartes.

A seleção dos municípios utilizadas para esse estudo foi a partir da classificação fornecida pela ISLU em 2019, conforme a Figura 15, demonstrando as mais eficientes do país. A partir desta listagem, foram recortados os cinco municípios com indicadores mais expressivo por meio dos destaques em azul e vermelho que circundam os dados das cidades selecionadas de Santos, Santo André, Sorocaba, Campinas e São Bernardo do Campo.

Figura 15- Municípios selecionados no estado de São Paulo

Município	UF	Regiões	ISLU 2016	ISLU 2017	ISLU 2018	ISLU 2019
Santos	SP	Sudeste	0,737	0,736	0,729	0,743
Niterói	RJ	Sudeste	0,622	0,742	0,742	0,742
Blumenau	SC	Sul	0,707	0,667	0,678	0,737
Rio de Janeiro	RJ	Sudeste	0,731	0,731	0,733	0,733
Caxias do Sul	RS	Sul	0,727	0,727	0,745	0,724
Santo André	SP	Sudeste	0,717	0,711	0,728	0,724
Porto Alegre	RS	Sul	0,701	0,717	0,705	0,720
Sorocaba	SP	Sudeste	0,722	0,716	0,719	0,719
Campinas	SP	Sudeste	0,729	0,713	0,715	0,717
Londrina	PR	Sul	0,704	0,718	0,722	0,715
Uberaba	MG	Sudeste	-	0,717	0,718	0,715
Governador Valadares	MG	Sudeste	0,691	0,694	0,698	0,713
São Bernardo do Campo	SP	Sudeste	0,696	0,709	0,718	0,713

Fonte: Adaptado da ISLU (2019).

5 ESTUDOS DE CASOS

Apresenta-se nessa seção os estudos de casos realizados nos municípios mais destacados conforme a ISLU, apresentados na Figura 15. Os municípios de Campinas, Santos, Santo André, São Bernardo do Campo e de Sorocaba, obtém uma pontuação expressiva nesse indicador, destinados aos municípios com mais de 250 mil habitantes. Após a apresentação dos casos individuais, buscou-se sintetizar os resultados em um quadro único, demonstrando o desempenho de cada um dos municípios e na sequência foi elaborado um quadro único com a apresentação consolidada das principais boas práticas e dificuldades identificadas em todos os municípios.

5.1 CAMPINAS

Campinas compreende uma população de aproximadamente 1,2 milhão de habitantes, destacando-se como a 3ª cidade mais populosa do estado de São Paulo e 14ª mais populosa do Brasil. A sua área é de 797,6 km², tornando-se a 67ª cidade de maior extensão do estado e a 1728ª do país. A distância entre Campinas e a capital de São Paulo é de aproximadamente 87,3 km.

O PIB da cidade, é de aproximadamente R$ 60 bilhões, enquanto o PIB per capta é de R$ 50 mil. A principal fonte econômica encontra-se no setor terciário, especialmente no comércio e na prestação de serviços de diversas áreas, como na educação e na saúde. O segundo destaque é o setor secundário, com a presença de indústrias de grande porte. É a terceira força econômica do estado de São Paulo e a 11ª do país.

Em Campinas são geradas aproximadamente 1.000 toneladas de resíduo diariamente. Essa quantidade representa aproximadamente 1,2 kg/dia em média por cada habitante. O enfoque econômico da cidade, predominantemente na região urbana, exige uma infraestrutura sofisticada em sua gestão de resíduos sólidos. A Secretaria de Serviços Públicos é a responsável pelo gerenciamento dos resíduos, em particular o Departamento de Limpeza Urbana, cabendo à Secretaria do Meio Ambiente as questões de licenciamento, fiscalizações e qualidade ambiental.

A implementação da Política Municipal de Resíduos Sólidos, instituída a partir de 2010, foi redigida e publicada em 2012, mas passou a entrar em vigor junto com a Política Municipal de Saneamento Básico, por meio de um decreto, em 2013, abrangendo os assuntos pertinentes à água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos.

5.1.1 Gestão Pública Municipal

A coleta e o transporte de resíduos são feitos por meio da coleta manual e da compactação mecânica dos descartes, processadas pela frota de caminhões. Existe uma setorização que abrangendo o espaço da cidade e conforme a urbanização das regiões são estipuladas as frequências de execução dos serviços de coleta. A periodicidade pode ser diária ou uma vez a cada dois dias. Consta no site da prefeitura os roteiros que são realizados, intercalando as informações dos dias da semana, dos bairros que são atendidos e do período de cobertura.

O tratamento de resíduos praticado nas dependências de Campinas atualmente é o de compostagem. Os compostos gerados a partir de resíduos como podas, galhos de árvores, alimentos orgânicos e lodo são destinados a esse tratamento, e o município conta atualmente com uma capacidade para receber uma média de 80 toneladas diárias. Atualmente não são identificados os tratamentos mecânico e térmico, embora haja a expectativa da adoção dessas modalidades com a realização de uma parceria público-privada (PPP).

O método de tratamento biológico adotado pelo município tem previsão de ser aprimorada por meio da “Usina de Compostagem” que está sendo projetada em parceria entre a Prefeitura de Campinas, o Instituto de Agronômico de Campinas (autarquia do estado de São Paulo), a SANASA (empresa público-privada do município de Campinas), e do CEASA (Central Estadual de Abastecimento).

A finalidade da usina de compostagem é transformar o resíduo orgânico proveniente do CEASA, do lodo recolhido por meio da SANASA, e das podas de árvores e plantas por parte da administração municipal, em fertilizantes. Posteriormente, os fertilizantes produzidos iriam ser disponibilizados ao manejo das áreas verdes da cidade e para serem comercializados por meio do CEASA aos agricultores da região.

O projeto que visa a PPP, objetiva a implementação de praticamente todas as modalidades tratamento de resíduos. A concessão terá o prazo previsto de 30 anos e tem a previsão de ser implementada em breve. A empresa vencedora do processo licitatório, deverá ficar responsável pela realização da coleta de resíduos assim como de seu tratamento. Está previsto a modalidade do tratamento mecânico, para separar as frações orgânicas e recicláveis. Inclui-se no escopo do planejamento a aplicação de compostagem, e do tratamento químico-térmico, para a produção de CDR (combustível a partir dos resíduos). Os rejeitos seriam encaminhados para o aterro, conforme a legislação.

O município cataloga as cooperativas que realizam a reciclagem nos limites do município, e concede permissão para as respectivas atuações. Inclusive, uma das organizações que realiza a reciclagem de diversos itens, está instalada nas dependências do setor responsável pela gestão de resíduos local.

Não existe nenhum aterro que esteja em funcionamento no município e o local em que são destinados os rejeitos, atualmente, é em Paulínia. Entre Campinas e Paulínia existe uma distância de 28,8 km. As atividades desempenhadas pelo aterro são de iniciativa privada. O último aterro que funcionou em Campinas foi o Delta A, que deixou de operar desde 2014 por ter atingido o seu limite máximo de operação.

5.1.2 Políticas Públicas

A primeira lei direcionada aos resíduos sólidos promulgada por Campinas foi a 7058/1992. Após as implementações das Leis Federais 10.257/2001, sobre o Estatuto das Cidades, da 11.445/2007, que regulamenta as questões voltadas ao saneamento básico e da 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, implementou-se o Plano Municipal de Gestão Integrada, em 2013. Em termos de tratativas de leis, que estão sendo tramitadas pelo executivo e legislativo, estão em pauta principalmente os detalhes referentes a implementação da parceria público privada que o município planeja adotar no município. Além do escopo legal e político, buscou-se informações referentes às políticas públicas voltadas à educação, à saúde e ao planejamento urbano.

Na educação, a prefeitura local busca campanhas de sensibilização, principalmente as que são voltadas à programas de coleta seletiva, promovendo a adesão de pessoas físicas e jurídicas. Os instrumentos utilizados para essa finalidade se consistem principalmente em palestras educativas e no Programa Lixo-Tour. As palestras são organizadas nos pontos de entrega voluntária e buscam encontrar agentes multiplicadores que possam agregar a consciência ambiental. O Programa Lixo-Tour compõe-se de palestras e visitas monitoradas nas principais estruturas de tratamento e de disposição de resíduos.

Referente à saúde, a ação mais contemporânea identificada foi a implementação do Decreto 19.621/2017 que dispõe sobre a criação de um comitê responsável na prevenção de doenças. Nesse decreto, apresenta-se ações organizadas pela Secretaria Municipal de Governo vinculada à Secretaria de Saúde, que devem ser adotadas visando a contenção das arboviroses. Encontram-se neste instrumento ações normativas sobre descartes apropriados dos resíduos na construção civil, evitando criadouros da Dengue e outras doenças. Informa-se sobre a

necessidade de fomentar a pesquisa entre os alunos e integrantes da comunidade escolar, para atuarem no combate dos focos de depósitos de larvas do mosquito Aedes Aegypti, entre outras ações. No Plano Municipal de Saúde, encontram-se informações referentes ao protocolo de destinação dos resíduos sólidos das unidades básicas de saúde (UBSs).

Em relação ao Planejamento Urbano utilizou-se como um parâmetro a análise do Plano Diretor de Campinas, por ser um instrumento de grande importância na orientação do desenvolvimento local e na construção do espaço urbano. Identificou-se que o último Plano Diretor do município foi advindo da Lei Complementar 189/2018. Embora o município disponha de um Plano Municipal de Gestão Integrada, percebeu-se que não existe uma seção destinada exclusivamente a gestão de resíduos sólidos. Encontram-se dois apontamentos sobre o tema e ambos têm apenas apontamentos periféricos, indicados no inciso X do Art. 27 e do Parágrafo único do Art. 34.

5.1.3 Soluções Ambientais

Para a realização do gerenciamento dos resíduos sólidos no município, a Prefeitura de Campinas opta pela terceirização dos serviços. Como uma aliada nas ferramentas de gestão, conta com o monitoramento em tempo real das execuções de serviços, permitindo que os gestores dos contratos analisem o cumprimento das cláusulas previstas.

Não foi identificada a produção de energia renovável a partir dos resíduos sólidos. Existe a expectativa da implementação de uma estrutura que possa produzir combustível derivado de resíduos (CDR) com o estabelecimento da PPP que o município busca realizar.

Quanto à tecnologia que é empregada na gestão de resíduos, destaca-se o monitoramento virtual do tráfego dos caminhões de transportes. Permite-se por meio desse recurso, o fornecimento de informações referentes a pesagem dos veículos e dos percursos que estão sendo realizados pela frota de caminhões. Faz parte do patrimônio do Departamento de Limpeza Urbana diversos caminhões, tratores e materiais acessórios para as execuções operacionais.

Embora o município de Campinas disponibilize informações referentes aos postos de coletas e aos roteiros traçados pelos serviços de transportes, não foi possível identificar ações claras e concretas referentes às estratégias voltadas a gestão de resíduos sólidos, principalmente em torno das diretrizes de minimização e de redução de resíduos como na exposição dos princípios da hierarquia de resíduos. Também existem expectativas do aperfeiçoamento na elaboração estratégica relacionados a esses preceitos junto a população

com a realização da PPP, amparada por uma comunicação eficiente que consiga aumentar os níveis de participação dos munícipes em torno de ações voltadas ao consumo consciente.

5.1.4 TBL- *Triple Bottom Line*

Referente à economia, o município de Campinas não dispõe das informações exatas de quantas famílias são impactadas pela organização de cooperativas e dos trabalhadores informais que participam da coleta e da reciclagem de resíduos sólidos em seu território. Consta-se a informação da participação de 201 pessoas de 12 das 14 cooperativas instaladas e que são recolhidas uma média mensal de 510 toneladas de resíduos recicláveis. Os representantes do município esperam que a implementação da PPP possa aumentar o percentual de reciclagem de 2% atuais para uma taxa entorno de 25%.

Referente a condição da sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos, conforme o ISLU 2019, é possível identificar que o município se destaca quanto ao Impacto ambiental (Dimensão I), alcançando a pontuação máxima (1,000). Em termos de Sustentabilidade Financeira (Dimensão S), Campinas obtém uma performance expressiva, alcançando a pontuação de 0,928. O Engajamento do município (Dimensão E) alcança uma avaliação considerável, com 0,857. A única dimensão que o município deixa a desejar é em relação à Recuperação de recursos coletados (Dimensão R), obtendo a pontuação de 0,011.

Atualmente, as etapas que integram a gestão de resíduos sólidos em Campinas não prejudicam diretamente o meio ambiente. O sistema de coleta e transporte atende adequadamente às necessidades do município, retirando os resíduos produzidos pelos munícipes, pelos hospitais e pela indústria e comércio.

Na questão social, verifica-se que as regiões mais pobres desperdiçam uma quantidade de comida superior às regiões que têm um poder aquisitivo mais abastado. O município não tem uma dificuldade para realizar o gerenciamento em nenhuma das áreas sob a sua jurisdição. Pretende-se na implementação da PPP, aumentar a área de cobertura dos Postos de Entrega Voluntário, para facilitar o acesso dos munícipes residentes nas regiões menos favorecidas.

5.1.5 Fatores Críticos

O impacto ambiental mais significativo que está relacionado à gestão de resíduos sólidos em Campinas foi causado pela utilização desordenada do “Lixão da Pirelli”,

desativado desde a década de 90, mas que exige esforços constantes para que não haja a contaminação dos lençóis freáticos e riscos de explosão por conta dos gases acumulados.

A retirada dos materiais recicláveis na cidade, se dá pela coleta em domicílio de pequenos geradores, com a previsão diária de recolhimento diário ou em dias alternados. Disponibiliza-se também, a alternativa para que os munícipes e as empresas encaminhem os resíduos recicláveis para os Ecopontos, pontos de entrega voluntária de Campinas. São disponibilizados, atualmente, 15 dessas estruturas que recebem os detritos produzidos localmente. Vislumbra-se que por meio da PPP, o município possa ter mais 40 unidades de Ecopontos.

Quanto a geração de resíduos em Campinas, existem estudos que demonstram que cada munícipe produz uma quantidade média de 1,2 kg/dia, totalizando 1.000 toneladas de resíduo domiciliar diário. Produz-se também, 90 toneladas de resíduos verdes (proveniente de árvores e podas), 60 toneladas de furtas, verduras e legumes (FLV) e 200 toneladas de resíduos em geral. Do total produzido no município, considera-se 25% dos resíduos como recicláveis, 36% como descartáveis e 39% como orgânico.

Quanto aos resíduos orgânicos, o Departamento de Limpeza Urbana disponibiliza os serviços de varrição para os ambientes que realizam as feiras-livres, predominando a limpeza da área e agrupamento de resíduos, para depois serem realizadas as lavagens com jateamento d’água sob pressão. Dessa forma, evita-se o acúmulo de sujeira advindas dos detritos e líquidos impregnados no solo.

Em relação ao desperdício, destaca-se os esforços de sua principal autarquia voltada ao abastecimento, o Ceasa, por meio de três ações: Programa Municipal de Alimentação Escolar, Banco Municipal de Alimentos e o Instituto de Solidariedade para Programas de Alimentação (ISA). O Programa Municipal de Alimentação Escolar entrega 60 toneladas/dia de alimentos para a merenda escolar, proporcionando 265 mil refeições diárias. O Banco Municipal de Alimentos atua na coleta produtos que são destinadas a entidades assistenciais que se reverberam a milhares de famílias em situações de insegurança alimentar. O ISA atua em parceria junto ao Ceasa, e atende mais de 33 mil pessoas por mês, com mantimentos que seriam destinados ao descarte.

Entre os resíduos especiais e perigosos em Campinas, há indicadores que apontam que o descarte de pneus nos Ecopontos encontra-se na ordem de 12 toneladas mensais, e de materiais como bateria, pilha e lâmpadas são despejados em torno 1,5 toneladas/mês. A prefeitura disponibiliza o serviço de coleta domiciliar de resíduos especiais para a população local. Entre os resíduos de sólidos de saúde (RSS), estima-se que sejam coletadas 110

toneladas de entre os grandes produtores (hospitais) e 40 toneladas entre os pequenos produtores (clínicas médicas, farmácia, consultório etc.).

O resíduo inerte que mais se destaca entre os materiais descartados são os entulhos e os derivados de demolição. Para receber esses materiais, a Prefeitura de Campinas conta com dois serviços importantes: Unidade Recicladora de Materiais (URM) e os Ecopontos. Na URM objetiva-se tratar adequadamente os resíduos de entulho e de demolição. Existem cooperativas instaladas em sua estrutura que realizam a segregação e a comercialização dos itens que podem ser reciclados. Os Ecopontos instalados na cidade, aceitam o recebimento dos resíduos de entulho e de demolição, nos seus 14 pontos espalhados pela cidade.

O chorume produzido na região dos aterros desativados no município e no antigo lixão são monitorados pela SANASA. A autarquia municipal é responsável pelo tratamento do chorume, realizado em uma das estações de tratamento de esgoto de Campinas. Logo após, a substância tratada é transferida ao aterro de Paulínia.

Em relação aos resíduos domésticos, o município conta com uma estrutura de oito caminhões mecanizados, que realizam os serviços de coletas por meio de containers com capacidade de armazenar 1000 litros. Os containers são fechados internamente, e contam com tampas e rodas. Para a realização do procedimento, o coletor realiza a acoplagem do container junto ao braço mecanizado do caminhão, para que o conteúdo possa ser transferido de forma automática. Com a adoção deste procedimento, diminui-se significativamente o número de acidentes entre os coletores de resíduos.

Os resíduos agrícolas em Campinas não causam um impacto significativo, pelo fato de as atividades voltadas a agropecuária impactarem em menos de 0,5% de sua atividade econômica. O município tem uma população rural de cerca de 19 mil pessoas, o que representa aproximadamente 0,16% do total de habitantes.

O lixão da Pirelli, batizado pela população embora a empresa produtora de pneus não tenha nada a ver com esta estrutura, funcionou entre os anos de 1972 e 1984. Foi considerado como o primeiro espaço destinado ao resíduo, mas pelo fato de não ter sido devidamente controlado, apresentou uma série de passivos ambientais que não foram equacionados até hoje. A prefeitura busca minimizar os danos causados na região, instalando estruturas destinadas a barreiras hidráulicas, sistemas de captação de gases e drenagem superficial.

Quanto aos efluentes, o aspecto mais importante relacionado aos resíduos sólidos é o lodo produzido no processamento da água. A empresa de economia mista, a SANASA, realiza os seus tratamentos com técnicas diversificadas, sendo elas: por sistema com membranas, tecnologia convencional e de sistema biológico. Destaca-se o sistema com membranas por ser

uma técnica moderna, que pode ser realizado em áreas compactas. O processo de tratamento tem muita confiabilidade, não exige um consumo excessivo de produtos químicos e o seu manuseio é totalmente automatizado.

Na legislação brasileira, os resíduos industriais devem ser tratados pela jurisdição estadual. No caso de São Paulo, o órgão que tem a responsabilidade pelos cuidados desse tipo de resíduo é a CETESB, empresa de economia mista controlada pelo estado paulista. A CETESB costuma realizar a gestão dos resíduos industriais na perspectiva das legislações ambientais do estado e do governo federal.

5.2 SANTO ANDRÉ

O número da população de Santo André está em torno de 670 mil habitantes. Tem a quinta maior população do estado de São Paulo e a 25ª do Brasil. O município faz parte da Grande São Paulo e a sua distância para a capital é de em torno de 16 quilômetros.

O PIB do município é de aproximadamente R$ 27 bilhões, e o PIB per capta R$ 38 mil. Santo André, encontra-se em um processo de desindustrialização e a atividade de serviços tem maior participação. É a 12ª força econômica do estado de São Paulo e a 28ª do país.

A produção diária de resíduos sólidos no município encontra-se na ordem de 650 toneladas dia, com uma média de 1,1 quilo por habitante. A responsável direta pela gestão de resíduos sólidos em Santo André é a autarquia municipal SEMASA, criada desde 1969. A instituição do Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos se deu no dia 31 de julho de 2012.

5.2.1 Gestão Pública Municipal

A realização da coleta e transporte dos resíduos são efetuadas três por semana, com exceção do Bairro Casa Branco (no centro da cidade, em que a demanda é maior) com a realização desse serviço diário. É sugerido no site da SEMASA, autarquia municipal que cuida de toda a estrutura de saneamento, inclusive da gestão de resíduos sólidos, que os moradores reforcem as embalagens e disponibilizem os resíduos úmidos próximo do horário da coleta.

Realiza-se uma "compostagem horizontal" em Santo André, que abrange 87 pontos em espaços públicos como escolas municipais, estaduais e centros de convivência social. A SEMASA fornece treinamentos para aplicação do tratamento e em seguida cede os materiais,

que se consistem em recipientes plásticos não transparentes e são bem resistentes para a sua realização. O fruto da compostagem é utilizado nos próprios locais que operacionalizam o tratamento e o excedente pode ser estendido às comunidades locais.

Santo André tem apresentado índices expressivos no aumento da reciclagem nos últimos anos, ultrapassando os 100% comparado aos cinco últimos. O município coleta mais de 100 toneladas mensais de itens recicláveis e do material que é retirado porta-a-porta mais de 50% são recicláveis, por meio de duas cooperativas. Conta-se também com 22 estações de coleta espalhados por toda cidade e 112 postos de entrega voluntária.

O município ainda dispõe de um veículo elétrico que passa no comércio popular em horários estratégicos, recolhendo o excesso de resíduos descartáveis produzidos. O município ainda dispõe de uma central de triagem para abrigar as duas cooperativas locais. Santo André tem um aterro sanitário em suas dependências de 217 mil m² e permite o recebimento de visitas monitoradas.

5.2.2 Políticas Públicas

O primeiro ato jurídico instituído em Santo André voltado à gestão de resíduos sólidos foi a Lei 4176 implementada em 21 de novembro de 1973. O Plano Municipal de Gestão Integrada foi instrumentalizado pelo Decreto 16.310 de 31 de julho de 2012.

O município também conta com a vigência do Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Grande ABC, que foi elaborado pelo Consórcio Intermunicipal Grande ABC, que se trata de uma autarquia focada no atendimento de assuntos voltados à estrutura dos municípios, além de Santo André, São Bernardo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires.

A Secretaria da Saúde mobiliza projetos como o "10 Minutos" com o intuito de difundir a importância de um roteiro semanal em que os munícipes devem se manter atentos para fazerem um checklist e prevenir a transmissão das doenças tropicais como a Dengue, Zika e Chikungunya. Um dos itens a serem observados no checklist é a verificação dos resíduos sólidos em casa que possa facilitar a proliferação do mosquito Aedes Aegypti.

O Plano Diretor do Município Santo André, está sob a Lei 8.696/2004, alterada pelas leis 9.394/2012 e 9.621/2014. No município, a abordagem dos resíduos se dá em meio aos incisos V, XII, XIII e XXII. Garante as práticas de coleta seletiva, versa sobre a gestão de resíduos de construção e sobre o seu tratamento.

A Prefeitura de Santo André, por meio de sua autarquia SEMASA, profere palestras sobre "Resíduos sólidos, economia circular, colaborativa, consumo x consumismo". Realiza folders ilustrativos como o "Os caminhos do lixo" em que mostra de maneira didática o percurso que o resíduo faz até a sua disposição.

5.2.3 Soluções Ambientais

A SEMASA passou adotar um controle de estoque automatizado como ferramenta de gestão para os resíduos de saúde, equipando os seus agentes com tablets e sistemas integrados das quantidades que cada cliente venha a demandar. Esse serviço poderá também é prestado para as organizações de saúde privada que a autarquia realiza o atendimento. Com esse dispositivo, o contratante tem a oportunidade de saber quais foram os itens que foram descartados.

Não existem apontamentos significativos a respeito da implementação de projetos que visem a recuperação de energia a partir dos resíduos sólidos. Apenas existem projetos junto ao aterro privado em Mauá.

É disponibilizado para os munícipes andreenses o aplicativo “SEMASA Mobile”, para que seja facilitada a identificação de cada uma das 22 estações de coleta mais próxima de cada habitante da cidade.

A principal estratégia que pôde ser percebida para a gestão de resíduos sólidos do município foi transferi-la junto a uma autarquia municipal que auxilia na gestão da infraestrutura sanitária há muitos anos. Esta instituição já agregou tratamento de água, o saneamento e atualmente continua com os serviços de drenagem e gestão de resíduos sólidos.

Os municípios do Grande ABC, fazem parte da autarquia "Consórcio Intermunicipal Grande ABC", que tem como um de seus princípios o compartilhamento de uma estrutura que possa trazer ganhos em escala para os participantes.

5.2.4 TBL- *Triple Bottom Line*

Atualmente, Santo André conta com 160 cooperados em suas atividades de reciclagem. A Prefeitura celebrou um contrato junto aos cooperados que prevê o pagamento de uma bonificação para cada tonelada de resíduos que não for destinado ao aterro sanitário, incentivando o aumento do percentual de reciclagem de resíduos.

Apresenta-se a condição da sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos de Santo André, conforme o ISLU 2019. O município apresenta o Impacto ambiental (Dimensão I), a pontuação de 1,000. Em termos de Sustentabilidade Financeira (Dimensão S), Santo André obtém uma performance com a pontuação 0,942. O Engajamento do município (Dimensão E) alcança a avaliação de 0,869. Em Recuperação de recursos coletados (Dimensão R), obtém a pontuação de 0,013.

Santo André compreende em sua estrutura uma fiscalização ambiental que compreende o monitoramento de descarte incorreto de resíduos sólidos, além de outras atribuições. Esta estrutura tem um helicóptero a sua disposição e realiza a fiscalização nos rios, incluindo uma parte da Represa Billings.

5.2.5 Fatores Críticos

Realiza-se o projeto "Cidadania Ambiental e Consumo Sustentável" em que os alunos da educação básica são sensibilizados quanto problemáticas ambientais relacionados à produção de bens de consumo, destinação incorreta e disposição junto aos resíduos sólidos. O município também promove o projeto "Formar para Ressocializar" em que em que os jovens da educação básica que estejam na Fundação Casa são incentivados compartilharem conceitos da educação ambiental, com a inclusão de itens de recuperação de materiais e reciclagem.

Verificou-se que um dos principais impactos ambientais ocorridos em Santo André é a contaminação do Córrego Cassaquera por chorume. Dependendo do volume de chuva, o córrego alaga e a água contaminada está se alastrando para as residências do entorno.

Estima-se que algo em torno de 50% dos resíduos são recicláveis em Santo André. Na "Lista de Entidades de Catadores de Materiais Recicláveis do Estado de São Paulo" não consta nenhuma inscrição de entidade de Santo André.

O município também iniciou o projeto "De Volta para a Sala" que se consiste no fornecimento de capacitações aos moradores da cidade, habilitando-os a realizarem reciclagem e recuperação de sofás. Somente em 2018, o município recebeu algo em torno de 17 mil sofás e cinco mil colchões, o que justifica um mercado significativo em que a população pode atuar e gerar renda nesta atividade.

Cada morador, pode destinar até 1 m^3 de resíduos mensais nos Postos de Entrega Voluntárias que estão disponíveis no município. Para evitar os descartes incorretos, o município disponibiliza um carrinho, com uma gaiola, para recolher os resíduos recicláveis no

comércio do centro, minimizando o acúmulo nos dias e horários de pico. Esses resíduos são encaminhados para a triagem.

Conforme o último estudo de gravimetria realizado em Santo André, aproximadamente 46% de seus resíduos são orgânicos. Os plásticos representam um percentual em torno de 17%. Quanto aos resíduos de metal, na ordem de 1,5% e os vidros, 0,8%. Nos últimos anos, a Prefeitura tem realizado a gravimetria a cada dois anos, superior a frequência de outras prefeituras.

A principal característica dos resíduos orgânicos de Santo André é 37,4 de resíduos alimentares e de 11,7 de resíduos sanitários. O município também se responsabiliza pela limpeza das 12 feiras livres que são realizadas em seus limites diariamente, de terças-feiras a domingo, que resulta na prestação de serviços em um percurso aproximado de 15 km de extensão semanal.

Santo André realiza o programa Abasteça Já Essa Ideia: Diga não ao Desperdício. A iniciativa mobiliza Companhia Regional de Abastecimento Integrado de Santo André e a SIAS (Secretaria de Inclusão e Assistência Social). O projeto se consiste no recolhimento dos alimentos que seriam descartados após o recolhimento das sessões das feiras.

Recentemente, a FUABC (Fundação do ABC) desenvolveu um aplicativo para disponibilizar aos hospitais de Santo André. Essa ferramenta permitirá a realização de registros simplificado e padronizado de resíduos comuns e infectantes das unidades hospitalares do município. Os gestores hospitalares utilizavam planilhas à mão para este tipo de controle, porém, com estas informações, poderão ter controle em tempo real e poderão produzir relatórios gerenciais para o aperfeiçoamento da gestão de resíduos da saúde.

Quanto a logística reversa de pneus, o governo local faz uma retirada mensal em aproximadamente 200 pontos registrados (borracharias). Esses pneus são concentrados pela equipe da Divisão de Zoonoses e depois destinado à doação para a Reciclanip. A Reciclanip é uma iniciativa que se deu pelos fabricantes de pneus novos, que tem entre associados a Bridgestone, Goodyear, Michelin, Continental e Dunlop. Trata-se de um dos maiores projetos de reciclagem no país, com atendimento nos 27 estados do país.

Para o descarte de pilhas e baterias, Santo André faz parcerias junto à organização não governamental Green Eletron, que disponibiliza uma estrutura para recolhimento em diversos supermercados no município. Na estrutura dos 22 Postos de Entrega do município, são aceitos a destinação de entulhos e restos de pequenas construções.

Para a redução do descarte incorreto dos resíduos domésticos, a prefeitura realizou o projeto denominado "Moeda Verde". Neste projeto, o cidadão que juntar 5 kg de materiais

recicláveis pode trocar por um 1 kg de alimentos hortifruti. A “Moeda Verde” foi um dos responsáveis pelo aumento da entrega de materiais recicláveis e além disso beneficia mais de 70 mil moradores da cidade.

Em Santo André, a atividade agropecuária não tem relevância, episódio esse que torna a análise de resíduos agrícolas irrelevante. Embora, o município organize o projeto "Horta para Todos", com uma oficina instalada, visando a produção de mudas, compostagem e técnicas de plantio; nesse projeto, busca-se, inclusive, a utilização de materiais recicláveis, como de garrafas PET.

A coleta dos resíduos domiciliares é realizada pelo menos três vezes em todas as regiões de Santo André, com o funcionamento diário dos serviços, com a exceção de domingo. Santo André não apresenta em sua jurisdição um compartimento comprometido, por ter sido estabelecido um lixão.

O tratamento de efluentes realizada nas dependências de Santo André, tem uma parte que é destinada à Estação de Tratamento do ABC, da Sabesp, e outra que parte que a SEMASA vem realizando, gradativamente com um percentual maior. O plano estratégico da prefeitura é que nos próximos anos todos os efluentes sejam tratados em suas próprias instalações.

5.3 SANTOS

O município de Santos tem uma população estimada de 433 mil habitantes. É a décima cidade mais populosa do estado de São Paulo e a 48ª do país. A distância entre Santos e a capital do estado (São Paulo) é de 79,6 quilômetros.

O PIB do município santista foi de aproximadamente R$ 22 bilhões em 2017, e o PIB per capta de R$ 52 mil. Entre as suas principais atividades econômicas, encontram-se as atividades portuárias, pois tem instalado o maior porto da América Latina, o comércio, o turismo e a pesca. É a 13ª força econômica do estado de São Paulo e a 36ª do país.

Santos gera aproximadamente 480 toneladas de resíduos sólidos diariamente, com a média de descarte de 1,2 kg por habitante. Os responsáveis pela gestão de resíduos sólidos, é compartilhada entre a Secretaria de Meio Ambiente, responsável pelo planejamento, e pela Secretaria de Serviços Públicos, incumbida da execução dos serviços da limpeza urbana e pela gestão de resíduos. A Política Municipal de Resíduos Sólidos foi instituída em 2011.

5.3.1 Gestão Pública Municipal

A coleta de seletiva de resíduos em Santos foi iniciada há mais de 25 anos, sendo uma das primeiras cidades no país a realizar esse serviço. Os horários do recolhimento de resíduos domiciliares e recicláveis são alternados e são realizados de segunda a sábado. As informações são divulgadas no site da Secretaria de Meio Ambiente, com as informações dos horários e com a definição dos itens permitidos para a coleta seletiva.

Santos não dispõe técnicas de tratamento de resíduos, embora esteja em um processo de implementação de uma usina de compostagem. Os resíduos produzidos nos limites municipais são destinados aos aterros sanitários. A gestão de resíduos do município compartilha planejamento e coordenação das atividades junto com os municípios de São Vicente e de Cubatão.

O município conta com um aterro sanitário particular em suas dependências, que fica em sua área Continental no Sítio das Neves. A reciclagem de Santos é realizada por meio de quatro cooperativos, beneficiando por volta de 80 cooperados. Entre 2016 e 2018, o município teve um crescimento de 320% na coleta seletiva. Do total dos resíduos recicláveis, aproveita-se 18% desses materiais.

5.3.2 Políticas Públicas

O primeiro dispositivo legal relacionado a gestão de resíduos foi a Lei 3.531/1968, denominado como Código de Posturas do Município de Santos. Atualmente, está vigente a Lei Complementar 952/2016, que faz as menções em relação à gestão de resíduos sólidos urbanos. As leis para regular os assuntos pertinentes aos resíduos costumam ser elaboradas pela Secretaria do Meio Ambiente, para depois seguir o curso legislativo. Há uma exigência por parte do município de que as transportadoras de resíduos sejam devidamente cadastradas para execução do frete, para inibir o descarte incorreto dos resíduos sólidos.

A Secretaria de Saúde se mostra presente nas ações de combate à dengue. Agentes de controle de endemias percorrem o calçadão do município para dar esclarecimentos aos turistas e munícipes. Há uma participação do órgão no combate de ratos nas orlas das praias, cujos roedores são atraídos por restos de alimentos e por fezes de cães que não digeriram bem as rações.

O Plano Diretor vigente no município é o advindo da Lei Complementar 1.005/2018. A gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Santos conta com uma seção (IV)

composta pelos Artigo 135 e Artigo 136 que possui seis parágrafos, abordando a coleta, o transporte, os tratamentos e sobre a disposição final dos resíduos. Também conta com o Artigo 151 que faz as referências do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. A Secretaria de Meio Ambiente é responsável por uma parte das autorizações dos prédios que são construídos em Santos, para a realização da análise da viabilidade da coleta de resíduos no logradouro demandado por uma construtora ou empreiteiro.

A Secretaria do Meio Ambiente do município dispõe de uma coordenadoria que cuida de assuntos que abrangem a sensibilização voltada à gestão de resíduos sólidos. Recentemente promoveu-se uma palestra aos gestores condominiais abordando o descarte de resíduos.

Entre as ações educativas mobilizadas pelo município, evolveu-se seis escolas municipais que realizaram um projeto de recolhimento de óleos de cozinha e em sua última edição foram obtiveram o recolhimento de 400 litros, alcançando a marca de 100 litros a mais do que a previsão inicial do projeto.

O Orquidário Municipal realiza uma oficina de reciclagem voltada as crianças de 8 a 10 anos, com o intuito de ensinar as possibilidades de reciclagem de caixas de papelão e garrafas PET, e sobre a compostagem de resíduos alimentares. No meio dessa “brincadeira” ensina-se às crianças sobre os impactos que os descartes incorretos acarretam o ecossistema marinho.

5.3.3 Soluções Ambientais

O município de Santos controla rigidamente os responsáveis pela coleta domiciliar e as empresas que realizam a coleta dos resíduos de construção. Não há permissão para que as pessoas físicas desempenhem atividades de coleto dos resíduos. Essas medidas buscam inibir que as transportadoras não façam o descarte dos resíduos de forma inadequada.

O município atualmente não participa de nenhum projeto que busque pela implementação da energia renovável. O Aterro Sanitário Sítio das Neves tem planejado a utilização do biogás em sua estrutura, porém não existem ações concretas que possam ser consideradas.

A prefeitura de Santos conta com uma central de monitoramento que além de garantir a segurança e a vigilância dos munícipes, disponibiliza as suas imagens para outros departamentos, como para a fiscalização remota de caminhões que transportam resíduos, e pode acionar a fiscalização ambiental para intervir em ações de descartes ilegais.

A grande questão estratégica considerada pelos gestores foi a implementação da Lei 12.305/2010. A questão conceitual deve fazer parte da consciência dos gestores, começando

com o tratamento do que se costumou a chamar de "lixo" por resíduos sólidos. A prefeitura já realiza controles por meio de indicadores com a preocupação do tempo de vida útil do aterro sanitário que utilizam atualmente, que deverá ser utilizado entre 5 e 6 anos.

Para este cenário não impactar no orçamento dos municípios, já são simulados outros possíveis destinos para os resíduos. E essa preocupação não é apenas do município santista, pois existem atualmente outras cidades que realizam a destinação para o aterro santista, como São Vicente e Cubatão, ou seja, é uma preocupação estratégica intermunicipal. A importância do acompanhamento das atividades que envolvem o transporte, a coleta e o tratamento de resíduos, por conta do município, é pelo fato do gerenciamento de resíduos sólidos ser o mais caro entre os desempenhados pelo poder municipal.

5.3.4 TBL- *Triple Bottom Line*

Existem aproximadamente uma média de 150 famílias que trabalham em quatro cooperativas em Santos. Levando em consideração que existem atualmente uma média de 4 a 5 pessoas por família, a quantidade de pessoas beneficiadas gira em torno de 600 a 750 pessoas. Por volta de 2016, percebeu-se que houve uma estagnação de 250 a 300 toneladas de resíduos reciclados nos municípios e, por conta disso, fez-se uma regulamentação com a perspectiva de aumentar esse número. O resultado foi positivo e praticamente dobrou, disparando para 600 toneladas em um curto período.

Atualmente, além da associação de catadores, o município conta com o seu serviço público de coleta e de empresas privadas que foram criadas para atender a essa demanda. Mas o município vive uma situação de "pirataria" na coleta de resíduos, pelo fato de catadores passarem antes dos caminhões da prefeitura fazerem o seu roteiro, para retirarem a parte comercialmente mais viável, deixando os restos com menor valor agregado nas estruturas disponibilizadas para os caminhões retirarem. Essa situação acaba por gerar a necessidade da presença de fiscais para coibir essas ações, e acaba por contribuir indiretamente para o aumento de rejeito nos aterros.

A condição da sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos, conforme o ISLU 2019, no município de Santos, é a mais bem colocada no Brasil. Identifica-se que o município apresenta o Impacto ambiental (Dimensão I), a pontuação máxima (1,000). Em termos de Sustentabilidade Financeira (Dimensão S), Santos obtém uma performance com a pontuação máxima de 1,000 também. O Engajamento do município (Dimensão E) alcança a avaliação de 0,887. Em Recuperação de recursos coletados (Dimensão R), obtém a pontuação de 0,013.

5.3.5 Fatores Críticos

A população ribeirinha é a comunidade que menos recebe os serviços de gestão de resíduos sólidos em Santos, pelo fato de os órgãos públicos não conseguirem acessar ao local. O crescimento do número de pessoas instaladas por lá se dá muito rapidamente e quando são disponibilizadas caçambas para a comunidade remover os resíduos, elas são subutilizadas.

Uma das principais iniciativas que pôde ser apurada na cidade foram os trabalhos realizados pela ONG Instituto Eco-Faxina. Esta instituição atua para combater a poluição marinha do estuário de Santos e São Vicente. Desde 2008, já foram realizadas 114 ações, envolvendo mais de 3000 voluntários e retirando do mar 58 toneladas de resíduos.

A atividade portuária é que causa o maior impacto ambiental na gestão de resíduos no município santista, até pelo fato de ter instalado em sua área o maior porto da América Latina. A gestão do porto é de responsabilidade da Santos Port Authority (SPA), vinculada ao Ministério da Infraestrutura.

Santos apresenta atualmente uma taxa expressiva de 18% de aproveitamento de todos os itens recicláveis no município, enquanto a taxa histórica dos municípios costuma ser em torno de 3%. Entre as campanhas orquestradas pelo município, para fomentar esse alto índice, destaca-se o Clube do Condomínio que reverte materiais recicláveis por dinheiro aos caixas condominiais. A iniciativa funciona assim: a cada 1 kg de materiais recicláveis equivale a 0,20 centavos (1 "biocoin") e ficam registrados a favor da unidade condominial.

Quando são acumulados 5.000 pontos, são sacados R$ 1.000,00 em favor do condomínio que pode aplicar os recursos de acordo com as suas necessidades. Os moradores dos respectivos prédios, também são beneficiados com a possibilidade de usufruir dos descontos na rede de parceiros locais. Esta iniciativa já conta com mais de 300 unidades e com 80 parceiros do comércio local. A Prefeitura de Santos também conta com a publicação de um Decreto que institui a obrigatoriedade de a administração direta e indireta contribuir com a reciclagem de resíduos, separando-os corretamente de acordo com as suas características.

O município santista gera aproximadamente 480 toneladas de resíduo diariamente, com uma média por pessoa de 1,2 quilo. Do total de resíduos recolhidos localmente, aproximadamente 42% são orgânicos. Por volta de 16% dos resíduos são de base de papelão. Os plásticos correspondem algo em torno de 13%. Os tecidos representam 6%, os vidros 4% e os metais 3%.

São disponibilizados contentores, para facilitar o acondicionamento de resíduos orgânicos, em locais que haja pouca estrutura de armazenamento. Dessa forma, protege-se o conteúdo a ser descartado das intempéries, das ações de animais como cães e gatos, vetores de doenças como ratos e insetos, diminuição das chances de entupimento em detrimento de chuvas, melhoria da estética urbana, entre outros benefícios.

O município santista busca realizar com constâncias workshops e campanhas de sensibilização junto a grandes produtores de resíduos, como no caso de empresários que trabalham na alimentação, visando sensibilizá-los no descompasso entre o que é feito na cozinha e o que acaba sendo jogado fora pelos consumidores. Existem produtos com uma demanda considerável que acabam produzindo resíduos que não são comercializáveis na fase de sua logística reversa. Os funcionários envolvidos com a gestão de resíduos buscam sempre alertar os comerciantes para evitarem o consumo desses produtos que tenham embalagens nessas condições.

A Prefeitura não apresenta nenhum problema relevante em relação aos resíduos tóxicos. O foco de atuação municipal é em relação aos resíduos hospitalares e os demais recebem os tratamentos da CETESB.

A legislação do município, prevê fiscalização rigorosa junto às grandes construtoras, sendo possível um monitoramento com amparo legal, porém, as pequenas construtoras geralmente subcontratam pequenos transportadores para a realização da remoção dos entulhos. Um grande entrave da fiscalização do município é rastrear a atuação desse transportador “pequeno”, pois geralmente ele não tem cadastro no município ou ainda tem sua sede fora do município, o que dificulta a atuação desses agentes, mesmo que o destino final seja o descarte incorreto nos municípios vizinho, o que não é desejável.

A questão do controle do Chorume, por parte da Prefeitura de Santos, está incluída na prestação de serviço do aterro sanitário alocado no município. Não existem casos de problemas ambientais significativos que sejam relatados por conta de um descontrole. Os resíduos provenientes das atividades agrícolas não se aplicam ao município pelo fato de suas atividades predominantes não terem relação a esse tipo de elementos.

Embora o município santista tenha desativado os lixões que estão sob a sua jurisdição, o antigo Aterro da Alemoa ainda se apresenta como um passivo ambiental, por deixar uma quantidade muito grande de resíduos em decomposição. O antigo lixão da CODESP foi remediado e disponibilizado para outros empreendimentos. Menciona-se também que o lodo gerado nas estações de tratamento é submetido ao tratamento da SABESP e logo quando tratadas são encaminhadas para os aterros sanitários.

Por fim, a CETESB é responsável pela gestão de resíduos industriais. Na fase de implementação, o município de Santos participa das negociações e das diretrizes estabelecidas.

5.4 SÃO BERNARDO DO CAMPO

A estimativa da população de São Bernardo do Campo é de em torno de 839 mil pessoas. Figura-se entre a quarta maior população do estado e a 23ª do país. A distância entre São Bernardo e a capital (São Paulo) é de 20,6 quilômetros.

O PIB do município é de em torno de 42 bilhões e o PIB per capita é de aproximadamente R$ 54 mil. A atividade de serviços tem ganhado uma grande importância na atualidade, e a sua indústria tem uma representatividade entre as montadoras de veículo, conhecida como a capital do automóvel. Em São Bernardo do Campo, ainda se destacam a indústria de destaque de tintas, pasta de dentes e móveis. É a sexta foça econômica do estado de São Paulo e a 16ª do país.

Gera-se 870 toneladas de resíduos sólidos diariamente e a população costuma produzir 25 quilos mensais. Atualmente, São Bernardo do Campo conta com um uma parceria público-privada, viabilizada por um consórcio de três empresas que atuam na gestão de resíduos sólidos: LARA, REVITA (Empresa do Grupo SOLVÍ) e TB SERVIÇOS. A implementação do Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos foi a partir de dezembro de 2010.

5.4.1 Gestão Pública Municipal

Os serviços de coleta e transporte no município são realizados três vezes por semana. A periodicidade é determinada em um link do Google Maps, disponibilizado pelo Consórcio Ambiental SBC (PPP). No site do consórcio, reforça-se a comunicação sobre a importância de se embalar bem as seringas, vidros e demais objetos cortantes. Destaca-se também que os serviços de coleta seletiva se encarregam em recolher o papel, plástico, metal e vidro, portanto, não devem ser misturados com os resíduos úmidos.

Não pôde ser observado nenhum tipo de tratamento de resíduos sólidos no município de São Bernardo do Campo, na ordem mecânica, térmica ou biológica. Foram observadas iniciativas municipais voltadas à realização de compostagem, porém não houve o dispêndio de recursos municipais para que o projeto pudesse ser realizado. O município já tentou tramitar uma usina de tratamento térmico em seus limites, porém, a iniciativa não vingou.

São Bernardo do Campo disponibiliza a coleta seletiva, os postos de entrega voluntária e a retirada de materiais volumosos. No site do município são disponibilizados os horários de retirada programados e os locais que recebem os materiais para descarte. O município conta com parcerias junto a ONGs para a retirada de materiais como lâmpadas fluorescentes e eletroeletrônicos. O aterro sanitário em que são destinados os seus resíduos fica instalado no município de Mauá e as instalações desse local de disposição pertence à uma das empresas que compõe o consórcio que administra a parceria público-privada vigente.

5.4.2 Políticas Públicas

O município de São Bernardo do Campo elabora a primeira instrução direcionada à gestão de resíduos sólidos por meio do Decreto 3.700/1973. O município apresenta um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, desde dezembro de 2010. A lei norteadora que rege localmente é atrelada a Lei 11.445/2007 que versa sobre o saneamento nacional. O município está sob a vigência do mesmo Consórcio Intermunicipal do ABC que Santo André também pertence.

A prefeitura realiza ações periódicas de combate ao mosquito, e uma de suas linhas de atuação é a retirada dos resíduos que acumulam água parada. Os agentes de saúde também se mobilizam em ações para minimizar os danos causados pelas chuvas, entre as quais a remoção de materiais descartados pela população decorrentes das enchentes.

São Bernardo conta com o seu Plano Diretor sob a égide da Lei 6.184/2011. No Artigo 9º, inciso III, se faz menção à gestão de resíduos sólidos. No Artigo 19º e inciso III aborda sobre a limpeza urbana e os resíduos.

São Bernardo do Campo está estruturando uma revista científica para a abordagem de assuntos ambientais, incluindo a gestão de resíduos sólidos. O município aderiu a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), formulada pelo Ministério do Meio Ambiente. Está na pauta dessa agenda uma reflexão a respeito da gestão adequada dos resíduos sólidos além de outros assuntos como construções sustentáveis e sensibilização de servidores às questões ambientais. Realiza-se também uma outra ação educativa que se consiste nas trocas de itens usados tanto para itens adultos como os itens infantis, incluindo brinquedos e livros infantis. Esta ação corrobora com a "redução", proporcionando um aumento da vida útil desses materiais.

5.4.3 Soluções Ambientais

Para a realização destes estudos, não foi possível identificar ferramentas de apoio à gestão de resíduos sólidos utilizadas pela prefeitura de São Bernardo dos Campos.

No início da década, tramitou-se a implementação do que era chamado como "Usina Verde", que se tratava de um sistema de processamento e reaproveitamento de resíduos, integrado à Usina de Recuperação de Energia (URE). Essa discussão foi estendida por alguns anos, mas não foi implementada.

Embora São Bernardo do Campo apresente alguns elementos essenciais para a realização das atividades do gerenciamento dos resíduos sólidos, não pôde ser observado materiais tecnológicos diferenciados para serem relatados.

Estão previstos no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos estratégias específicas voltadas à educação ambiental e a comunicação. Apresenta-se também, uma estratégia de alinhamento junto aos condomínios e conjuntos residenciais para destinarem os resíduos reciclados às estruturas do Ponto de Entrega Voluntária, otimizando a logística reversa do município.

5.4.4 TBL- *Triple Bottom Line*

São Bernardo do Campo conta com duas cooperativas cadastradas que concentram por volta de 110 cooperados. A reciclagem conta com um percentual de 5,6%, superior à média de 3% no Brasil.

Conforme o ISLU 2019, o município apresenta o Impacto ambiental (Dimensão I), a pontuação de 1,000. Em termos de Sustentabilidade Financeira (Dimensão S), São Bernardo do Campo obtém uma performance com a pontuação 0,891. O Engajamento do município (Dimensão E) alcança a avaliação de 0,860. Em Recuperação de recursos coletados (Dimensão R), obtém a pontuação de 0,027.

São Bernardo do Campo faz parte da Agenda Ambiental, proposta pelo Ministério do Meio Ambiente com o intuito de aperfeiçoar a gestão pública dos três poderes. Essa agenda se baseia em seis pilares: gestão dos resíduos gerados, compras públicas sustentáveis, uso racional dos recursos naturais e bens públicos; construções, reformas e ampliações sustentáveis, qualidade de vida no ambiente de trabalho, sensibilização e capacitação dos servidores.

5.4.5 Fatores Críticos

A Prefeitura de São Bernardo do Campo busca fazer voltadas ao manancial da represa Billings, para a preservação do meio-ambiente. Já ocorreram 32 sessões do mutirão, que foi responsável pela retirada de 15 toneladas de resíduo nessa região sensível para toda a população do estado de São Paulo.

Um dos principais impactos ambientais decorrentes do manejo de resíduos sólidos em São Bernardo do Campo foi no entorno da Prainha do Riacho Grande, que fica à margem da represa Billings. Quando são realizados eventos como o Réveillon, muitas pessoas utilizam o espaço para as comemorações da virada. Porém, como a população não é cuidadosa com os descartes, nos dias seguintes o ambiente acaba por acumular muitos resíduos. Pelo fato de o poder público não ter facilidade de incluir o local em seu radar de limpeza pública, o excesso de resíduo contamina a beira da represa e a região em sua volta.

O município disponibiliza os serviços de coleta para todas as regiões que compreendem os seus limites, no mínimo, por uma vez semanal. A prefeitura conta com o serviço "Bota Fora" em que regularmente passa uma vez a cada três meses para fazer retirada de itens como móveis velhos e colchões entre outros. A prefeitura também reforça a estrutura de reciclagem nos respectivos prédios públicos que abarcam os seus serviços.

Vale lembrar, que o município ainda dispõe de nove unidades de entrega voluntária. São Bernardo do Campo apresenta o cadastro de duas cooperativas no sistema do estado de São Paulo. A Prefeitura realizou uma campanha incentivando a substituição de copos de plástico por canecas individuais de seus funcionários e realiza atividades de incentivar a troca de materiais entre os próprios servidores municipais.

Entre os resíduos produzidos em São Bernardo do Campo, o percentual de resíduos orgânicos é na ordem de 46%. Papel e papelão, encontram-se em torno de 20%, plástico 16%, metal 3% e vidro 2%.

O município São Bernardo do Campo é responsável pelo Banco de Alimentos do município, e uma parte significativa da arrecadação de alimentos se dá por meio de itens que seriam descartados. De 2018 a 2019, a quantidade de alimentos arrecadados saltou de 52 para 102 toneladas. Os alimentos são destinados a 68 mil famílias cadastradas em programas sociais do município e 51 entidades sociais cadastradas.

Entre as principais medidas relacionadas aos resíduos orgânicos organizada pelo município foi a "Cartilha da Coleta do Óleo", em que organizou 400 pontos de coleta e incentiva a troca de óleo usado por barra de sabão. A parceria conta o Instituto Triângulo,

uma ONG que fomenta projetos de sustentabilidade. Essa iniciativa gerou o reconhecimento de que São Bernardo do Campo é o município que mais recicla óleo no mundo, inclusive, com o registro no Guinness World Records.

São Bernardo do Campo disponibiliza para os seus munícipes, suas nove unidades de Ecopontos (Postos de Entrega Voluntária) para a destinação de entulhos, limitada à 1 m³ por pessoa.

O tratamento do chorume decorrente da destinação dos resíduos sólidos é realizado no locam do destino, Mauá. No aterro sanitário localizado nessa cidade, existe uma estação de tratamento, a ETE – Estação de Tratamento de Efluentes, de responsabilidade do próprio consórcio que realiza gestão de resíduos sólidos.

O serviço de coleta domiciliar é disponibilizado para a população com a periodicidade mínima de três vezes por semana, exceto aos domingos. A prefeitura de São Bernardo teve a iniciativa de criar a Escola Livre de Sustentabilidade, sediada no Parque Estoril, com um dos objetivos de incentivar a produção de compostagem para a população e incentivar a inserção da compostagem entre a população.

São Bernardo do Campo apresenta em sua jurisdição um lixão que não está recuperado, chamado Alvarenga. Sua operação foi suspensa desde 2000, e a região atualmente tem ocupações irregulares. O tratamento de efluentes que são produzidos em São Bernardo do Campo é transferido para a Estação de Tratamento do ABC, da Sabesp. A CETESB, conforme legislação estadual, é a responsável pela supervisão e acompanhamento dos procedimentos relativos à gestão de resíduos industriais.

5.5 SOROCABA

O município compreende atualmente a população de 680 mil habitantes. É a nona mais populosa do estado de São Paulo e a 32ª do país. A distância de Sorocaba para São Paulo é de 100,8 quilômetros.

Sorocaba tem um PIB de aproximadamente R$ 30 bilhões e um PIB per capita de R$ 48 mil. É a oitava força da economia paulista e a 20ª do país. A atividade econômica preponderante é em serviços e indústria, em especial nos segmentos de maquinário, siderurgia e metalurgia pesada, indústria automobilística e autopeças.

Sorocaba produz atualmente 500 toneladas de resíduos diariamente, com a média de aproximadamente 760 gramas por pessoa. O Plano de Gestão de Resíduos Municipais foi

instituído em Sorocaba em setembro de 2014. A Secretaria de Serviços Públicos é a responsável pela gestão de resíduos sólidos do município.

5.5.1 Gestão Pública Municipal

A realização da coleta e transporte de resíduos se dá três vezes por semana (exceto aos domingos), dividindo o roteiro percorrido na cidade em quatro áreas distintas. Os roteiros da realização dos trajetos encontram-se disponíveis no site da prefeitura. Os veículos costumam a realizar o atendimento em guarnições, compostas por quatro funcionários: um motorista e três trabalhadores na coleta.

A Secretaria do Meio Ambiente, Parques e Jardins do município (Sema) de Sorocaba é incumbida pelas práticas de compostagem local. Os serviços são realizados a partir de três locais: Parque Natural “Chico Mendes”, Jardim Botânico “Irmãos Villas-Bôas” e Horto Florestal. Neste início de projeto se produz o suficiente para as necessidades do paisagismo local, mas existem perspectivas de ampliação do projeto para fornecimento mais intensificado.

O aterro utilizado pelo município é instalado em Iperó, consumindo do orçamento local algo em torno de R$ 20 milhões. Sorocaba disponibiliza a coleta de materiais recicláveis à cidade toda e dispõe de uma parceria junto a uma organização não governamental para a retirada de resíduos eletroeletrônico. Conta com três cooperativas para a realização da triagem e reciclagem.

5.5.2 Políticas Públicas

A primeira disposição jurídica a respeito dos trâmites de resíduos em Sorocaba foi a Lei 2005, implementada em 4 de abril de 1979. A instituição do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos se deu pela Lei 11.259 de 2016. Discrimina-se que o custeio decorrente da lei deverá ser arcado pelos recursos próprios provenientes do município. O município instituiu a partir de 2016 a semana da conscientização de "não jogue o vidro no lixo" e é realizada na semana do dia 20 de setembro.

A Divisão de Zoonoses tem agido em nome da saúde do município e é responsável pelo recolhimento de 120.460 kg de resíduos com indicativos de criadouros do mosquito Aedes Aegypti.

Em Sorocaba, há a vigência do Plano Diretor instituído pela Lei Complementar 11.022/2014. Apresenta-se o tema resíduos sólidos no inciso XIII, Seção IV- Abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais, por meio do Artigo 65. Observa-se também a Subseção I que abrange os artigos 66 a 72. Em 2018, o município alcançou a segunda posição, pela segunda vez consecutiva, em infraestrutura. Entre as qualidades deste feito foi o fato de estimular a diminuição da produção de resíduos e pela disposição de resíduos.

O município busca fomentar a práticas que reduzam a produção de resíduos, como a gincana que foi realizada no final de 2019, em que foram recolhidas 7,2 toneladas de equipamentos eletroeletrônicos. A Secretaria do Meio Ambiente em associação com o Serviço Autônomo de Água Esgoto realiza eventos periódicos com o intuito de sensibilizar a população em seus respectivos bairros. Outra ação educativa que o município tem realizado é o descarte de bituca. Disponibiliza-se coletores destes resíduos, com o intuito dos fumantes abastecê-los. Com esta ação a cada 1 quilo de bitucas, pode-se produzir 800 gramas de celulose.

5.5.3 Soluções Ambientais

Para a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o município contou implementou uma análise SWOT para verificar quais são os principais pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças identificadas neste serviço público. Uma das principais forças elencadas foi a existência de um corpo técnico administrativo capacitado. Uma das principais fraquezas mencionadas foi a dependência do município junto às empresas terceirizadas. Uma das oportunidades elencadas é a possibilidade de receber recursos federais e estaduais para aprimorar o gerenciamento dos resíduos. Uma ameaça descrita foi a desinformação por parte da população em relação às fontes de geração de resíduos e as melhores recomendações de condicionamento para o descarte.

Embora a produção de energia renovável tenha sido uma das bandeiras de campanha da chapa que está governando o município, não foram identificadas ações concretas a este fim. O projeto visava a construção da chamada Unidade de Recuperação Energética (URE) que geraria energia térmica e/ou elétrica a partir da queima e do tratamento do resíduo não reciclado. Anunciou-se na mídia que até o final deste ano seria implementado, mas com o acompanhamento do cronograma da obra, não indicações para o cumprimento do cronograma.

O município de Sorocaba envia os seus gestores à eventos internacionais, que revelam tecnologias sofisticadas no tratamento de resíduos. O último evento realizado em Munique, na Alemanha, foi a Feira Internacional para Gestão de Água, Esgoto, Lixo e Resíduos, a IFAT 2018. Este evento foi custeado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), sem impactar ônus ao erário do município. Neste evento, por exemplo, os gestores puderam ver a usina de tratamento de resíduos orgânicos instalada em Munique.

No Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, tem um dispositivo claro em relação aos mecanismos e estratégias da publicidade. Esta seção está vinculada à Lei Federal nº 9.795 de 1999 que versa sobre a educação ambiental. No artigo 3º, tem a previsão da participação dos veículos de comunicação em massa para a divulgação de informações relevantes relativas à conscientização ambiental. A seção também destaca a elaboração das veiculações sobre a importância da logística reversa, principalmente reforçando os maus costumes que incorrem nessa prática por parte da população.

5.5.4 TBL- *Triple Bottom Line*

Na parte da economia, o município conta com o esforço da CEADEC - Centro de Estudos e Apoio ao Desenvolvimento, Emprego e Cidadania, ONG criada em 1999, que fomenta a formação de cooperativas no município. O município conta atualmente com três cooperativas ativas. Todas as cooperativas contam com 112 cooperados cadastrados.

Conforme o ISLU 2019, o município apresenta o Impacto ambiental (Dimensão I), a pontuação de 1,000. Em termos de Sustentabilidade Financeira (Dimensão S), Sorocaba obtém uma performance com a pontuação 0,931. O Engajamento do município (Dimensão E) alcança a avaliação de 0,857. Em Recuperação de recursos coletados (Dimensão R), obtém a pontuação de 0,018. O município não registra graves problemas sociais e ambientais em decorrência de falhas na gestão de resíduos sólidos.

5.5.5 Fatores Críticos

No dia 21/09/2019, a secretaria de Meio Ambiente organizou o Dia Mundial da Limpeza (World Cleanup Day) no município, contando com a contribuição de diversos voluntários. Participaram deste evento mais de 150 países e no Brasil, essa ação foi realizada

por 1.200 municípios. Com esta ação, recolheu-se 150 sacos de resíduos em lugares públicos como na beira de rio e uma quantidade significativa de móveis descartados.

Com a realização da Gincana Interescolar para Reciclagem de Lixo Eletroeletrônico, os estudantes consideraram bastante a competição e envolveram os seus familiares e conhecidos para que se mobilizassem a dispor de materiais sem utilização.

Em Sorocaba, são apresentados oito Postos de Entrega Voluntárias, denominada Ecopontos. Os munícipes também podem destinar os itens de descarte, fora o atendimento da coleta domiciliar, diretamente em uma das três cooperativas cadastradas no município.

A produção de resíduos sólidos diária de Sorocaba está em torno de 500 toneladas e cada cidadão produz algo em torno de 760 gramas. Em torno de 54% constitui-se de resíduos orgânicos. A produção de papel, representa algo em torno de 16%. A quantidade de plásticos fica na ordem de 9%, de vidro 5% e de metal, 2%.

Em Sorocaba, tem a presença do Projeto MUTS – Moradia Urbana com Tecnologia Social, financiado em diversas cidades no Brasil com o apoio financeiro da Fundação do Banco do Brasil. O objetivo é aprimorar a articulação entre os moradores de condomínios com os parceiros locais pelo país. Em Sorocaba, a instituição oferece entre um dos módulos de seus cursos, tratamento de resíduos e de compostagem de resíduos orgânicos. O número de participantes de sua última edição, em 2019, foi de 40 moradores. A instituição fornece o material para ser utilizado nos cursos, transferindo, inclusive, o know-how para poderem comercializar o material da compostagem para possibilitar a geração de renda. Não foram apontados impactos significativos em decorrência de problemas gerados com a gestão de resíduos orgânicos na cidade.

Em Sorocaba, existem campanhas ativas de Banco de Alimentos que buscam reduzir os impactos do desperdício alimentar e prover refeições para quem precisa. O principal responsável pela idealização e criação da entidade foi o Sindicato dos Metalúrgicos de Sorocaba. As iniciativas viabilizam a oferta de cestas básicas, de cesta de natal e ainda contribui, com o que não pode ser aproveitado para alimentação humana, com a fabricação de ração para animais.

A Prefeitura de Sorocaba realiza o recolhimento dos resíduos sólidos de saúde conforme os normativos da ANVISA e do CONAMA, subordinado respectivamente aos Ministérios da Saúde e do Meio Ambiente. Os resíduos são divididos em cinco principais grupos que vão de A a E. O grupo A envolve agentes biológicos que podem representar riscos de infeção, como lâminas de laboratório e bolsa de sangue.

No grupo B, encontram-se as substâncias químicas que possam gerar danos sociais e ambientais, como os medicamentos e reagentes. No grupo C, encontram-se substâncias que concentrem radionuclídeos em quantidades superiores que sejam estabelecidas pelo Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), como serviços de medicina nuclear ou radioterapia.

No grupo D, referem-se aos resíduos que não apresentem riscos biológicos, químicos ou radiológicos, equiparando-se aos resíduos domésticos, como restos de alimento ou materiais administrativos dos hospitais. No grupo E, concentram-se os materiais cortantes, como tubos de vidro e lâminas.

A Prefeitura também realiza o serviço do grupo F, que diz respeito a remoção de animais e congêneres que se encontrem nas vias públicas. A Prefeitura realiza esses serviços para as suas unidades de saúde. Disponibiliza sua estrutura para atender os pequenos geradores, nos grupos A e E. Geralmente o grupo D a coleta é procedida como os outros resíduos convencionais. Em relação ao grupo B e C, as unidades de saúde particulares devem ser responsáveis por sua execução.

A Prefeitura de Sorocaba, disponibiliza alguns pontos estratégicos para que a população possa destinar o descarte de pilhas de baterias nesses espaços e destaca que é fundamental que a população tenha consciência do descarte correto desses itens, pelo potencial de toxicidade que esse material impacta na natureza. Os pneus podem ser entregues, por cada morador, a quantidade de quatro itens por mês. O município também conta com a parceria junto a Reciclanip.

Os resíduos inertes, principalmente entre os resíduos de construção, podem ser destinados em três unidades de Ecopontos no município e podem ser encaminhados ao Aterro de Inertes de Sorocaba. O aterro é uma instalação de 200 mil m², que recentemente foi reformado para absorver 350 toneladas de entulho. É um dos poucos aterros voltados a inertes no estado de São Paulo.

Não existe nenhum relato de problemas graves decorrentes da falta de controle de chorume no município de Sorocaba. Quando o Aterro Sanitário do Retiro São João foi desativado, foi cessada a fonte que apresentava maior dificuldade de equacionamento.

Mensalmente são percorridos 120 mil quilômetros para a realização da coleta de resíduos domésticos no município. Estima-se que 99,9% da população são beneficiadas com a execução deste serviço. O município disponibiliza 221 coletores, 26 caminhões compactadores e 3 caminhões de carroceria para as áreas de difícil acesso. Todo o município recebe o serviço com a frequência mínima de 3 vezes por semana.

Recentemente foi publicado um artigo no periódico Green Chemistry, sobre um experimento químico conduzido pela Universidade de Sorocaba (UNISO) que se consiste em obter produtos finos dos resíduos sólidos agrícolas, como os retirados a partir do bagaço da cana, palha de trigo e cana de açúcar, para destiná-los à indústria alimentícia, farmacêuticos e cosméticos.

O antigo lixão Aterro do Retiro de São João foi desativado há quase 10 anos e o processo de degradação ambiental está bem dimensionado. Em uma determinada fase, o cheiro e a atração de insetos e ratos traziam incômodos para a comunidade que morava no entorno. Porém, há alguns anos, o resultado da descontaminação da área surgiu efeito, e a vizinhança voltou a ter uma vida normal nessas áreas. Havia uma expectativa de cedê-lo a uma organização, mas devido a produção de chorume e de gás metano que ainda são percebidos no local, esse projeto está provisoriamente suspenso.

O serviço de tratamento do lodo do município de Sorocaba é realizado por sua autarquia SAAES, que cuida do fornecimento de água do município. Recentemente, a autarquia realizou a troca do tratamento de esgotos por meio da substituição de aeradores. Dessa forma, a instituição tem a expectativa de ter mais eficiência no tratamento do lodo, diminuindo os custos de manutenção.

A Prefeitura de Sorocaba realiza o recolhimento dos estabelecimentos industriais até 100 litros. A partir desse número, passa-se a cobrança vigente para os estabelecimentos domiciliares e comerciais, considerando as variáveis de composição de taxas de cobrança. O valor é proporcional à área construída de uma referida indústria. A indústria tem a opção de ser responsável pelo tratamento e deve informar ao município, se questionado, sobre o destino dado pelos resíduos quando fora dos limites de sua jurisdição.

5.6 ANÁLISE CRUZADA DOS CASOS

Nesta subseção foram analisadas as principais boas práticas e dificuldades junto aos pilares e aos fatores críticos da gestão de resíduos sólidos, a partir dos estudos de casos múltiplos realizados em cinco prefeituras do estado de São Paulo.

Todos os requisitos foram preenchidos em elementos dos pilares, a partir das fontes de evidências que foram organizadas no Apêndice C, o município teve o seu espaço inerente com a marcação “✓”, conforme Quadro 14. Já nos elementos de “fatores críticos”, conforme Quadro 15, as anotações tiveram a mesma lógica, mas, diga-se de passagem, que a marcação “

✓", nestas observações, remetem a questões que o município deve buscar alternativas para saná-las.

O que se busca nesta subseção é verificar o desempenho geral que pode ser percebido de forma mais genérica envolvendo todos os municípios, para que os pilares e os fatores críticos possam ser analisados de maneira "horizontal" e não cada uma das unidades de análise (municípios), conforme uma das principais prerrogativas de um estudo de caso.

A sequência escolhida para os municípios estudados foi a ordem alfabética, sendo considerado então: (A) Campinas, (B) Santo André, (C) Santos, (D) São Bernardo dos Campos e (E) Sorocaba.

Conforme o Quadro 14, é possível notar que a principal dificuldade enfrentada pelos municípios é são acerca das Soluções Ambientais e em especial em relação à energia renovável.

Quadro 4 - Identificados dos elementos nos pilares da Gestão de Resíduos Sólidos

Pilares	**Elementos**	**Prefeituras**				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
(P1) Gestão Pública	(E1) Coleta e transporte	✓	✓	✓	✓	✓
	(E2) Tratamento de resíduos	✓	✓			✓
	(E3) Reciclagem-Reúso-Aterro	✓	✓	✓	✓	✓
(P2) Política Pública	(E4) Políticas / Leis	✓	✓	✓	✓	✓
	(E5) Saúde	✓	✓	✓	✓	✓
	(E6) Urbanização		✓	✓	✓	✓
	(E7) Educação	✓	✓	✓	✓	✓
(P3) Soluções Ambientais	(E8) Ferramentas de gestão	✓	✓	✓		✓
	(E9) Energia renovável					
	(E10) Tecnologia	✓	✓	✓		✓
	(E11) Estratégias		✓	✓	✓	✓
(P4) TBL	(E12) Economia		✓	✓	✓	✓
	(E13) Sustentabilidade	✓	✓	✓	✓	✓
	(E14) Meio-ambiente	✓	✓	✓	✓	✓
	(E15) Social	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Percebe-se também, a dificuldade voltada ao tratamento de resíduos em que dois dos cinco municípios não apresentam uma forma específica de tratá-los. Quanto às Políticas Públicas e ao TBL, apenas o município de Campinas apresentou dificuldades em relação a um dos elementos em ambos os pilares, respectivamente Urbanização e Economia.

Os fatores críticos, foram apresentados conforme o Quadro 15. Nos cinco municípios em que se realizou os estudos de caso, identificou-se um problema relevante em cada um deles.

Quadro 5- Identificação dos fatores críticos na gestão de resíduos sólidos

Elementos	**Prefeituras**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
(E16) Impacto ambiental					
(E17) Descarte incorreto de material reciclável					✓
(E18) Gerações de resíduos					
(E19) Resíduo orgânico					
(E20) Desperdício					
(E21) Resíduos tóxicos e perigosos					
(E22) Resíduo inerte					
(E23) Chorume			✓		
(E24) Resíduo doméstico					
(E25) Resíduo Agrícola					
(E26) Lixões	✓	✓		✓	
(E27) Efluentes					
(E28) Resíduo industrial					

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020)

O problema mais recorrente que pôde ser verificado foi a desativação dos lixões com três apontamentos, e em seguida um apontamento quanto ao descontrole do chorume e um em relação do descarte incorreto de material reciclável. Vale lembrar, que uma das possibilidades de se ter identificado poucos apontamentos em relação aos pontos críticos e uma quantidade significativa de observações em relação às boas práticas e dificuldades nos pilares é pelo fato dos municípios terem sido bem selecionados entre os mais bem qualificados no estado de São Paulo.

Nesta subseção também serão apresentadas, conforme o Quadro 16, a síntese das boas práticas e dificuldades mais relevantes que foram observadas na realização dos estudos de casos, possibilitando a resolução dos objetivos de pesquisa e a resposta da questão norteadora dessa dissertação.

Quadro 6 - Boas práticas e dificuldades na gestão de resíduos sólidos

(continua)

Prefeitura	Boas Práticas	Dificuldades
Campinas	• Disponibilização sobre o roteiro realizado pelos serviços de coleta de resíduos a população (P1-E1) • Planejamento para implantar uma parceria público privada (PPP) com o intuito de melhorar a qualidade dos serviços de gestão de resíduos (P1) • Programas de sensibilização sobre a importância da coleta seletiva aos jovens (FC-E17 P2-E7) • Monitoramento virtual do tráfego de caminhões de coleta de resíduos (P3-E10) • Programas de alimentação escolar provenientes de alimentos possivelmente descartados (FC-E20 P4-E15) • Implantação de postos de entrega voluntária (PEVs) facilitando o descarte de materiais (FC-E17 P1-E1)	• Dificuldade na implementação de energia renovável a partir dos resíduos sólidos urbanos (P3-E9) • Dificuldades na desativação completa de "lixão" (FC- E26 P4-E14) • Falta de integração entre o Plano Diretor Municipal ao PMGRS (P2-E6) • Falta de estratégias que fomentem a hierarquia de resíduos sólidos na sociedade (P3-E11) • Baixo índice de recuperação dos materiais recicláveis (P1-E3)
Santo André	• Realização de compostagem instalada em 87 pontos do município (P1-E2) • Disponibilização de um pequeno veículo elétrico para remoção de resíduos reciclável na região central em horários de muito movimento (FC-E17 P1-E1) • Forte integração regional, possibilitando ações conjuntas entre os municípios, com geração de economia em escala aplicada nos resíduos (P1) • Desenvolvimento de um checklist para as famílias adotarem semanalmente, na manipulação de resíduos que possam acarretar doenças tropicais (P2- E5) • Disponibilização de aplicativo para cidadãos identificarem estação de coleta mais próxima (FC-E17 P3-E10) • Automatização da gestão de resíduos sólidos da saúde com o intuito de facilitar o processo dos serviços de coleta e proporcionar transparência aos contratantes (FC-E21 P3-E10) • Realização de oficinas à população para produção de mudas, compostagem e de técnicas de plantio (FC-E19 P4-E13) • Implementação de bonificação por resultados aos integrantes das coorporativas de reciclagem, a partir do cumprimento de metas (FC-E17 P4-E12) • Realização de Projetos de reciclagem voltados a menores infratores (P4-E15) • Fornecimento de cursos à população, visando a reciclagem de sofás, com o intuito de habilitar os desempregados a carpintaria e diminuir o descarte desse item por parte das famílias (FC-E17 P4-E13) • Realização constante de gravimetria (FC-E18 P3-E10) • Desenvolvimento por parte de instituição acadêmica, de uma ferramenta digital para aprimorar a gestão de resíduos de saúde nos hospitais da rede pública municipal (P2-E5) • Recolhimento de pneus em mais de 200 borracharias cadastradas no município para doação à ONG especializada no tratamento desse resíduo (FC-E21 P1-E1) • Parcerias junto à ONG, para disponibilizar a logística reversa de pilhas e baterias em diversos supermercados do município (FC-E21 P1-E1) • Projeto "Moeda Verde", em que as famílias podem trocar 5 kg de resíduos por 1 kg de frutas, verduras e legumes (FC-E17 P4-E13)	• Contaminação de chorume no córrego do município em decorrência de alagamento (FC-E23 P4-E14) • Dificuldade em realização de projetos voltados a utilização de resíduos na produção de energia (P3-E9) • Baixo índice de recuperação dos materiais recicláveis (P1-E3)

Quadro 16 - Boas práticas e dificuldades na gestão de resíduos sólidos

(conclusão)

Prefeitura	Boas Práticas	Dificuldades
Santos	• Crescimento de 320% na coleta de resíduos recicláveis nos últimos cinco anos (FC-E17 P1-E3) • Aproveitamento de 18% de todos os resíduos recicláveis (FC-E17 P1-E3) • Coparticipação de municípios vizinhos no planejamento e fiscalização de ações voltadas ao gerenciamento de resíduos sólidos (P3-E11) • Exigência de cadastro de transportadoras de resíduos junto à prefeitura (P1-E1) • Inclusão da gestão de resíduos no planejamento das obras civis (P2-E6) • Campanhas de sensibilização voltada a gestores condominiais (P2-E7) • Compartilhamento da central de segurança do município com os gestores de resíduos, para análise de descartes irregulares (P3-E10) • Fomento a atividades de ONG, mobilizando mais de 3.000 voluntários e a retirar mais de 50 toneladas de resíduos do mar (FC-E17 P4-14) • Organização do Clube do Condomínio, que troca resíduos por dinheiro, visando a aplicação dos recursos em benfeitorias às moradias (FC-E17 P4-E12) • Instituição de um decreto obrigando toda a administração direta e indireta a seguir protocolos de reciclagem em suas instalações (P2-E4) • Realização de eventos para sensibilização de empresários da alimentação, no sentido de adotarem medidas que diminuam ou cessem a produção de resíduos (FC-E20 P3-E11)	• Dificuldade na implementação de energia a partir de resíduos sólidos urbanos (P3-E9) • Aterro sanitário próximo de sua vida útil (P1-E3) • Ação de catadores clandestinos, passando antes dos caminhões legalizados, para desviar resíduos com valor agregado (P1-E1) • Dificuldade de o poder municipal acessar às instalações das comunidades ribeirinhas (FC-E16 P2-E6) • Despejo de entulhos em locais proibidos ou em outros municípios ao redor da cidade (FC-E22 P4-E14) • Passivo ambiental ocasionado pela desativação de um de seus antigos principais lixões (FC-E26 P4-E14) • Falta de Pontos de Entrega Voluntárias (FC-E17 P1-E1) • Baixo índice de recuperação dos materiais recicláveis (P1-E3)
São Bernardo do Campo	• Elaboração de uma revista científica municipal para assuntos ambientais, incluindo a gestão de resíduos sólidos (P2-E7) • Feira de trocas de brinquedos e outros utensílios para os servidores da administração pública (FC-E17 P1-E3) • Organização de mutirões para a remoção de resíduos no entorno de represa (FC-E16 P4-E14) • Campanha para os funcionários públicos substituírem copos descartáveis por canecas particulares (FC-E17 P1-E3) • Organização de Banco de Alimentos, visando a redução do desperdício de alimentos, contribuindo com quase 70 mil famílias (FC-E19 P4-E15) • Reconhecimento pelo Guinness World Records, como o município que mais coleta óleo usado no mundo (FC-E21 P3-E11) • Organização do serviço “Bota Fora” em que são recolhidos material recicláveis de grande volume na casa dos moradores trimestralmente (FC-E22 P1-E1)	• Dificuldade em disponibilizar tecnologias diferenciadas para a gestão de resíduos (P3-E10) • Instabilidade de manutenção contratual e andamentos de projetos(P3-E8) • Dificuldade de gestão de resíduos em regiões muito afastadas (FC-E16 P2-E6) • Site de serviços públicos com má qualidade, dificultando acesso às informações relevantes por parte dos munícipes (P1) • Dificuldades na realização de projetos voltados a utilização de resíduos para produção de energia (P3-E9) • Baixo índice de recuperação dos materiais recicláveis (P1-E3) • Dificuldades na desativação completa de “lixão” (FC- E26 P4-E14)
Sorocaba	• Decreto municipal da semana da conscientização de "não jogue o vidro no lixo" (P2-E4) • Realização de parcerias com organizações não-governamentais para a realização da coleta de equipamentos eletrônicos (FC-E17 P1-E1) • Realização de campanhas voluntárias para retirada de resíduos em ambientes que possam gerar doenças tropicais, transmitidas por meio de insetos (P2-E5) • Organização de campanhas de reciclagem de bitucas de cigarro, aproveitando parte significativa de sua celulose (FC-E17 P2-E7) • Organizar a estrutura urbana para facilitar o gerenciamento de resíduos sólidos (P2-E6) • Viabilização de participação em eventos internacionais aos gestores de resíduos, para atualização dos métodos mais sofisticados praticados no mundo (P2-E7) • Inclusão do município na “World Cleanup Day”, oportunizando o recolhimento de uma quantidade significativa de resíduos (FC-E17 P4-E14) • Disponibilização de um aterro somente para resíduos inertes, principalmente os resíduos de construção (FC-E22 P1-E3) • Realização de projeto visando o aproveitamento de resíduos agrícolas, com a contribuição de instituição acadêmica da área, para a aplicação de suas nobres propriedades químicas na indústria (FC-E25 P3-E10)	• Dificuldade em conscientizar população sobre os locais adequados para depositarem resíduos (P1) • Utilização da construção de fontes renováveis como instrumento para campanha eleitoral (P3-E9) • Baixo índice de recuperação dos materiais recicláveis (P1-E3)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Conforme o Quadro 16 é possível verificar que a boa prática identificada com mais frequência, em relação aos elementos contidos nos pilares dos resíduos sólidos, sem serem considerados os que estão em concomitância com os fatores críticos, foi o elemento Coleta e Transporte (E1) contido no Pilar de Gestão Pública (P1). Em seguida, apresentou-se destaque nos elementos Saúde (E5) e Educação (E7) com três boas práticas identificadas em cada, sendo que ambos elementos estão no Pilar Políticas Públicas (P2). E com duas abordagens cada, apresentam-se os elementos Políticas/Leis (E4) e Estratégias (E11), pertencentes respectivamente aos Pilares Políticas Públicas (P2) e Soluções Ambientais (P3). O Pilar TBL (P3) apresentou somente um apontamento nesta análise, a que está vinculada ao elemento Economia (E12).

É de se destacar que os elementos Reciclagem-Reuso-Aterro (E3), Ferramentas de Gestão (E8), Energia Renovável (E9), Sustentabilidade (E13), Meio Ambiente (E14), Social (E15) não obtiveram nenhum apontamento em relação às boas práticas relacionadas. Todos esses elementos são importantes para o aprimoramento técnico da gestão de resíduos sólidos.

Quanto às dificuldades mais recorrentes junto aos pilares da gestão de resíduos sólidos, destaca-se a Reciclagem-Reuso-Aterro (E3) com 6 apontamentos e a Energia Renovável (E9) com 5 apontamentos, integrando respectivamente aos pilares da Gestão Pública (P1) e Soluções Ambientais (P3).

Os elementos Tratamento de Resíduos (E2), Políticas/Leis (E4), Saúde (E5), Educação (E7), Economia (E12), Sustentabilidade (E13), Meio ambiente (E14) e Social (E15) não obtiveram nenhum apontamento relacionado às dificuldades.

Quanto aos Fatores Críticos, menciona-se que o elemento Descarte Incorreto de Resíduos Recicláveis (E17) obteve 11 boas práticas identificadas na pesquisa e em seguida destacou-se Resíduos Tóxicos e Perigosos (E21) com quatro apontamentos. Resíduo Orgânico (E19) e Desperdício (E20) obtiveram dois apontamentos. Todos os demais itens obtiveram uma ou nenhuma boa prática destacada.

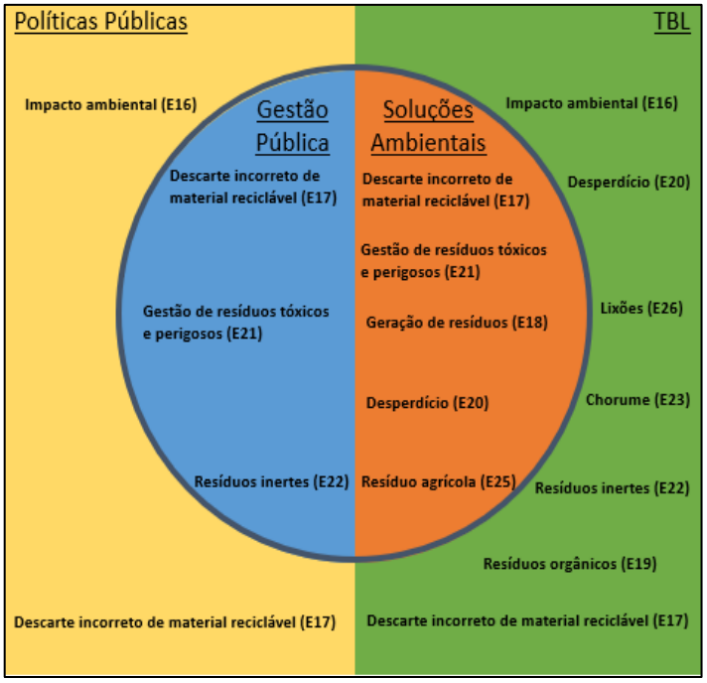
Entre os elementos que não foram contemplados com nenhuma boa prática inclui-se Chorume (E23), Resíduo Doméstico (E24), Lixões (E26), Efluentes (E27) e Resíduos Industriais (28). Vale ressaltar que no caso do chorume, as prefeituras têm se mobilizado para regularizar as situações dos aterros, o que resulta em uma proteção mais consistente das áreas que podem ser contaminadas. Os resíduos domésticos são descartados com regularidade em todos os municípios abordados, por meio de coleta e transportes com a frequência mínima de três vezes semanais. Nota-se uma carência de boas práticas em relação aos lixões pelo impacto que tem causado nas unidades de análise. Os efluentes e os resíduos industriais têm

por designação a competência estadual, fato este que justifica as ações relevantes por parte das prefeituras estudadas.

Em relação às dificuldades apresentadas junto aos Fatores Críticos, destacam-se os Lixões (E26) e aos Impactos Ambientais (E16), com respectivamente três e dois apontamentos. Descarte Incorreto de Materiais Recicláveis (E17), Resíduo Inerte (E22) e Chorume (E23) apresentaram uma dificuldade cada. Os oito elementos restantes, incluindo Geração de Resíduos (E18), Resíduos Orgânicos (E19), Desperdício (E20), Resíduos Tóxicos e Perigosos (E21), Resíduo Doméstico (E24), Resíduo Agrícola (E25), Efluentes (E27) e Resíduo Industrial (E28) não apresentaram nenhum apontamento.

Observa-se que as boas práticas e dificuldades que foram direcionadas aos fatores críticos, puderam também ser elencados nos quatro pilares para que pudesse ser feito a análise cruzada na perspectiva da Gestão Púbica, Políticas Públicas, Soluções Ambientais e TBL; e em seguida fossem elaboradas as diretrizes dessa mesma forma. Para exemplificar, segue a Figura 17, identifica-se a disposição dos fatores críticos distribuídos nos pilares, conforme a execução dos estudos de casos que pode ser conferido no Quadro 16.

Figura 16- Distribuição dos elementos dos Fatores Críticos nos Pilares da Gestão de Resíduos Sólidos



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Nota-se que a maior parte dos elementos fatores críticos foram distribuídos para o pilar TBL, principalmente em decorrência de muitos desses itens terem convergência com o meio ambiente. Verifica-se também, que o elemento Descarte Incorreto de Material Reciclável (E17) foi o único que esteve presente nos quatro pilares dessa pesquisa, conforme a análise cruzada de cada um deles a seguir.

5.6.1 Gestão Pública

Entre as boas práticas que foram apresentadas na Gestão Pública que não pertenceu a nenhum elemento identificado no estudo, encontra-se o planejamento de implementação de parceria-público-privado, conforme o caso de Campinas. Aponta-se também a forte integração regional por meio de ações conjuntas entre os municípios do Grande ABC, conforme pôde ser verificado nos casos de Santo André e de São Bernardo do Campo (ambos fazem parte dessa região), podendo proporcionar economia em escala nos projetos voltados aos resíduos para os participantes.

Em relação as dificuldades que também não foram elencadas a um elemento específico, apenas ao pilar Gestão Pública, identificou-se o site da Prefeitura de São Bernardo do Campo com má qualidade, dificultando o acesso por parte dos munícipes e a dificuldade que o município de Sorocaba tem em conscientizar seus habitantes em relação aos locais de descartes adequados.

No elemento Coleta e Transporte (E1), pôde ser identificada a disponibilização das informações do roteiro de coleta aos cidadãos e a implementação dos Postos de Entrega Voluntária, conforme caso de Campinas. Em Santo André, foi disponibilizado um pequeno veículo elétrico para a coleta de materiais descartáveis no centro da cidade, para que pudesse ser evitado o acúmulo de resíduos em horários de pico; organizou-se pontos de coleta de pneus em 200 borracharias na cidade para destinação e pontos de coletas de pilha e baterias em supermercados, para que todos esses materiais pudessem ser retirados por ONGs.

Verificou-se a exigência de cadastro por parte de transportes instaladas no município, para execução de transportes de resíduos em Santos. São Bernardo Campo disponibiliza o serviço “Bota-Fora” que se consiste em recolher trimestralmente objetos volumosos e descartáveis na casa de cada cidadão. Em Sorocaba, realiza-se eventos junto às escolas para que os alunos e as comunidades escolares se mobilizem para levar materiais eletroeletrônicos, facilitando assim o a coleta desses materiais com potencial de contaminação. Todos os

municípios pesquisados apresentaram práticas diferenciadas em relação a Coleta e Transporte (E1).

Quanto às dificuldades na Coleta e Transporte (E1), menciona-se a ação de catadores clandestinos, furtando resíduos de alto valor agregado em horário antecipado a passagem dos caminhões de coleta designados, deixando para descarte apenas os itens de pouco interesse comercial aos recicladores; e falta de Pontos de Entrega Voluntários, ambos acontecimentos no município de Santos.

Em relação às boas práticas em Tratamento de Resíduos (E2) a única boa prática a ser destacada foi a de Santo André, por meio da articulação de compostagem em 87 pontos distintos da cidade. Os municípios de Campinas e de Sorocaba, viabilizam tratamento de resíduos, mas nos municípios de Santos e de São Bernardo do Campo não foi possível comprovar nenhuma boa prática. Não foi verificada nenhuma dificuldade entre as unidades em que foram realizadas as pesquisas acerca do Tratamento de Resíduos.

Em Reciclagem-Reuso-Aterro (E3), todos os municípios apresentaram ações a esse elemento. Quanto às boas práticas, o município de Santos apresentou um crescimento significativo de 320% de aumento de reciclagem nos últimos cinco anos e atualmente apresenta um índice expressivo de 18% de aproveitamento de todos os materiais recicláveis. Em São Bernardo do Campo, organiza-se eventos com o intuito dos servidores trocarem roupas e brinquedos entre si e promove-se a adoção de uma caneca permanente para evitar os copos descartáveis. Em Sorocaba, aproveita-se as bitucas de cigarro, transformando-as em celulose. Para cada quilo de bituca, reverte-se em 800 gramas de celulose. Também em Sorocaba, disponibiliza-se um aterro exclusivo para depositar os resíduos inertes, cujos resíduos de construção e demolição são os que mais se destacam. Em Campinas e Santo André, não foram observadas boas práticas.

Em relação às dificuldades, os cinco municípios apresentam índices de recuperação de resíduos, conforme ISLU 2019, baixas. No município de Santos existe a preocupação da vida útil do aterro terminar, pois não se tem uma definição exata de um eventual local para migrar os dejetos produzidos em sua circunscrição.

5.6.2 Políticas Públicas

Todos os municípios pesquisados apresentaram a instituição de Política Municipal de Resíduos Sólidos em suas jurisdições, fazendo jus a Políticas/Leis (E4). Quanto as boas práticas em relação a este item, verifica-se a instituição de decreto em Santos exigindo que

todas as instalações integrantes do serviço público municipal elaborassem normas com base em protocolos de reciclagem. Em Sorocaba, instituiu-se a semana da “conscientização de não jogar vidro no lixo” no mês de setembro. Não foram apresentadas dificuldades referentes a Políticas/Leis (E4).

Quanto a Saúde (E5), todos os municípios apresentaram algum procedimento vinculado a este elemento. No que se refere às boas práticas, verificou-se o desenvolvimento de um aplicativo, por meio de uma parceria junto a uma instituição de ensino local, para o aprimoramento da gestão de resíduos da saúde nos hospitais municipais de Santo André. No mesmo município, também foi desenvolvido um checklist para as famílias verificarem semanalmente para que fossem evitados a contaminação de doenças tropicais pelo manejo impróprio de resíduos nas instalações domiciliares. Com o mesmo foco de evitar doenças tropicais, verificou-se ações de retirada de resíduos pelas ruas em Sorocaba. Não foram detectadas nenhuma dificuldade em relação a este item.

Quanto a Urbanização (E6), o único município que não apresentou aderência a este elemento foi Campinas. As boas práticas identificadas foram a participação de um comitê especialista em resíduos no município Santos, para a expedição de alvará de construção em uma determinada região da cidade, pela questão de provisionamento da logística necessária para recolhimento e transporte dos resíduos domiciliares e recicláveis.

Em relação às dificuldades, verifica-se o fato do município de Campinas não ter integrado o seu Plano de Resíduos em seu Plano Diretor, faltando uma seção exclusiva que cuidasse da gestão de resíduos. Apresentou-se também a dificuldade de acesso dos poderes públicos em acessar regiões municipais remotas, como nos casos das comunidades ribeirinha em Santos e nas regiões próximas da represa de Billings em São Bernardo do Campo.

Quanto à Educação (E7), todos os municípios apresentaram a realização de algumas ações voltadas a esse elemento. Em Campinas, a Secretaria da Educação realiza ações voltadas à sensibilização de jovens em sua rede de ensino. Em Santos, periodicamente, realiza-se eventos voltados aos síndicos dos condomínios, visando a melhora da performance da coleta seletiva nos edifícios. Em São Bernardo do Campo, está sendo elaborado uma revista científica com a finalidade de articular conhecimentos acerca da gestão ambiental local incluindo a gestão de resíduos. Em Sorocaba, o município busca alternativas para enviar os seus gestores de resíduos a participarem de feiras internacionais, com a intenção de deixá-los em contato com as tecnologias mais sofisticadas do tema. Não foram apresentadas dificuldades voltadas a este item.

5.6.3 Soluções Ambientais

O único município que não apresenta nenhuma ação relativa a Ferramentas de Gestão (E8) é o município de São Bernardo do Campo. No entanto, nenhum dos municípios pesquisados apresentam uma boa prática para serem relatadas. O que foi registrado como uma dificuldade nesse elemento foi a descontinuidade de projetos apresentado por São Bernardo do Campo, que em determinados momentos buscou a implementação de uma parceria-público-privada, mas que devido a problemas em sua organização administrativa não pôde concluir o procedimento.

Em relação a Energia Renovável (E9) não foi apresentado nenhum procedimento dos cinco municípios pesquisados e tampouco alguma boa prática. Aliás, todos os municípios apresentaram dificuldades a este elemento. Em Sorocaba, a falta deste item resulta em uma gravidade superior aos outros municípios, pois a energia renovável foi tratada como um item de campanha eleitoral que acabou não sendo viabilizada. Não foram apurados motivos consistentes que pudessem justificar a falta de implementação como um evento fortuito.

No que tange à Tecnologia (E10) todos os municípios apresentaram ações inerentes a este elemento, com exceção de São Bernardo do Campo que não. Em Campinas, identificou-se o monitoramento virtual de caminhões, para a administração pública poder ter o controle da rota de cada caminhão destinado a esse serviço. Em Santo André, há a disponibilização de aplicativos por meio de GPS que auxilia os seus munícipes a localizarem os locais mais próximos para realizarem descartes; e autarquia municipal SANASA, realiza a prestação de serviços de coleta de resíduos de saúde com o apoio de aplicativo, o que permite a impressão da quantidade de itens recolhidos no instante da execução do serviço para os hospitais particulares que os contratam.

Também em Santo André, conta-se com a realização constante de gravimetria, para possibilitar o dimensionamento mais exato da geração e a caracterização dos resíduos sólidos locais. O município de Santos compartilha a central de segurança do município com o serviço de inteligência da gestão de resíduos, o que possibilita a identificação de descartes irregulares, por meio de uma mesma tecnologia, aumentando o poderio de fiscalização e autuação das autoridades competentes. Em Sorocaba, recentemente realizou-se estudos voltados a exploração de propriedades químicas nobres dos resíduos agrícolas, para serem destinados a indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética. Esta pesquisa resultou em uma publicação acadêmica internacional.

Em relação à Estratégia (E11), o único município entre os pesquisados que não apresentou um procedimento claro foi Campinas. Em Santos, os municípios da região discutem com frequência estratégias comuns para coibirem a destinação incorreta e alternativas para integrar as suas ações voltadas à gestão de resíduos; e busca-se meios para conscientizar os empresários a reduzirem a produção, principalmente de alimentos, para que se busque cessar a fonte de geração de resíduos e consequentemente de desperdício. Em São Bernardo do Campo, realizou-se uma mobilização em diversos setores da sociedade, que culminou no recorde mundial da cidade com o maior volume de reciclagem de óleo vegetal, resultado este que foi registrado no livro dos recordes. Campinas conta com a parceria-público-privada para a realização de ações que disseminem à hierarquia de resíduos, pois no momento o município tem dificuldades em fazê-la.

5.6.4 TBL

Entre os cinco municípios pesquisados, apenas Campinas não apresentou ações voltadas à Economia (E12) dos resíduos sólidos. Em Santo André, o governo local estabeleceu a boa prática do pagamento de bônus-mérito aos cooperados, conforme conseguissem superar as metas de recuperação de resíduos e que dessa forma diminuísse a destinação de descartes ao aterro. Em Santos, realizou-se o Clube do Condomínio, em que os resíduos sólidos recicláveis locais foram convertidos em pontuação. A partir de uma determinada quantidade de recolhimento, os condomínios poderiam sacar os valores proporcionais aos resíduos gerados e com esses recursos, teriam condições de destinarem a benfeitorias necessárias em suas respectivas instalações. Não foram assinaladas nenhuma dificuldade entre os municípios analisados.

Quanto à Sustentabilidade (E13) todos os municípios apresentaram ações. Quanto às boas práticas, Santo André apresentou a realização de oficinas para o incentivo da compostagem, possibilitando inclusive a comercialização do excedente; habilitou munícipes para desempenharem a atividade de reciclagem de sofás, partindo da prerrogativa de uma grande quantidade de itens que são descartados e fomento uma atividade profissional principalmente aos desempregados; e criou o projeto “Moeda Verde”, em que a população pode realizar a troca de cinco quilos de resíduos recicláveis por um quilo de frutas-verduras-legumes. Não foram relatadas dificuldades voltadas a este elemento.

Todos os municípios apresentaram ações voltadas ao Meio Ambiente (E14). Em Santos, realizou-se a retirada de mais de 50 toneladas de resíduos do mar com o apoio de mais de três

mil voluntários. Em ações semelhantes, São Bernardo do Campo mobiliza regularmente voluntários para limpar o entorno da represa de Billings e em Sorocaba, os seus munícipes fazem parte de um evento internacional, que mobiliza centenas de voluntários para a limpeza de pontos críticos da cidade. Quanto às dificuldades, tanto Campinas, como Santos e São Bernardo do Campo, têm instalado em sua jurisdição lixões que estão sendo remediados, mas que ainda causam impactos ambientais em seus arredores. Em Santo André, verifica-se a contaminação de chorume em um de seus córregos, principalmente nas ocasiões em que se presencia alagamentos.

Quanto à questão Social (E15), observa-se ações por todos os municípios pesquisados. Considerando as práticas, o município de Campinas proporciona alimentação às suas escolas a partir do aproveitamento de alimentos perecíveis que seriam descartados; ação semelhante em São Bernardo do Campo que organiza um banco de alimentos (sendo a maior parte de itens que seriam possivelmente descartáveis) e beneficiam 70 mil famílias cadastradas. Em Santo André, realiza-se projetos sociais de aproveitamento de resíduos recicláveis por meio de jovens infratores.

6 DIRETRIZES PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Nesta seção, apresentam-se as diretrizes para a gestão de resíduos sólidos, a partir do referencial teórico desta pesquisa, e acrescidos os estudos de casos realizados nos municípios de Campinas, Santo André, Santos, São Bernardo do Campo e Sorocaba, em que subsidiaram as identificações de boas práticas e dificuldades presentes neste campo do conhecimento.

Para tanto, as informações foram articuladas para o desenvolvimento dos quatro principais pilares identificados no decorrer dessa pesquisa, incluindo: gestão pública, políticas públicas, soluções ambientais e TBL, desenvolvida no referencial teórico e ratificado na elaboração dos estudos de caso e das análises cruzadas, conforme a Figura 18.

Figura 17- Pilares da Gestão de Resíduos Sólidos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

O pilar da Gestão Pública tem uma participação preponderante dos governantes de um determinado município, devem ser administrados principalmente pelas Secretarias do Serviço Público e do Meio Ambiente. Alguns municípios determinam esta competência a autarquias municipais, a empresas de capital misto ou ainda a parcerias público-privadas (PAN et al., 2018). É fundamental que haja participação dos munícipes nesse processo, pelo fato da gestão de resíduos sólidos implicar em um dos serviços de maior custo para o erário municipal. Os governantes devem estar atentos quanto a capacidade financeira da prefeitura em que se atua,

pois, este setor envolve promessas de campanha que muitas vezes podem acabar por não ser concretizadas. Muitas vezes o descumprimento ocorre não por falta de competência operacional de seus agentes, mas pelo fato dos orçamentos das prefeituras estarem cada vez imobilizados com as despesas obrigatórias, que envolve a folha de pagamento (limitado a 60% do orçamento anual), a educação (investimento mínimo de 25% do orçamento) e a saúde (investimento mínimo de 15%), o que acabam por não disponibilizar uma margem para investimentos nas melhorias necessárias para a gestão dos municípios (BRASIL, 1988, 2000a, 2000b). Diante dessas considerações, há de se mencionar que uma gestão de resíduos bem sucedida só é possível diante do trabalho responsável por parte dos gestores municipais (WORLD BANK GROUP, 2018).

O pilar Políticas Públicas envolve a gestão do poder executivo municipal em consonância com o poder legislativo, pois aqui são consideradas as peças jurídicas que podem dar celeridade a trâmites e projetos importantes (TOZLU; ÖZAHI; ABUŞOLLU, 2016). Considera-se também a coparticipação das Secretarias da Saúde e da Educação, para conscientizar a população sobre a importância da mudança de postura dos munícipes, postura essa que deve ser mudada em praticamente todo o território nacional, tanto em relação a atenção em reciclar o próprio resíduo doméstico, como cuidar dos resíduos do ambiente em que se encontra, para inibir a transmissão das doenças tropicais (UNITED NATIONS, 1988). Outra questão importante que deve ser elencada é o alinhamento que as instituições devem ter no planejamento urbano municipal, para que a gestão de resíduos sólidos possa ser sempre priorizada, tanto no sentido do município agir pela zeladoria de sua jurisdição como no enfoque do poder público ter capilaridade para não abandonar espaços que pertençam a sua reponsabilidade (PANEPINTO; BLENGINI; GENON, 2015). Descuidos como esse, permite a formação de lixões clandestinos cuja omissão do estado pode culminar em contaminação de áreas ambientais importantes sem deixar de mencionar a contaminação aquífera (ABD EL-SALAM; ABU-ZUID, 2015).

O pilar Soluções Ambientais, agrega todos os diferenciais de inteligência que um município pode se servir, tanto o município sendo o provedor de soluções de resíduos como na condição de parceria ou mesmo na contratação de serviços diferenciados da iniciativa privada (WILSON et al., 2015). O poder público não pode deixar de estar alinhada com as principais boas práticas que o mundo tem desenvolvido na área, pois muitas vezes as soluções não precisam ser desenvolvidas às custas de um montante financeiro expressivo (QAMBRANI et al., 2017). Muitas vezes o que se requer é somente a boa vontade dos próprios servidores públicos, como a articulação para a obtenção de apoio junto aos

munícipes. Pelo fato do Brasil ser um país em desenvolvimento e dispor um percentual de resíduos orgânicos significativos, é muito importante que se desenvolva métodos alternativos para a obtenção de energia a partir do gás metano gerado nos aterros (MALINAUSKAITE et al., 2017).

O pilar TBL agrega as questões do meio ambiente, da sociedade, da economia e para as questões que envolvessem duas ou três dessas vertentes, chamou-se sustentabilidade (NICOLETTI JUNIOR; DE OLIVEIRA; HELLENO, 2018). Depois da exploração da atividade econômica com poucas preocupações sobre os impactos ambientais, a partir da década de 1990 passou-se a analisar os impactos e os passivos ambientais decorrentes das atividades humanas (ELKINGTON, 1994). Foi possível analisar, dentro desse contexto, as consequências que a falta de critério na gestão de resíduos acarretava a vida pública e privada das populações do planeta. Muitas pessoas ainda vivem nos arredores de lixões, angariando parte dos materiais que existem por lá, para comercializá-lo a valores irrisórios (WORLD BANK GROUP, 2018). Muitas pessoas moram ao lado de lixões que estão atualmente inoperantes, embora produzam mal cheiro e a presença de animais peçonhentos para os habitantes. Para que a gestão de resíduos sólidos alcance índices satisfatórios é imprescindível que a população, empresários de diversos segmentos e organizações não governamentais participem junto com o poder público para a construção de uma agenda integrada (NUNHES; BERNARDO; JOSÉ DE OLIVEIRA, 2020).

A partir da contextualização dos pilares, organizou-se quatro subseções, para que fosse mencionado as especificidades de cada pilar, com lastro nos estudos dos elementos identificados.

6.1 GESTÃO PÚBLICA

As prefeituras podem investigar constantemente alternativas para que se possa aperfeiçoar a gestão de resíduos sólidos em seus respectivos municípios. Pode-se levar em conta nessas investigações as possibilidades da implementação de parcerias público privadas, por permitir investimentos privados para a execução desses serviços, transferindo a responsabilidade de gestão para empresas especializadas (KLEIN et al., 2018). Cabe também, a reflexão da utilização de empresas de capital misto, pelo fato de o poder público ter mais controle sobre os processos de um serviço essencial com uma certa diminuição de burocracias, como também vale institui-lo por meio de uma autarquia, cuja responsabilidade do município é integral pela gestão (HUANG et al., 2018). Mas também é válida a opção de a

secretaria de serviços públicos contratar os prestadores de serviço, com um acompanhamento contratual rigoroso, para o município não perder o seu padrão de limpeza pública.

É de se considerar também, a hipótese da formação de consórcios públicos intermunicipais, com o compartilhamento de materiais e expertise na execução de serviços relacionados a gestão de resíduos. Iniciativas como essa pode prover ganhos em escala para os envolvidos, embora a gestão de uma empresa pública com mais de um município tenha a possibilidade de sua administração mais dificultosa.

Para o desenvolvimento da Coleta e Transporte (E1) nos municípios, recomenda-se estudos constantes para a otimização de rotas, o que pode proporcionar economia nos custos logísticos das prefeituras. É fundamental que as prefeituras se organizem para a implementação da coleta seletiva, visto que em muitas regiões só se realiza a coleta domiciliar (GHIANI et al., 2014). Outra ação que pode melhorar a qualidade dos transportes, no sentido de se inibir os descartes incorretos, é o cadastro de transportadoras de resíduos, para que se tenha o controle adequado das organizações que atuam no setor. A comunicação e a conscientização da população são fundamentais para o sucesso desse serviço no município, visando: os horários e dias da passagem dos caminhões incumbidos pela coleta; o reforço da embalagem dos resíduos orgânicos para não serem revirados por animais de rua; o esforço da população para separar os itens descartáveis dos úmidos; e a conscientização para que os munícipes embalem adequadamente as seringas, vidros e outros materiais cortantes. Essa comunicação pode ser reforçada, como exemplo, por memorandos condominiais, por veículos de mídias privadas entre outras formas (SOLTANI et al., 2015a). Também podem ser disponibilizados pontos de coleta de pneus, de preferência até nas borracharias, para que os usuários possam depositar os seus pneus com mais comodidade, para que essas empresas possam disponibilizar o material para os recicladores especializados buscarem em seu ambiente (TORRETTA et al., 2015).

Levando-se em consideração que os níveis de Tratamento de Resíduos (E2) no Brasil não são significativos, recorrendo-se mais às atividades de reciclagem (diga-se de passagem com um índices muito baixos) e uma destinação muito alta de resíduos aos aterros, seria oportuno o desenvolvimento de comitês locais que buscassem a discussão de alternativas de adoção de tratamentos de resíduos nos municípios (VUČIJAK; KURTAGIĆ; SILAJDŽIĆ, 2016). Deve-se levar em consideração as características de cada região e recorrer aos meios que não prejudique as atividades desenvolvidas pelos catadores e os cooperados, visto que são atores fundamentais para a logística reversa dos resíduos sólidos (KUMAR et al., 2017). É fundamental que as instituições de ensino, públicas e privadas, adiram a tratamentos como a

compostagem, por ser uma técnica barata e com impacto social considerável, visto que as crianças são potenciais multiplicadores destas ações (PATTNAIK; REDDY, 2010).

Os municípios devem sempre proporcionar Postos de Entrega Voluntária para melhorar a performance da Reciclagem-Reuso-Aterro (E3). Quando os resíduos são destinados a essas instalações, a sua separação é mais eficiente e as entidades que são especializadas em cada um dos produtos que são depositados, conseguem providenciar uma destinação melhor (ERSES YAY, 2015; TAN et al., 2015). Para divulgar esses pontos, a prefeitura pode realizar projetos que incentive a visita de estudantes a essas instalações, ou ações pontuais que aumente a arrecadação específica de um determinado item, considerando os que mais causam impactos ambientais em um determinado local. É conveniente que as prefeituras busquem parcerias junto a ONGs que retirem materiais eletroeletrônicos nas residências da população (SOLTANI et al., 2015a). Outra possibilidade que as prefeituras podem recorrer é disponibilizar veículo elétrico, que possa trafegar pelas calçadas, para a retirada de materiais descartáveis em pontos estratégicos em momentos que se tenha muita circulação de pessoas. Uma forma que o poder público pode adotar para conseguir mobilizar a população para adotarem procedimentos adequados na coleta de resíduos é por meio de adoção de metas com ampla divulgação, para sensibilizar a comunidade e aumentar os índices de aproveitamento de reciclagem (WU; YU; SHEN, 2017). Essas campanhas devem ser divulgadas em todas as etapas, para a motivação dos participantes permanecerem alta e que possa ser restabelecida as metas futuras.

Para a reutilização dos resíduos, pode-se mobilizar a academia e as empresas visando aplicações de itens descartados como insumos e matérias-primas para retroalimentar sistemas produtivos instalados nas regiões que componham as jurisdições do município. Pode-se estender também, a expertise acadêmica e empresarial para a transferência de conhecimento e de recursos para os cooperados, visando a organização desse setor com enorme potencial de reduzir os impactos ambientais produzidos pelos resíduos (FERRI; DINIZ CHAVES; RIBEIRO, 2015). Em relação aos aterros, são necessários o desenvolvimento de métodos para análise ambiental, para fornecer a sociedade informações seguras em relação à contaminação e potencial de permanência, visto que muitas vezes são passadas informações sem critérios científicos sobre a capacidade temporal de utilização desses espaços, impactando em uma interrupção de difícil reorganização para a disposição de resíduos (KOLLIKKATHARA; FENG; YU, 2010).

6.2 POLÍTICAS PÚBLICAS

As Políticas/Leis (E4) devem ser elaboradas para a definição das responsabilidades de todos os envolvidos na gestão de resíduos sólidos no município, incluindo os cidadãos, as organizações geradoras de resíduos, as instituições públicas, os catadores, as empresas envolvidas no gerenciamento de resíduos entre outros. Os municípios devem instituir o Plano de Municipal de Gestão Integrada de Resíduos, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa implementação é fundamental para que se possa pleitear recursos junto aos poderes estaduais e federal para o aprimoramento da gestão dos resíduos (KLEIN et al., 2018). Os municípios devem ter a preocupação não somente de instituir o referido plano, mas também em atualizá-lo constantemente, para que se possa ajustar as necessidades conforme a complexidade que os municípios exigirem e a disponibilidade de tecnologias proporcionados pelos avanços científicos e aplicados (SARATH et al., 2015). É providencial, que as prefeituras pactuem acordos intermunicipais para que a gestão entre os vizinhos possa se tornar mais efetiva, blindando os municípios de possíveis tentativas por parte de agentes irregulares e criminosos nos territórios mais afastados das respectivas jurisdições (LOUIS, 2004). Menciona-se também, a importância de se instituir leis que fomentem a conscientização da população relacionados aos resíduos que possam causar um impacto significativo em uma determinada região. Outra ação importante que pode ser providenciada pelo poder pública é a instituição de um modus operandi que institua a regulamentação dos resíduos nas próprias instalações dos municípios, partindo da prerrogativa que os bons exemplos devem surgir do próprio agente fiscalizador.

Para a questão da Saúde (E5), os municípios devem adotar métodos para conseguirem mensurar os níveis de poluição na água, no ar e no solo, para direcionar as suas políticas voltadas aos resíduos (WILSON et al., 2015). Os agentes de saúde podem auxiliar na mobilização de parte da população para os cuidados voltados às doenças tropicais, principalmente nos períodos de verão e nos dias em que as chuvas se intensificam. Pode-se elaborais materiais gráficos e digitais de acesso facilitado para que a população possa instituir um checklist com a periodicidade semanal, para a certificação dos procedimentos voltados à eliminação do foco de doenças advindas do mosquito Aedes Aegypt (ERSES YAY, 2015). Outro ponto de apoio importante para este item é a contribuição de jovens estudantes na verificação do procedimento de eliminação de foco e a sugestão de pesquisa para os alunos irem se ambientando a uma rotina importante de sua vida adulta; e outra contribuição acadêmica pode ser por meio do desenvolvimento de aplicativos e outras tecnologias de

instituições técnicas e universitárias, visando suprir a necessidade de controles dos hospitais públicos municipais que geralmente não dispõe de recursos excedentes para contratação de serviços mais sofisticados.

Quanto à Urbanização (E6) os municípios devem buscar meios de alinharem os seus respectivos Plano Diretor com os seus Planos Municipais de Resíduos Sólidos, com destaques nos pontos mais importantes que deve haver a intervenção do poder público. Os governantes locais devem mobilizar esforços para organização das estruturas públicas, tornando-as compatíveis com as necessidades do gerenciamento de resíduos sólidos (RATHI, 2006). Os municípios devem estar atentos com as áreas de difícil acesso, pois nas regiões mais longínquas são os pontos mais vulneráveis a formação de lixões clandestinos que acabam por ter potencial de sérios danos ambientais, como por meio da contaminação de reservas naturais como na poluição de represas (RAMOS et al., 2017). Outro ponto importante para ser inserido na pauta da urbanização é a inclusão da vistoria da secretaria do meio ambiente para autorização de construções civis, levando-se em conta a estrutura de coleta e transporte dos lugares que demandem alvarás (AL-JEBOURI et al., 2017).

A Educação (E7) é um elemento muito diferenciado para a qualidade da gestão de resíduos sólidos de um determinado município, pois, uma sociedade com um nível de escolaridade maior, tem a tendência de organizar em sua casa os resíduos recicláveis com melhor qualidade. Conforme a idade das crianças ou dos jovens, devem ser instituídos planos que possam ser desafiadores à faixa etária e que contribua com os interesses da comunidade local (ERSES YAY, 2015; MALINAUSKAITE et al., 2017).Para criar esse estímulo, nota-se programas como a visitação em aterros sanitários para a conscientização do caminho que os resíduos percorrem para serem depositados. Pode-se sensibilizar as crianças por meio de atividades que envolvam troca de brinquedos, conscientizando-as sobre o reuso dos materiais (ALMEIDA et al., 2015).

Outra iniciativa que as prefeituras podem organizar é o recolhimento de bitucas de cigarro, cujo aproveitamento da celulose é substancialmente alto. Já para os adultos, é possível a organização de eventos para gestores condominiais, já que esse público administra um número considerável de potenciais demandantes das estruturas da gestão de resíduos e o seu papel como multiplicador é fundamental para o sucesso de um bom gerenciamento (PINTO et al., 2017). Menciona-se também, que o poder público pode fomentar a produção científica por meio da organização de periódicos acadêmicos ou ainda incentivar a realização de eventos, oportunizando a ampla divulgação de projetos ambientais, incluindo boas práticas da gestão de resíduos (KUMAR et al., 2017).

6.3 SOLUÇÕES AMBIENTAIS

Para que as prefeituras possam ter um melhor diagnóstico sobre a situação em que a gestão de resíduos se encontra, é fundamental que se institua de forma sistêmica as Ferramentas de Gestão (E8), para proporcionar ao poder público um apoio à tomada de decisão. Essas ferramentas podem ser por meio de técnicas de administração, como a Análise SWOT, Diagrama de Pareto, Análise GUT, Avaliação de Risco, Análise de Ciclo de Vida (AVC) entre outras; e por meio de softwares que auxiliem o desenvolvimento de tecnologias alocadas para o setor público desempenhar o gerenciamento de resíduos (ALLESCH; BRUNNER, 2014).

Como a gestão de resíduos envolve um conjunto muito grande de recursos, os gestores devem buscar todas as formas de conseguirem obter informações em tempo real, para que as respostas sejam imediatas e que se evite falhas operacionais ou até mesmo tragédias em suas jurisdições (BRUNNER; RECHBERGER, 2015).

A Energia Renovável (E9) a partir dos resíduos tem sido mais uma promessa de campanha e uma discussão inconclusiva do que uma realidade para os municípios. Para a sua viabilização, os municípios devem se articular em formações de consórcios intermunicipais ou ainda estudarem as possibilidades em realizarem parceria público-privada para instituírem-na (LOHRI; CAMENZIND; ZURBRÜGG, 2014).

Para a realidade das condições brasileiras, o ideal é que seja realizada a exploração do biogás a partir dos resíduos orgânicos, pois a maioria dos resíduos no país tem essa predominância (DAHUNSI; ORANUSI; EFEOVBOKHAN, 2017). Geração por meio de queima de resíduos recicláveis tem gerado muitas discussões com cooperativas e recicladores que se sentem inseguros quanto a sua geração de renda. Pelo fato de o país não ter à disposição a energia de hidroelétricas, não é vantajoso produzir a queima de itens recicláveis como alternativa energética.

A Tecnologia (E10) é um elemento que as prefeituras devem considerar constantemente no desenvolvimento da gestão de resíduos para que a quantidade de rejeitos nos aterros seja diminuída constantemente (SMOL et al., 2015). O poder público deve sempre aplicar análises gravimétricas para o controle da geração e da caracterização dos resíduos prevalecentes nas jurisdições locais (LEE et al., 2017). Para que novos instrumentos tecnológicos possam ser aplicados, é desejável que as instituições públicas procurem meios de proporcionar aos seus gestores participação em feiras internacionais, para a análise dos recursos mais recentes que podem ser aplicados.

Pode-se implementar o monitoramento virtual junto aos caminhões de coleta de resíduos, para a verificação do cumprimento correto dos roteiros e para a identificação de eventuais problemas com a frota. Uma alternativa que se pode utilizar também, é o compartilhamento de centrais de segurança, para o mapeamento e fiscalização de possíveis descartes irregulares no município (DAS; BHATTACHARYYA, 2015).

Como em muitos municípios as instituições públicas são responsáveis pela gestão de resíduos sólidos de saúde junto a geradores privados, é importante que essas prestadoras de serviços providenciam meios automatizados para agilidade dos processos e transparência na execução. As prefeituras podem disponibilizar para os munícipes, aplicativos por meio de GPS que informe os postos de coleta mais próximos de suas localizações (MINGHUA et al., 2009).

A Estratégia (E11) de resíduos é um aliado importante para proporcionar integração entre as partes interessadas e a conscientização da participação de uma parte significativa da população. A adoção de estratégias de comunicação em massa pode surtir efeitos positivos para o envolvimento da população (ALLESCH; BRUNNER, 2014). A implementação constante dos princípios da hierarquia de resíduos também é uma forte aliada. Como item estratégico, vale ressaltar que sempre se deve fomentar a nomenclatura de lixo para resíduo, pois a mudança dessa forma de se referir aos itens descartados impulsiona uma valorização de seus impactos ambientais e sociais e o atribui um valor intrínseco comercial (ALLESCH; BRUNNER, 2014).

O poder público pode sensibilizar constantemente os empresários, principalmente do setor da alimentação, para serem prudentes em sua produção, buscando sempre um melhor equilíbrio entre a variedade e o desperdício de alimentos. Os municípios devem buscar pautas conjuntas sobre a gestão de resíduos para que um não seja alvo de despejos irregulares de outro, principalmente por meio de transportes ilegais. Deve-se incluir como uma questão estratégica, a ação de catadores clandestinos de resíduos de alto valor agregado, empobrecendo a cadeia da logística reversa desse setor, desestimulando a atuação de seus principais participantes legítimos.

6.4 TBL

Pelo fato da Economia (E12) de resíduos estar associada fortemente com a informalidade, existem dificuldades para a obtenção de dados estatístico sobre os impactos sociais e econômicos que a atividade acaba por gerar. Para atenuar a falta de dados, as

prefeituras devem se empenhar para levantarem tais informações para que se possa elaborar políticas públicas a partir dessas identificações (LI; HAN; LU, 2018). Outras medidas do campo econômico que podem apresentar resultados é o pagamento de bonificação para o alcance de metas por parte dos cooperados na atividade de reciclagem de resíduos sólidos; e o estímulo na formação de clubes de condomínio, para que os síndicos possam mobilizar moradores de prédios e conjunto de casas para a que o resíduo possa ter uma melhor qualidade na sua separação, e serem compensados financeiramente por meio de créditos, que podem ser revertidos à benfeitorias locais.

Para institui ações integradas a Sustentabilidade (E13), as prefeituras podem promover a realização de oficinas, que compreendam a produção de mudas, de compostagem e de técnicas de plantio. Dessa forma, fomenta-se a redução de resíduos orgânicos, estimula-se atividades sociais como as de saúde ocupacional, além da possibilidade da comercialização dos produtos advindos da compostagem. Pode-se adotar a realização de oficinas de carpintaria, com o intuito de se aproveitar itens mobiliários, como os sofás, armários, camas e outros itens, cujos materiais ocupam uma parte significativa dos aterros (GUERRERO; MAAS; HOGLAND, 2013). A partir dessas ações, possibilita-se a geração de emprego e renda e contribui-se fortemente com a diminuição de agentes poluidores. Outra medida muito importante que pode ser realizada é a troca de resíduos recicláveis por alimentos como fruta-verdura-legumes, o que pode proporcionar a diminuição de resíduos e auxiliar social e economicamente diversas famílias.

Quanto ao Meio Ambiente (E14) as prefeituras devem sempre monitorar possíveis danos terrestres, aquíferos e atmosféricos, pois a natureza não tem estrutura para absorver a grande quantidade de resíduos que recebe, principalmente os resíduos produzidos pelas cidades. Esse monitoramento deve envolver as peculiaridades exigidas pelos domicílios, comércios, indústrias e hospitais. Os municípios devem também, coordenar de uma forma protocolar a desativação de seus lixões, para que não se torne um problema para as comunidades do entorno (TAN et al., 2015).

É desejável que os municípios adiram aos protocolos instituídos pelo Ministério do Maio Ambiente, para que os três poderes públicos implemente ações como a compra de fornecedores com certificados ambientais, para favorecer as organizações que sejam estabelecidas nas pautas ambientais e que colaborem com a diminuição da geração e no combate ao desperdício. Pode-se adotar atividades voluntárias incluindo campanhas de expressão internacional, mobilizando uma quantidade significativa para a remoção de resíduos em áreas irregulares (TALYAN; DAHIYA; SREEKRISHNAN, 2008).

Quanto à questão Social (E15) os municípios podem inserir os jovens infratores que cumprem pena em suas delimitações para apoiarem as atividades de reciclagem, incluindo a possibilidade de geração de venda por parte desses menores. Pode-se organizar também parcerias com a participação de organizações não governamental, para angariar alimentos que seriam desperdiçados, para que sejam disponibilizados para escolas públicas ou para famílias que passe por momentos de insegurança alimentar (ERIKSSON; STRID; HANSSON, 2015).

A partir das diretrizes expostas, apresenta-se um quadro resumo com as principais mencionadas, conforme a Figura 19.

Figura 18- Diretrizes da Gestão de Resíduos Sólidos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2020).

Em Gestão Pública, há de se mencionar a necessidade da intervenção direta pela ação de governo dos municípios, que pode contar com a supervisão e apoio da população. Mesmo que a gestão de resíduos sólidos seja desempenhada por uma empresa privada por meio de uma parceria-público-privada, a prefeitura responde pela gestão e por seus possíveis impactos que venha a ocorrer. Uma boa gestão desse segmento exige articulação com os prestadores de serviços, com os coletores de resíduos e o estabelecimento de critérios transparentes em decisões que sejam difíceis de serem tomadas, como conduzir a escolha de um determinado aterro em uma área da cidade, partindo do princípio que a população não é afeita a ter um local de disposição de resíduo em sua vizinhança. É importante que os líderes municipais, principalmente na figura do prefeito e dos secretários do meio ambiente e de serviços públicos, consigam imprimir uma gestão com base em projetos, com controles contínuos no desempenho e na reorganização dos mesmos.

Em Políticas Públicas, deve haver uma mobilização de instituições coletarais que possam agregar eficiência na gestão de resíduos, como os encarregados pela saúde e pela educação do município. A Câmara dos Vereadores se faz presente nesse campo, pois deve cumprir o seu papel de fiscalização e dar suporte para a elaboração de leis que se façam necessárias para o aprimoramento desse serviço público. É desejável que por meio de instrumentos jurídicos se institua conselhos municipais de gestão de resíduos, para os principais interessados no tema contribuirem e opinarem, como as associações comerciais, movimentos sociais e associações de moradores, empresas de caçamba, ONGs, cooperativas, instituições acadêmicas entre outros. Não se pode deixar a presença do planejador urbano, para que as áreas afastadas não sejam esquecidas e para que possa se aperfeiçoar a logística reversas no seio das cidades.

Em Soluções Ambientais, encontram-se os meios diferenciados e inteligentes para proporcionar resultados de alto impacto na gestão de resíduos. Considerando-se as inovações tecnológicas, o apoio dos processos de gerenciamento e de análise de sistemas. É nessa seara que o poder público deve investir e demandar da iniciativa privada para diminuir a defasagem junto aos países desenvolvidos, instrumentalizando os bens que lhe sejam mais caros: criatividade, atividades integradas junto à escolas técnicas e universitárias e o aproveitamento do potencial energético advindo dos resíduos orgânicos. Há de se priorizar as questões que sejam mais sensíveis, intensificar as estratégias que possam ser implementadas sem nenhum custo e orçar as atividades que tenham custos mais significativos.

Em *Triple Bottom Line*, reside-se o espaço que deve ser ocupado por todos que tenham a consciência de cidadania. Embora o poder público deva ter um poder de persuasão para envolver a população, as pessoas devem ter uma orientação de pertencimento e de corresponsabilidade. Isso pode ser refletido desde a correção de maus hábitos, como jogar resíduos pela janela de veículos, a falta de se comprometer em separar resíduos para a coleta seletiva, jogar a bituca de cigarro acesa em parque, podendo causar um incêndio etc. Nessa frente, as pessoas devem considerar os resíduos como itens que podem prejudicar a sua saúde, comprometer a natureza, tornar a vida de muitas pessoas mais difíceis, em detrimento da sujeira em ambientes públicos e catalizadores do desperdício de recursos materiais preciosos para economia. Com essa base, o poder público deve liderar toda a população e organizações públicas e privadas para contribuir, pois, todos os que descartam qualquer resíduo devem ser integrados no conjunto de pessoas que refletem e agem sobre essa questão.

7 CONCLUSÃO

A gestão de resíduos sólidos é um desafio que começa a ser enfrentado em igualdade de condições, envolvendo os riscos que ela representa e as ações de combate necessárias, quando toda a população se organiza para a sua resolução sem a necessidade de imposições externas, ou seja, quando todos os cidadãos a tem por um hábito e não como um protocolo. Mas o que se enxerga no Brasil, em outros países em desenvolvimento, é que esta realidade está longe de ser um fato. Se se está fora desta realidade nos procedimentos mais primários, como no automonitoramento dos cidadãos em não jogar resíduos nas ruas ou ainda em jogar os resíduos recicláveis nos cestos de resíduo orgânico, é dever do poder público intervir.

Por outro lado, se o poder público se depara com esta dificuldade, é sinal de que não houve uma sinergia entre governo e cidadão, incluindo gestões antecessoras, e uma falta de senso de cidadania quanto aos trâmites adequados no manejo de resíduos. Diante desses possíveis sinais de falha de compreensão das extremidades que envolve o cidadão comum e os responsáveis pela gestão de resíduos, cabe o esforço dos que são interessados pelo tema em alamar sobre os potenciais riscos desse desajuste. Essa boa vontade surge da atividade voluntária, dos empreendedores sociais, das instituições acadêmicas, da comunidade dos que sofrem diretamente o impacto da gestão inadequada dos resíduos e por aqueles que mudam os seus hábitos por terem se sensibilizado às comunicações dirigidas aos cidadãos.

Esta dissertação foi elaborada para responder a seguinte questão de pesquisa: quais são as principais diretrizes da gestão de resíduos sólidos, elaboradas a partir da aderência entre os elementos identificados nos pilares e fatores críticos na literatura, nos municípios com os melhores desempenhos ambientais no Estado de São Paulo? Para respondê-la, foi fundamental identificar os elementos, pilares e fatores críticos da gestão de resíduos sólidos a partir da literatura do tema, realizar uma análise cruzada dos dados obtidos nos estudos de casos e elaborar as diretrizes da gestão de resíduos sólidos.

Com esta execução, possibilitou-se alcançar o objetivo geral da pesquisa de “propor diretrizes para o desenvolvimento dos pilares da gestão de resíduos sólidos, com o intuito de equacionar de forma mais eficiente os fatores críticos ambientais causados pelo manejo inadequado de resíduos”, abordado no Capítulo 6.

O objetivo geral, pôde-se concluir por meio dos objetivos específicos, sendo (1) sistematizar os pilares da gestão de resíduos sólidos e seus fatores críticos, por meio do Capítulo 3; e (2) realizar estudos de casos em cinco municípios do estado de São Paulo com

os melhores desempenhos ambientais de forma a subsidiar as diretrizes, disposto no Capítulo 5.

Quanto às contribuições científicas desta pesquisa, destaca-se a identificação dos elementos presentes nos pilares e nos fatores críticos da gestão de resíduos sólidos, a partir dos artigos mais citados em torno do tema proposto. Vale ressaltar, que os resultados dessa pesquisa possibilitam o preenchimento de lacunas que foram destacadas em torno do grupo "ferramentas de gestão".

Quanto às contribuições aplicadas, colaborou-se com o desenvolvimento de 43 diretrizes distribuídas nos quatro pilares desenvolvidos. Nos pilares Gestão Pública, Políticas Públicas e Soluções Ambientais, propôs-se 11 diretrizes para cada uma delas; e no pilar *Triple Bottom Line*, foram propostas 10.

Existem algumas limitações de estudo que devem ser reportadas nesta seção, como a dificuldade de se fazer projeções que possibilitasse generalizações com os dados desta pesquisa, pois os municípios que foram escolhidos obtêm índices ambientais consideráveis, enquanto praticamente um terço dos municípios do estado de São Paulo são desprovidos de coleta seletiva. Considerando o país inteiro, esse índice torna-se mais discrepante, pois somente um quinto dos municípios são contemplados pela coleta seletiva.

Outra limitação de estudo importante que deve ser considerada foi o fato da epidemia do novo coronavírus ter tido a sua vigência em uma fase importante da pesquisa de campo, que dificultou o acesso aos municípios e o contato com muitos responsáveis e trabalhadores na gestão de resíduos sólidos, diminuindo o espectro de informações para serem relatadas nos casos dessa dissertação.

Como recomendações de estudos futuros, vale destacar pesquisas que possibilitem comparar a gestão de resíduos sólidos de capitais do Brasil, que apresentem populações superior a 2,5 milhões de habitantes; e comparações com populações abaixo de 250 mil habitantes, considerando uma estratificação na maturidade da gestão de resíduos sólidos. Cabem estudos com maior aprofundamento em cada um dos pilares que foi sugerido nessa pesquisa, incluindo boas práticas e dificuldades de diversas cidades do mundo, para fomentar uma perspectiva de generalização relacionado a Gestão Pública, Políticas Públicas, Soluções Ambientais e TBL. Ressalta-se, por fim, estudos que possam vislumbrar uma hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos, que sirva como um repertório de ações prioritárias para que os gestores de resíduos possam conduzir suas agendas

REFERÊNCIAS

ABD EL-SALAM, M. M.; ABU-ZUID, G. I. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: a case study in Egypt. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 6, n. 4, p. 579–586, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123214000265. Acesso em: 20 mar. 2020.

AL-JEBOURI, M. F. A.; SALEH, M. S.; RAMAN, S. N.; RAHMAT, R. A. A. B. O. K.; SHAABAN, A. K.Toward a national sustainable building assessment system in Oman: Assessment categories and their performance indicators. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdam, v. 31, p. 122-135, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.014. Acesso em: 30 mar. 2020.

AL-SALEM, S. M.; ANTELAVA, A.; CONSTANTINOU, A.; MANOS, G.; DUTTA A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste. **Journal of Environmental Management**, Massachusetts, v. 197, n. 1408, p. 177-198, 2017. a. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.084. Acesso em: 30 mar. 2020.

ALIBARDI, L.; COSSU, R. Composition variability of the organic fraction of municipal solid waste and effects on hydrogen and methane production potentials. **Waste Management**, London, v. 36, p. 147-155, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14005698. Acesso em: 10 mar. 2020.

ALLESCH, A.; BRUNNER, P. H. Assessment methods for solid waste management: a literature review. **Waste Management and Research**, New York, v. 32, n. 6, p. 461–473, 2014. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X14535653. Acesso em: 15 de jun. de 2019.

ALMEIDA, C. M. V. B.; AGOSTINHO, F.; GIANNETTI, B. F.; HUISINGH, D. Integrating cleaner production into sustainability strategies: an introduction to this special volume. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 96, p. 1-9, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.083. Acesso em: 10 mar. 2020.

AMARO, A. B.; VERDUM, R. **Política nacional de resíduos sólidos e suas interfaces com os espaços geográficos:** entre conquistas e desafios. Porto Alegre. Disponível em: http://tratamentodeagua.com.br/wpcontent/uploads/2016/09/Política-Nacional-de-ResíduosSólidos-e-suas-interfaces-com-o-espaçogeográfi-co-entre-conquistas-e-desafi-os.pdf. Acesso em: 28 fev. 2020.

ANGELO, A. C. M. *et al.* Life cycle assessment and multi-criteria decision analysis: Selection of a strategy for domestic food waste management in Rio de Janeiro. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 143, p. 744-756, 2017. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616321011. Acesso em: 20 abr. 2020.

ARENA, U. Process and technological aspects of municipal solid waste gasification. A review. **Waste Management**, London, v. 32, n. 4, p. 625–639, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.025. Acesso em: 28 mar. 2020.

ARIUNBAATAR, J. *et al.* Enhanced anaerobic digestion of food waste by thermal and ozonation pretreatment methods. **Journal of Environmental Management**, Massachusetts, v. 146, p. 142–149, 2014. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714003910. Acesso em: 25 de mar. 2020.

BASSO, D.; WEISS-HORTALA, E.; PATUZZI, F.; CASTELLO, D.; BARATIERIC, M.; FIORIA. L. Hydrothermal carbonization of off-specification compost: a byproduct of the organic municipal solid waste treatment. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 182, p. 217-224, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415001388. Acesso em: 10 jan. 2019.

BELIËN, J.; DE BOECK, L.; VAN ACKERE, J. Municipal solid waste collection and management problems: A literature review. **Transportation Science**, Maryland, v. 48, n. 1, p. 78–102, 2012. Disponível em: https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/trsc.1120.0448. Acesso em: 25 de jun. 2019.

BING, X. *et al.* Research challenges in municipal solid waste logistics management. **Waste Management**, London, v. 48, p. 584-592, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.025. Acesso em: 28 fev. 2020.

BONJARDIM, E. C.; DA SILVA PEREIRA, R.; GUARDABASSIO, E. V. Bibliometric analysis of publication in four scientific events on the management of solid urban waste from the National Solid Waste Policy - Law no 12.305/2010 [Análise bibliométrica das publicações em quatro eventos científicos sobre gestão de resíduos s. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 46, p. 313–333, 2018. Disponível em: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85052837106&doi=10.5380%2Fdma.v46i0.53722&partnerID=40&md5=2a166c7de66f055d3ab97ca1fb7eb4d5. Acesso em: 27 jun. 2020.

BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 jun. 2020.

BRASIL. **LEI COMPLEMENTAR Nº 101, DE 4 DE MAIO DE 2000**. 2000a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm. Acesso em: 27 jun. 2020.

BRASIL. **EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 29, DE 13 DE SETEMBRO DE 2000**. 2000b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc29.htm. Acesso em: 27 jun. 2020.

BRASIL. **Política nacional de resíduos sólidos Brasil, 2010**. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-%0A607598-norma-pl.html. Acesso em: 27 jun. 2020.

BRUNNER, P. H.; RECHBERGER, H. Waste to energy - key element for sustainable waste management. **Waste Management**, London, v. 37, p. 3–12, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.003. Acesso em: 15 jul. 2019.

CHEN, D.; YIN, L.; WANG, H.; HE, P. Pyrolysis technologies for municipal solid waste: A review. **Waste Management**, London, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.08.004. Acesso em: 20 out. 2019.

CHEN, X. *et al.* The impact of scale, recycling boundary, and type of waste on symbiosis and recycling: an empirical study of japanese eco-towns. **Journal of Industrial Ecology**, New Jersey, v. 16, n. 1, p. 129-141, 2012. Disponível:

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1530-9290.2011.00422.x. Acesso em: 31 jan. 2020.

CHRISTENSEN, T. H. **Solid waste technology and management, 2 Volume Set**. Wiley, New Jersey. 2011

CNM. **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS**. 2014. Disponível em: http://www.cnm.org.br/cms/biblioteca/ET Vol 7 -%0A 10. Planos Municipais.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.

COBO, M. J.; HERRERA, F. SciMAT: A new science mapping analysis software tool. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, New Jersey, v. 3, n. 8, p. 1609–1630, 2012. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/asi.22688. Acesso em 10 jun. 2018.

COLÓN, J.; CADENA, E.; POGNANI, M.; BARRENA, R.; SÁNCHEZ, A.; FONT, X; ARTOLAA, A. Determination of the energy and environmental burdens associated with the biological treatment of source-separated Municipal solid wastes. **Energy and Environmental Science**, London, v. 5, n. 2, p. 5731–5741, 2012. Disponível em: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/ee/c2ee01085b#!divAbstract. Acesso em: 10 jun. 2018.

COSTA, A.; PUGLIESI, E. Análise dos manuais para elaboração de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2018, vol.23, n.3 [cited 2020-09-27], pp.509-516. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000300509&lng=en&nrm=iso .Acesso em: 07 set. 2018.

CRISTINO, T. M.; FARIA NETO, A.; COSTA, A. F. B. Energy efficiency in buildings: Analysis of scientific literature and identification of data analysis techniques from a bibliometric study. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 114, n. 3, p. 1275–1326, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-017-2615-4. Acesso em: 07 set. 2018.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; GASTALDI, M. Strategic municipal solid waste management: a quantitative model for Italian regions. **Energy Conversion and Management**, London, v. 77, p. 709–720, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.10.024. Acesso em: 28 fev. 2020.

DABI, Y.; DARRIGUES, L.; KATSAHIAN, S.; AZOULAY, D.; ANTONIO, M.; LAZZATI, A.. Publication trends in bariatric surgery: A bibliometric study. **Obesity Surgery**, New York, v. 26, n. 2691–2699, p. 11, 2016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27052317/. Acesso em: 15 de jan. 2019.

DAHUNSI, S. O.; ORANUSI, S.; EFEOVBOKHAN, V. E. Cleaner energy for cleaner production: Modeling and optimization of biogas generation from Carica papayas (Pawpaw) fruit peels. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 156, p. 19–29, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.042. Acesso em: 28 fev. 2020.

DAS, S.; BHATTACHARYYA, B. K. Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes. **Waste Management**, London, v. 43, p. 9–18, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15004432. Acesso em: 30 mar. 2020.

DEL RÍO, J.; FERNÁNDEZ-NAVA Y.; RODRÍGUEZ-IGLESIAS, J.; CASTRILLÓN, L.; MARAÑÓN, E. LIFE cycle assessment of different municipal solid waste management

options: A case study of Asturias (Spain). **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 81, p. 178–189, 2014. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614005940. Acesso em: 15 dez. 2019.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: Contexto, lacunas e tendências. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro , v. 20, n. 4, p. 685-698, Dec. 2015 . Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400685&lng=en&nrm=iso. access on 26 Sept. 2020. https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040129347.

EDJABOU, M. E.; JENSEN, M. B.; GÖTZEA, R.; PIVNENKO, K.; PETERSEN, C.; SCHEUTZ, C.; ASTRUP, T. F. Municipal solid waste composition: sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. **Waste Management**, London, v. 36, p. 12–23, 2015. Disponível: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14005261. Acesso em: 12 jan. 2019.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**, New Jersey, n. June, p. 109–119, 1994. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.2307/41165746. Acesso em 15 de mar. 2020.

ELKINGTON, J. Accounting for the triple bottom line. **Measuring Business Excellence**, Bradford, v. 2, n. 3, p. 18–22, 1997. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb025539/full/html. Acesso em 15 de mar. 2020.

ERIKSSON, M.; STRID, I.; HANSSON, P. A. Carbon footprint of food waste management options in the waste hierarchy: A swedish case study. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 93, p. 115–125, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.026. Acesso em: 30 mar. 2020.

ERSES YAY, A. S. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: A case study of Sakarya. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 94, p. 284–293, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261500102X. Acesso em 20 de jun. 2020.

EUROPEAN PATENT OFFICE. **Convention sur le brevet européen**. 1973. Disponível em: https://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/epc/1973/f/ar54.html. Acesso em: 23 maio 2019.

FEI, F.; QUA, L.; WEN, Z.; XUE, Y.; ZHANGA, H. How to integrate the informal recycling system into municipal solid waste management in developing countries: Based on a China's case in Suzhou urban area. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 110, p. 74–86, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.019. Acesso em: 28 fev. 2020.

FERRI, G. L.; DINIZ CHAVES, G. de L.; RIBEIRO, G. M. Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. **Waste Management**, London, v. 40, p. 173–191, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.036. Acesso em: 28 fev. 2020.

FU, H.; HO, Y.; SUI, Y. M.; LI, Z.S. A bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993-2008. **Waste Management**, London, v. 30, n. 12, p. 2410–2417, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.008. Acesso em: 27 jan. 2020.

SEVIGNÉ ITOIZ, E.; GASOL, C. M.; FARRENY, R.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X. CO2ZW: Carbon footprint tool for municipal solid waste management for policy options in Europe. Inventory of mediterranean countries. **Energy Policy**, London, v. 56, p. 623–632, 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513000347. Acesso em: 25 jul de 2019.

GHIANI, G.; LAGANÀ, D.; MANNI, E.; MUSMANNO, R.; VIGO, D. Computers & operations research operations research in solid waste management : A survey of strategic and tactical issues. **Computers and Operation Research**, London, v. 44, p. 22–32, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2013.10.006. Acesso em: 30 mar. 2020

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 07 set. 2018.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, London, v. 33, n. 1, p. 220–232, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008. Acesso em: 07 set. 2018.

GUPTA, N.; YADAV, K. K.; KUMAR, V. A review on current status of municipal solid waste management in India. **Journal of Environmental Sciences (China)**, Beijin, v. 37, p. 206–217, 2015. Disponível em: http://europepmc.org/article/med/26574106. Acesso em: 07 set. 2018.

HABIB, K.; SCHMIDT, J. H.; CHRISTENSEN, P. A historical perspective of global warming potential from municipal solid waste management. **Waste Management**, London, v. 33, n. 9, p. 1926–1933, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.04.016. Acesso em: 07 set. 2018.

HENRY, R. K.; YONGSHENG, Z.; JUN, D. Municipal solid waste management challenges in developing countries - Kenyan case study. **Waste Management**, London, v. 26, n. 1, p. 92–100, 2006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05001121. Acesso em 15 de jan. 2019.

HERVA, M.; NETO, B.; ROCA, E. Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 70, p. 183–193, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.007. Acesso em: 07 set. 2019.

HUANG, B.; WANG, X.; KUA, H.; GENG, Y.; BLEISCHWITZ, R.; REN, J. Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 129, n. October 2017, p. 36–44, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029. Acesso em: 30 jan. 2020.

IBGE. IBGE. 2013. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf. Acesso em: 27 set 2018.

ISLU. Índice de sustentabilidade da limpeza urbana. [s. l.], v. 4, n. 3, p. 51, 2018. Disponível

em: https://selur.org.br/wp-content/uploads/2018/12/ISLU-2018.pdf. Acesso em 15 jun. 2018.

Johari, A.; Alkali, H.; Hashim, H.; Ahmed, S. I.; Mat, R. Municipal solid waste management and potential revenue from recycling in Malaysia. **Modern Applied Science**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 37–49, 2014. Disponível em: http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/35715. Acesso em 2 de jun. 2018.

JUPP, V. **The sage dictionary of social research methods**. 5. ed. London: Sage Publications Ltda. 2006.

KLEIN, F. B. *et al.* Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 140–153, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692018000100140&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 07 set. 2018.

KOLLIKKATHARA, N.; FENG, H.; YU, D. A system dynamic modeling approach for evaluating municipal solid waste generation, landfill capacity and related cost management issues. **Waste Management**, London, v. 30, n. 11, p. 2194–2203, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.05.012. Acesso em: 30 mar. 2020.

KOTHARI, C.; GARG, G. **Research methodology:** methods and techniques. 3rd. ed. New Delhi: New Age International Publishers, 2014.

KUMAR, S.; SMITH, S. R.; FOWLER, G.; VELIS, C.; KUMAR, S. J.; ARYA, S.; KUMAR, R.; CHEESEMAN, C. Challenges and opportunities associated with waste management in India. **Royal Society Open Science**, Bethesda, v. 4, n. 3, 2017.

LAURENT, A.; BAKAS, I.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; NIERO, M.; GENTIL, M.; HAUSCHILD, M. Z.; CHRISTENSEN, T. H. Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I : Lessons learned and perspectives. **Waste Management**, London, v. 34, n. 3, p. 573–588, 2014. a. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.045. Acesso em: 27 maio 2019.

LEE, J.; YANG, X.; CHO,S-H.; KIM, J-K.; LEE, S. S.; TSANG, D.C.H.; OK, Y.S.; KWON, E.E. Pyrolysis process of agricultural waste using CO2 for waste management, energy recovery, and biochar fabrication. **Applied Energy**, London, v. 185, p. 214–222, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.092. Acesso em: 25 nov. 2019.

LI, N.; HAN, R.; LU, X. Bibliometric analysis of research trends on solid waste reuse and recycling during 1992–2016. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 130, n. December 2017, p. 109–117, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.008. Acesso em: 25 nov. 2019.

LI, W.; ZHAO, Y. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 50, p. 158–166, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012. Acesso em: 30 mar. 2020.

LIM, S. L.; LEE, L. H.; WU, T. Y. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 111, p. 262–278, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.083. Acesso em: 30 jan. 2020.

LOHRI, C. R.; CAMENZIND, E. J.; ZURBRÜGG, C. Financial sustainability in municipal

solid waste management - Costs and revenues in Bahir Dar, Ethiopia. **Waste Management**, London, v. 34, n. 2, p. 542–552, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.014. Acesso em: 20 jun. 2019.

LOUIS, G. E. A historical context of municipal solid waste management in the United States. **Waste Management and Research**, New York, v. 22, n. 4, p. 306–322, 2004. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15462338/. Acesso em 23 de abr. 2019.

ESPUNY,M.; REIS, J. S. M.; OLIVEIRA, O. J. IDENTIFICAÇÃO DE ELEMENTOS E SISTEMATIZAÇÃO DOS PILARES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. *In:* 2019, Guaratinguetá. **Anais**... Guaratinguetá: III Workshop de Engenharia de Requisitos, 2019. Disponível em: http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/conf/wer/wer2000.html. Acesso em: 28 fev. 2020.

MA, H.; HO, Y.; FU, H. Solid waste related research in science citation index expanded. **Arch Environ Sci** . Taichung, p. 89–100, 2011. Disponível em: http://dns2.asia.edu.tw/~ysho/Trend%20Research%20Centre/Publications/PDF/Arc%20Eur%20Sci5,%2089.pdf. Acesso em 12 de abr. 2020.

MAIELLO, A.; BRITTO, A.L.N.P.; VALLE, T.F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro , v. 52, n. 1, p. 24-51, Jan. 2018 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122018000100024&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 07 set. 2018.

MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H.; CZAJCZYŃSKA, D.; STANCHEV, P.; KATSOU, E.; ROSTKOWSKI, P.; THORNE, R. J.; COLÓN, J.; PONSÁ, S.; AL-MANSOUR, ANGUILANO, L.; KRZYŻYŃSKA, R. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, London, v. 141, p. 2013–2044, 2017. Acesso em: 07 set. 2018.

MIEZAH, K.; OBIRI-DANSO, K.; KÁDÁR, Z.; FEI-BAFFOE, B.; MENSAH, M. Y.. Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. **Waste Management**, London, v. 46, p. 15–27, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.009. Acesso em: 15 abr. 2019.

MESDAGHINIA, A.; MAHVI, A. H.; NASSERI, S.; NODEHI, R. N.; HADI, M. A bibliometric analysis on the solid waste-related research from 1982 to 2013 in Iran. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, New York, v. 4, n. 3, p. 185–195, 2015. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-015-0098-y Acesso em: 07 set. 2018.

MINGHUA, Z.; XIUMIN, F.; ROVETTA, A.; QICHANG, H.; VICENTINI, F.; BINGKAI, L.; GIUSTI, A.; YI, L. Municipal solid waste management in Pudong New Area , China. **Waste Management**, London, v. 29, n. 3, p. 1227–1233, 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.07.016. Acesso em: 15 jul. 2019.

MIR, P. A.; GHAZVINEI, P. T.; SULAIMAN, N. M. N.; BASRI, N. E. A.; SAHERI, S.; MAHMOOD, N. Z.; JAHAN, A.; BEGUM, R. A.; AGHAMOHAMMADI, N. Application of TOPSIS and VIKOR improved versions in a multi criteria decision analysis to develop an optimized municipal solid waste management model. **Journal of Environmental Management**, Massachusetts, v. 166, p. 109–115, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.09.028. Acesso em: 07 set. 2018.

MO, H.; WEN, Z.; CHEN, J. China's recyclable resources recycling system and policy: a case

study in Suzhou. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 53, n. 7, p. 409–419, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344909000536. Acesso em: 15 jul. 2019.

MOH, Y. C.; ABD MANAF, L. Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 82, p. 50–61, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.11.004. Acesso em: 28 ago. 2018.

MÜHLE, S.; BALSAM, I.; CHEESEMAN, C. R. Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 54, n. 11, p. 793–801, 2010. Disponível em: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344909002882. Acesso em 20 abr. 2019.

NABAVI-PELESARAEI, A.; BAYAT, R.; HOSSEINZADEH-BANDBAFHA, H.; AFRASYABI, H.; CHAU, K. Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management - a case study in Tehran Metropolis of Iran. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 148, p. 427–440, 2017. b. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.172. Acesso em: 20 abr. 2019.

NAVEEN, B. P.; MAHAPATRA, D. M.; SITHARAM, T. H.; SIVAPULLAIAH, P. V.; RAMACHANDRA, T. V. Physico-chemical and biological characterization of urban municipal landfill leachate. **Environmental Pollution**, London, v. 220, p. 1–12, 2017.

NICOLETTI JUNIOR, A.; OLIVEIRA, M. C.; HELLENO, A. L. Sustainability evaluation model for manufacturing systems based on the correlation between triple bottom line dimensions and balanced scorecard perspectives. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 190, p. 84–93, 2018.

NUNHES, T. V.; BERNARDO, M.; OLIVEIRA, O. J. Rethinking the way of doing business: A reframe of management structures for developing corporate sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, Basel, v. 12, n. 3, p. 1–32, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/3/1177. Acesso em: 20 maio 2020.

NUNHES, T. V.; MOTTA, L. C.F.; OLIVEIRA, O. J. Evolution of integrated management systems research on the journal of cleaner production: Identification of contributions and gaps in the literature. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 139, p. 1234–1244, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616313233. Acesso em 15 mar. 2020.

OFORI-BOATENG, C.; LEE, K. T.; MENSAH, M. The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: a better waste management option. **Fuel Processing Technology**, Amsterdam, v. 110, p. 94–102, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.11.008. Acesso em: 07 set. 2018.

ONU. **ONU prevê que mundo terá 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2017 | ONU Brasil**. 2015. Disponível em: https://nacoesunidas.org/onu-preve-que-mundo-tera-50-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-em-2017/. Acesso em: 06 abr. 2019.

PAN, S-Y.; DU, M. A.; HUANG, I-T.; LIU, I-H.; CHANG, E-E.; CHIANG, P-C. Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, p. 409–421, 2018. Disponível em:

http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.124. Acesso em: 30 jan. 2020.

PANEPINTO, D.; BLENGINI, G. A.; GENON, G. Economic and environmental comparison between two scenarios of waste management: MBT vs thermal treatment. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 97, p. 16–23, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.002. Acesso em: 23 fev. 2020.

PANIZZON, T.; REICHERT, A. G.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 625–635, 2017. Disponível em: https://tinyurl.com/y9m26f64. Acesso em: 07 set. 2018.

PARLAMENTO EUROPEU. Directiva 75 / 442 / CEE relativa aos resíduos Resolução do Parlamento Europeu sobre o relatório respeitante à aplicação da Directiva. [s. l.], v. 2004, p. 400–404, 2004.

PATTNAIK, S.; REDDY, M. V. Resources, conservation and recycling assessment of municipal solid waste management in Puducherry (Pondicherry), India. **"Resources, Conservation & Recycling"**, Amsterdam, v. 54, n. 8, p. 512–520, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.10.008. Acesso em: 14 jan. 2019.

PHILLIPS, J. F.; SHEFF, M.; BOYER, C. B. The astronomy of Africa's health systems literature during the mdg era: Where are the systems clusters? **Global Health Science and Practice**, Baltimore, v. 3, n. 3, p. 482–502, 2015. Disponível em: https://www.ghspjournal.org/content/3/3/482. Acesso em: 12 fev. 2019.

PINHEIRO, L. R.; AMARAL, M. F.; LISBOA, C. P.; CARGNIN, T. M. Sujeitos, políticas e educação ambiental na gestão de resíduos sólidos. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 39, n. 2, p. 535–556, 2014. Disponível em: https://tinyurl.com/ydxhfpga. Acesso em: 07 set. 2018.

PINTO, R. A. de F. R.; MONDELLI, G. Potencial de recuperação de recicláveis em um condomínio residencial de grande porte de São Caetano do Sul. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 647–656, 2017. Disponível em: https://tinyurl.com/yas77255. Acesso em: 07 set. 2018.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 411–420, 2009. Disponível em: https://tinyurl.com/y8a59rqb. Acesso em: 07 set. 2018.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico:** Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Florianópolis: Universidade Feevale. Disponível em: http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf. Acesso em: 28 ago. 2019.

QAMBRANI, N. A.; RAHMAN, M. M.; WON, S.; SHIM, S.; RA, C. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 79, n. February, p. 255–273, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.057. Acesso em: 15 jan. 2019.

RADA, E. C.; RAGAZZI, M. Selective collection as a pretreatment for indirect solid recovered fuel generation. **Waste Management**, London, v. 34, n. 2, p. 291–297, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13005667.

Acesso em: 28 ago. 2018.

RAJAEIFARL, M. A.; TABATABAEI, M.; GHANAVATI, H.; KHOSHNEVISAN, B.; RAFIEE, S. Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 51, p. 886–898, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115006097. Acesso em? 28 ago. 2018.

RAMOS, N. F.; GOMES, J. C.; CASTILHOS JR., A. B.; GOURDON, R. Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1233–1241, 2017. Disponível em: https://tinyurl.com/y9b5av4q. Acesso em: 07 set. 2018.

RATHI, S. Alternative approaches for better municipal solid waste management in Mumbai, India. **Waste Management**, London, v. 26, n. 10, p. 1192–1200, 2006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X05002308. Acesso em: 20 mar. 2020.

RAVINDRA, K.; KAUR, K.; MOR, S. System analysis of municipal solid waste management in chandigarh and minimization practices for cleaner emissions, 2015. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 89, p. 251–256, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.036. Acesso em 15 dez 2018.

RODRIGUES, L. M.; ANGELO, A. C. M.; MARUJO, L. G. Conceptual framework to social life cycle assessment of e-waste management: a case study in the city of Rio de Janeiro. In: Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change. Gateway East. p. 219–234. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-32-9595-7. Acesso em 30 mar 2020.

SARATH, P.; BONDA, S.; MOHANTY, S.; NAYAK, S.K.. Mobile phone waste management and recycling: Views and trends. **Waste Management**, London, v. 46, p. 536–545, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.013. Acesso em: 31 jan. 2019.

SCHUELER, A. S. De. *et al.* Como estão os resíduos urbanos nas favelas cariocas? **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 213–230, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692018000100213&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 07 set. 2018.

SCOPUS. **Base de dados bibliográficos.** 2019. Disponível em: https://tinyurl.com/ycvtwg8w. Acesso em: 30 nov. 2019.

SELUR. **SELUR- Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana**. 2019. Disponível em: https://selur.org.br/publicacoes/islu-indice-de-sustentabilidade-da-limpeza-urbana-4a-edicao-2019/. Acesso em: 19 fev. 2020.

SHEKDAR, A. V. Sustainable solid waste management: an integrated approach for Asian countries. **Waste Management**, London, v. 29, n. 4, p. 1438–1448, 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.025. Acesso em: 07 set. 2018.

SILVA, S. P. **A organização coletiva de catadores de material reciclável no brasil:** dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Rio de Janeiro: IPEA. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada., 2017.

SMOL, M. *et al.* The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as

a way towards a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 95, p. 45–54, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.051. Acesso em: 07 set. 2018.

SOLTANI, A. *et al.* Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: a review. **Waste Management**, London, v. 35, p. 318–328, 2015. b. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.010. Acesso em: 27 maio 2019.

TALYAN, V.; DAHIYA, R. P.; SREEKRISHNAN, T. R. State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. **Waste Management**, London, v. 28, n. 7, p. 1276–1287, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X07001924. Acesso em: 23 fev. 2020.

TAN, Q.; HUANG, G. H.; CAI, Y. P. Identification of optimal plans for municipal solid waste management in an environment of fuzziness and two-layer randomness. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, Cham, v. 24, n. 1, p. 147–164, 2010. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00477-009-0307-1. Acesso em 15 abr. 2019.

TAN, S. T. *et al.* Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: Analysis of a low carbon scenario in Malaysia. **Applied Energy**, London, v. 136, p. 797–804, 2014. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914005777. Acesso em: 20 jun. 2019.

TAN, S. T. *et al.* Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia. **Energy Conversion and Management**, London, v. 102, p. 111–120, 2015. b. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.010. Acesso em: 30 jan. 2020.

TORRETTA, V. *et al.* Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review. **Waste Management**, London, v. 45, p. 152–160, 2015. Acesso em: 23 abr. 2019. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1500313X. Acesso em 20 jul. 2018.

TOZLU, A.; ÖZAHI, E.; ABUŞOŁLU, A. Waste to energy technologies for municipal solid waste management in Gaziantep. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 54, p. 809–815, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115011764. Acesso em 23 maio 2019.

UN GENERAL ASSEMBLY. **United Nations Conference on the Human Environment**. 1972. Disponível em: https://www.refworld.org/docid/3b00f1c840.html. Acesso em: 10 set. 2019.

UNITED NATIONS. The Brundtland Report: "Our Common Future". The World Commission on Environment and Development presented its report to the world at a press conference in London, England on 27 April 1987. The report examines the critical issues of environment and development, suggests concrete and realistic proposals for dealing with them, and proposes far-reaching changes for implementing the proposals at national and international levels. © 1988, Taylor & Francis Group, LLC. All rights reserved. **Medicine and War**, 1988. Seção 1, p. 17–25.

VAN DER NEST, D. P.; SMIDT, L.; LUBBE, D. The application of statistical and/or non-statistical sampling techniques by internal audit functions in the South African Banking industry. **Risk Governance and Control: Financial Markets and Institutions**, Sumy, v. 5, n. 1, p. 72–80, 2015. Disponível em: https://www.virtusinterpress.org/THE-APPLICATION-OF-STATISTICAL-AND.html. Acesso em: 25 abr. 2019

VUČIJAK, B.; KURTAGIĆ, S. M.; SILAJDŽIĆ, I. Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: A municipal case study from Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 130, p. 166–174, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615016698. Acesso em 20 de nov. 2019.

WANG, Y. *et al.* Characteristics and trends of research on waste-to-energy incineration: A bibliometric analysis, 1999–2015. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 66, p. 95–104, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.006. Acesso em: 30 jan. 2020.

WILSON, D. C. *et al.* "Wasteaware" benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, London, v. 35, p. 329–342, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004905. Acesso em: 13 mar. 2019.

WORD BANK GROUP. **Banco Mundial (BM) Guia de Estudos**. [s.l: s.n.]. Disponível em: http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DEVCOMMEXT/0,,menuPK:60001673~pagePK:640. Acesso em: 06 abr. 2019.

WORLD BANK GROUP. **WHAT A WASTE 2.0:** a global snapshot of solid waste management to 2050. [s.l: s.n.].

WU, T. Y.; LIM, S. L.; LIM, P. N.; SHAK, K. P. Y. Biotransformation of biodegradable solid wastes into organic fertilizers using composting or/and Vermicomposting. **Chemical Engineering Transactions**, Milano, v. 39, n. Special Issue, p. 1579–1584, 2014. Acesso em: 30 mar 2020.

WU, Z.; YU, A. T. W.; SHEN, L. Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China. **Waste Management**, London, v. 60, p. 290–300, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.09.001. Acesso em: 25 maio 2020.

YAN, J. *et al.* Thermal treatment techniques: incineration, gasification, and pyrolysis. **Sustainable Solid Waste Management**, Reston, p. 149–185, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/thermal-treatment. Acesso em 25 maio 2019.

YAY, A. S. E. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 94, p. 284–293, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.089. Acesso em: 23 nov. 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 5 ed. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZYOUD, S. H. *et al.* The Arab world's contribution to solid waste literature: a bibliometric analysis. **Journal of Occupational Medicine and Toxicology**, London, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1186/s12995-015-0078-1. Acesso em: 23 abr. 2020.

APÊNDICE A - IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E ELEMENTOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Pilares e Fatores Críticos	***Elementos***	(LAURENT et al., 2014a)	(LAURENT et al., 2014b)	(LIM; LEE; WU, 2016)	(CHEN et al., 2014)	(SOLTANI et al., 2015)	(EDJABOU et al., 2015)	(TAN et al., 2015)	(GHIANI et al., 2014)	(YAY, 2015)	(AGYEMAN; TAO, 2014)	(ALLESCH; BRUNNER, 2014)	(MOH; ABD MANAF, 2014)	(AL-SALEM et al., 2017)	(TORRETTA et al., 2015)	(ALIBARDI; COSSU, 2015)	(TAN et al., 2014)	(ABD EL-SALAM; ABU-ZUILD, 2015)	(MIEZAR et al., 2015)	(GUPTA; YADAV; KUMAR, 2015)	(ARIUNBAATAR et al., 2014)	(NABAVI-PELESARAEI et al., 2017)	(NAVEEN et al., 2017)	(DAS; BHATTACHARYYA, 2015)	(AGHAJANI et al., 2016)	(WILSON et al., 2015)	(LIU et al., 2014)	(WU et al., 2014)	(RADA; RAGAZZI, 2014)	(BASSO et al., 2015)	(FERNANDEZ-NAVA et al., 2014)	**Total de artigos por elementos**	**% articles by element**
1º Pilar: Gestão Pública	***Coleta e transporte***	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	29	96,67%
	Tratamento de resíduos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		29	96,67%
	Reciclagem-Reúso-Aterro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	28	93,33%
2º Pilar: Política Pública	***Políticas / Leis***	x	x			x	x	x			x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x		x	x	22	73,33%
	Saúde	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x					x	x	x	x			x			x					16	53,33%
	Urbanização	x		x					x				x			x	x		x			x								x			9	30,00%
	Educação										x	x	x			x										x							5	16,67%
3º Pilar: Soluções Ambientais	***Ferramentas de gestão***	x	x	x		x	x	x	x		x	x		x		x	x					x	x		x	x	x	x	x		x	21	70,00%
	Energia renovável	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x		x		x	x		x		x		21	70,00%
	Tecnologia	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x				x	x			x	x		21	70,00%
	Estratégias	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x			x			x		x			x	x		x	x			18	60,00%
4º Pilar: TBL	***Economia***	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x				x	x	x	x		x	x	24	80,00%
	Sustentabilidade	x	x			x			x	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x		x	x		x	x			18	60,00%
	Meio-ambiente	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x					x		x	x			x	x		x	x			17	56,67%
	Social	x	x	x		x			x				x				x	x	x		x	x			x	x		x	x			15	50,00%
Fatores Críticos	***Impacto ambiental***	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		27	90,00%
	Descarte incorreto de material reciclável	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			x	x		x	x		x	24	80,00%
	Gerações de resíduos	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x				x	x	x		23	76,67%
	Resíduo orgânico	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	23	76,67%
	Desperdício	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x	x		x				x	x	x	x					x	x	18	60,00%
	Resíduos tóxicos e perigosos	x	x	x	x		x	x			x	x	x		x	x			x	x		x						x	x		x	17	56,67%
	Resíduo inerte	x	x				x	x		x	x		x			x		x	x	x		x	x			x			x			15	50,00%
	Chorume		x	x					x		x		x				x		x	x	x	x					x	x	x			13	43,33%
	Resíduo doméstico	x					x	x			x		x						x			x						x	x		x	10	33,33%
	Resíduo Agrícola		x	x					x		x									x		x						x	x	x		9	30,00%
	Lixões	x						x	x		x		x	x												x			x			8	26,67%
	Efluentes	x	x		x										x					x		x	x					x				8	26,67%
	Resíduo industrial			x	x			x		x			x							x	x								x			8	26,67%
	Total de elementos por artigo	24	22	23	16	16	14	20	22	14	26	16	21	18	12	14	19	13	22	14	17	22	9	11	17	14	8	22	21	13	10	496	

APÊNDICE B - PROTOCOLO DE PESQUISA

PROTOCOLO PARA A COLETA DE DADOS DA PESQUISA								
Elementos			**Instrumento de Coleta de Dados**					
			Entrevista semi-estruturada			**Observação in loco**	**Análise documental**
			Alta Gestão	***Gerencial***	***Operacional***		
1. Descrição Geral do Município	1.1	Origem do município					x
	1.2	Número de habitantes					x
	1.3	Principais atividades econômicas					x
	1.4	Setores responsáveis pelos resíduos	x				x
2. Gestão Pública	2.1	Coleta e transporte	x	x	x	x	x
	2.2	Tratamento de resíduos	x	x	x	x	x
	2.3	Reciclagem-Reúso-Aterro	x	x		x	x
3. Políticas Públicas	3.1	Políticas / Leis	x				x
	3.2	Saúde	x	x		x	x
	3.3	Urbanização	x				x
	3.4	Educação	x	x		x	x
4. Soluções Ambientais	4.1	Ferramentas de gestão	x	x			
	4.2	Energia renovável	x	x		x	x
	4.3	Tecnologia	x	x		x	x
	4.4	Estratégias	x				
5. TBL	5.1	Economia	x	x		x	x
	5.2	Sustentabilidade	x	x	x		x
	5.3	Meio-ambiente	x	x	x	x	x
	5.4	Social	x			x	x
6. Fatores Críticos	6.1	Impacto ambiental	x	x		x	x
	6.2	Descarte incorreto de material reciclável	x	x	x	x	x
	6.3	Gerações de resíduos	x	x			x
	6.4	Resíduo orgânico	x	x			x
	6.5	Desperdício	x	x		x	x
	6.6	Resíduos tóxicos e perigosos	x	x			x
	6.7	Resíduo inerte	x	x	x	x	x
	6.8	Chorume	x	x			x
	6.9	Resíduo doméstico	x	x	x	x	x
	6.10	Resíduo Agrícola	x	x		x	x
	6.11	Lixões	x	x	x	x	x
	6.12	Efluentes	x	x	x	x	x
	6.13	Resíduo industrial	x	x			x