



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

SAMUEL SOUZA DE LUCENA

**AVALIAÇÃO PROPOSITIVA DE METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA TAXA DO
LIXO EM FORTALEZA**

FORTALEZA

2023

SAMUEL SOUZA DE LUCENA

AVALIAÇÃO PROPOSITIVA DE METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA TAXA DO LIXO
EM FORTALEZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L968a Lucena, Samuel Souza de.
Avaliação propositiva de metodologia para cálculo da taxa do lixo em Fortaleza / Samuel Souza de Lucena. – 2023.
87 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda Cavalcante.
1. Manejo do resíduo sólido municipal. 2. Princípio do poluidor-pagador. 3. PNRS. 4. Cobrança de manejo de resíduo. I. Título.

CDD 621.042

SAMUEL SOUZA DE LUCENA

AVALIAÇÃO PROPOSITIVA DE METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA TAXA DO LIXO
EM FORTALEZA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Energias Renováveis.

Aprovada em: 15 de Julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Paulo de Hollanda
Cavalcante (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr. Ana Bárbara de Araújo Nunes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A meu Deus, por ter me presenteado com as experiências e pessoas que conheci aos longo dessa caminhada.

A minha família que me fez quem sou, a vocês dou meu coração.

A todos que amo na vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus meu Rei, a Ele toda honra e glória para todo o sempre!

Ao Prof. Dr. Antônio Paulo Cavalcante Hollanda, por abençoar a minha vida com sua amizade e convivência, espero ainda muitos anos em sua companhia.

Aos professores participantes da banca examinadora Ana Bárbara de Araújo Nunes e Ronaldo Stefanutti pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A meu pai e minha mãe que trabalharam a vida toda para permitir que seus filhos sonhassem. A felicidade de vocês é o meu sonho.

À minha família, meu tesouro, minhas orações e pensamentos estão sempre com vocês.

A todos os meus professores, principalmente a Profa. Natália Barroso e Prof. Luiz Gonzaga, vocês me ensinaram a amar o ensino e levo vocês em meu coração.

Aos meus amigos, Marcelo Ferreira, João Ferreira, Tiago Teles, Jhonatan Sales, Karen Castro, meus amigos da CRU e todos os outros que Deus me presenteou ao longo da graduação, vocês deram felicidade a minha caminhada, que o Senhor recompense vocês.

A todos os funcionários da UFC, especialmente Antônia, Wesley, Arlen, Val, vocês têm um coração grande demais.

"Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu".
(Eclesiastes 3:1)

RESUMO

Desde 1970 o mundo presencia o processo de transformação do Manejo do Resíduo Sólido (MRS); partindo desse ponto, a tríade produção-consumo-descarte não consegue abarcar as condições atuais. Nesse sentido, princípios como desenvolvimento sustentável e Princípio do Poluidor-Pagador (PPP) e mais recentemente Economia Circular (EC) têm conduzido o modo como se aplica o MRS no mundo, principalmente, nos países desenvolvidos. No Brasil esse processo foi iniciado a partir da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), porém tem apresentado dificuldades de ser absorvida pelos municípios brasileiros, motivo que se deve principalmente à falta de recursos e ainda às características culturais, apresentando serviços que atendem somente uma parte da população sem o devido nível requerido pela constituição como direito a todos os usuários. Dessa forma, muitos municípios brasileiros, principalmente do sul e sudeste, adota a cobrança como ferramenta para garantir a seguridade financeira e qualidade dos serviços prestados, de modo a adotar o PPP e formar o tripé sociedade, economia e meio ambiente. Em Fortaleza esse processo não tem sido diferente: o município tem sustentado ao longo dos anos altos custos de *Operating Expense* (OPEX) e *Capital Expenditure* (CAPEX) relacionados aos serviços de MRS, porém desde o ano de 2021 vem se organizando para aplicar a “taxa do lixo”. O município promulgou no final de 2022 a forma de cobrança, que possui como características principais a aplicação de cobrança para a minoria da população e adoção de um único *proxy* ferindo princípios do PPP. Nesse sentido, a pesquisa propõe a adoção de equação parametrizada adicionando os princípios equidade vertical, equidade horizontal e proporcionalidade a metodologia de cobrança do município, observando conceitos essenciais de viabilidade econômica, gestão administrativa dos dados e a condição ativa do usuário. Também foi aplicado dados obtidos de Fortaleza para aplicar na equação, de forma a entender como a equação funciona, porém sem condições de aplicabilidade, devido a baixa confiabilidade dos dados.

Palavras-chave: manejo do resíduo sólido municipal; princípio do poluidor-pagador; PNRS; cobrança de manejo de resíduo

ABSTRACT

Since 1970, the world has witnessed the process of transformation of Solid Waste Management (MWS); since then, the triad of production-consumption-disposal cannot encompass the current conditions. In this sense, principles such as Sustainable Development and the Polluter Pays Principle (PPP), and more recently the Circular Economy (CE), have guided the way in which the MSW is applied in the world, mainly in developed countries. In Brazil, this process began with the approval of the National Policy on Solid Waste (NPSW), but it has been difficult to be adopted by Brazilian municipalities, mainly due to lack of resources, but also to cultural characteristics that present services that serve only a part of the population, without the due level required by the Constitution as a right for all users. In this way, many Brazilian municipalities, especially in the South and Southeast, are adopting charging as a tool to guarantee financial security and the quality of services provided, in order to adopt the PPP and form the tripod of society, economy and environment. In Fortaleza, this process has not been different: the municipality has sustained over the years high Operating Expense (OPEX) and Capital Expenditure (CAPEX) costs related to MRS services, but since 2021 it has organised itself to apply the "waste flat rate". At the end of 2022, the local authority adopted the charging method whose main features are the application of the rate to the minority of the population and the adoption of a single representative, in violation of PPP principles. In this sense, the research proposes the adoption of a parameterised equation that adds the principles of vertical equity, horizontal equity and proportionality to the municipality's charging methodology, respecting the essential concepts of economic viability, administrative management of data and the active condition of the user. The data obtained from Fortaleza was also applied to the equation, in order to understand how the equation works, but without applicability conditions, due to the low reliability of the data.

Keywords: management of municipal solid waste; polluter-pays principle; NPSW; waste management charges

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de avaliação da aplicação do PPP.....	23
Figura 2 – Países do mundo com aplicação do PAYT	27
Figura 3 – Produção científica por ano desde de 1981 até 2023	28
Figura 4 – Produção científica absoluta por país	29
Figura 5 – Co-citação de autores e seus respectivos <i>clusters</i>	30
Figura 6 – Co-citação dos autores no tempo.....	31
Figura 7 – Produção científica absoluta por ano no Brasil	32
Figura 8 – Fluxograma do capítulo 2.....	34
Figura 9 – Coleta seletiva por região do Brasil no ano de 2019	40
Figura 10 – Destinação final dos resíduos de 2011 a 2019, em porcentagem mássica	41
Figura 11 – Relação entre a aplicação de cobrança e a existência de lixões.....	43
Figura 12 – Relação entre a arrecadação por cobrança e a oferta de serviços de MRS	44
Figura 13 – Fluxograma do capítulo 3.....	47
Figura 14 – Cadeia de serviços de MRS que ocorre em Fortaleza	53
Figura 15 – Quantidade de pontos de coleta em Fortaleza em 2016 e 2018.....	55
Figura 16 – Pontos de coleta por material em Fortaleza nos anos de 2016 e 2018.....	56
Figura 17 – Cadeia de MRS que ocorre em Fortaleza	57
Figura 18 – Variáveis analisadas em relação a cobrança em cidades do Brasil	60
Figura 19 – Faixas populacionais analisadas	61
Figura 20 – Serviços que estão correlacionados a cobrança.....	61
Figura 21 – Frequência de aplicação de cobrança para cada tipo de contribuinte	62
Figura 22 – Parâmetros mais utilizados por município em geral e na Faixa 5.....	63
Figura 23 – Número de parâmetros utilizados simultaneamente nos municípios em Geral e na Faixa 5	64
Figura 24 – Valores observados nos municípios em Geral e na Faixa 5	65
Figura 25 – Forma de arredação mais utilizadas nos municípios em Geral e na Faixa 5.....	66
Figura 26 – Fluxograma do Capítulo 4.....	70
Figura 27 – Metodologia com cálculo parametrizado.	74
Figura 28 – Pesos atribuídos.....	75
Figura 29 – Distribuição dos bairros quanto ao IDH-Renda.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de recepção de resíduos em Fortaleza por tipo	58
Tabela 2 – Variáveis da cobrança em Fortaleza	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDIP	Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base
ABPL	Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ASMOC	Aterro Sanitário Municipal Oeste de Caucaia
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CMF	Câmara Municipal de Fortaleza
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EC	Economia Circular
ECA	European Court of Auditors
EY	Ernst & Young Global Limited
FR	Taxa Fixa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCA-E	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especia
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISLU	Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal
MPCE	Ministério Público do Ceará

MRS	Manejo do Resíduo Sólido
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEX	<i>Operating Expense</i>
PAYT	Taxa por Utilização ou Tarifa
PL	Projeto de Lei
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPP	Princípio do Poluidor-Pagador
RCL	Receita Corrente Líquida
REP	Responsabilidade Estendida ao Produtor/Importador

LISTA DE SÍMBOLOS

A_I	Área do Imóvel
C_M	Constante matemática
C_I	Custo por imóvel
C_F	Fator de Correção Financeiro
F_C	Frequência de coleta
U_I	Uso do imóvel
Z_U	Zoneamento urbano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	17
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.2	Estrutura do Trabalho	18
2	MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO NO MUNDO	20
2.1	Geração de Resíduo no Mundo	20
2.1.1	<i>Geração de Resíduos em Países Desenvolvidos</i>	20
2.1.2	<i>Geração de Resíduos em Países em Desenvolvimento</i>	22
2.1.3	<i>Poluidor Pagador e conceitos completos</i>	22
2.1.4	<i>Instituição da Cobrança</i>	24
2.1.5	<i>Taxa x Tarifa</i>	25
2.2	Bibliometria	26
2.2.1	<i>Análise bibliométrica do MRS no mundo</i>	27
2.2.2	<i>Análise bibliométrica do MRS no Brasil</i>	31
2.3	Conclusão	32
3	MANEJO DE RESÍDUO SÓLIDO NO BRASIL	35
3.1	PNRS	36
3.2	Serviços	38
3.2.1	<i>Logística Reversa</i>	38
3.2.2	<i>Reciclagem</i>	39
3.2.3	<i>Disposição final</i>	39
3.2.4	<i>Coleta</i>	40
3.2.5	<i>Custos OPEX e CAPEX</i>	41
3.3	Aplicação da cobrança	42
3.3.1	<i>Aplicação da cobrança no Brasil</i>	42
3.3.2	<i>Mecanismos necessários para aplicação de cobrança</i>	44
3.4	Conclusão do capítulo	45
4	MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO EM FORTALEZA	48

4.1	PNTS em Fortaleza.....	48
4.1.1	<i>Criação de legislação municipal de MRS.....</i>	<i>49</i>
4.1.2	<i>Legislação para Coleta e disposição final.....</i>	<i>49</i>
4.1.3	<i>Mecanismos de acompanhamento e controle incorporados na legislação</i>	<i>50</i>
4.1.4	<i>Legislação em relação aos Resíduos de saúde.....</i>	<i>50</i>
4.1.5	<i>Legislação para programas de educação ambiental</i>	<i>51</i>
4.1.6	<i>Estado atual de Fortaleza sob o aspecto legislativo</i>	<i>51</i>
4.2	Serviços de MRS em Fortaleza.....	52
4.2.1	<i>Coleta de Resíduos.....</i>	<i>52</i>
4.2.2	<i>Reciclagem e Logística Reversa</i>	<i>56</i>
4.2.3	<i>Disposição Final.....</i>	<i>57</i>
4.2.4	<i>Compostagem</i>	<i>58</i>
4.3	Cobrança de MRS em Fortaleza	59
4.3.1	<i>Estado da cobrança no Brasil</i>	<i>60</i>
4.3.2	<i>Proposta de cobrança atual.....</i>	<i>66</i>
4.4	Conclusão do capítulo	68
5	PROPOSTA DE COBRANÇA PARA FORTALEZA	71
5.1	Situando a cidade de Fortaleza	71
5.2	Definindo os parâmetros da cobrança	72
5.3	Apresentação da Equação Geral Parametrizada.....	73
5.4	Aplicando a equação em Fortaleza	73
5.4.1	<i>Definindo as áreas e seus pesos</i>	<i>74</i>
5.4.2	<i>Definindo a frequência de coleta</i>	<i>76</i>
5.4.3	<i>Definindo o zoneamento urbano.....</i>	<i>76</i>
5.4.4	<i>Definindo o fator de correção financeiro.....</i>	<i>77</i>
5.4.5	<i>Definindo a constante matemática.....</i>	<i>77</i>
5.4.6	<i>Apresentando a Equação Parametrizada definida para Fortaleza</i>	<i>77</i>
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE	87

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de administrar serviços de MRS tornou-se essencial a partir do momento em que se percebeu que o acúmulo de resíduos atraía vetores e doenças, causavam mau cheiro e ocupavam espaço. Contudo, esse processo é relativamente recente, onde o padrão inicial era a administração pública ser incumbida de depositar o resíduo em algum local longe o suficiente para permitir que não afetasse a sociedade. No entanto, ao longo da história, esse processo foi se tornando cada vez mais complexo. O aumento do consumo e da produção proporcionou aumento da deposição de resíduo, onde ficou perceptível o impacto dos resíduos no meio ambiente (ERNST & YOUNG GLOBAL LIMITED (EY); SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA (SELURB), 2020).

Nesse sentido, a partir da década de 70 começou-se a perceber que a produção desenfreada de resíduos causava cada vez mais a perda de áreas produtivas bem como impacto ambiental em mares e florestas, atingindo a fauna e a flora; também era notável o nível de desperdício observado na indústria, comércio, serviços e residência. Com a escassez e o encarecimento da obtenção de diversos itens obtidos na natureza, proporcionou-se então a criação do processo de reciclagem e reaproveitamento de vários materiais. Todos esses processos foram tornando-se comuns, até o ponto de que atualmente muitos países desenvolvidos possuem uma política de desenvolvimento sustentável e implementação do modelo de EC que privilegia ações de logística reversa e que permitam aproveitar o máximo possível do resíduo (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), 2022). Todo esse sistema é sustentado por uma sociedade, responsável e consciente do seu impacto, em conjunto com o estado, aderindo conceitos advindos do PPP, que garantem sustentação do tripé sociedade, economia e meio-ambiente (WELIVITA et al., 2015; BEUKERING et al., 2009).

Enquanto no mundo há avanços consideráveis quanto a maneira que o MRS é visto pela sociedade e administração pública, no Brasil, após mais de uma década de aplicação da PNRS, ainda não é possível observar mudança de perspectiva nos municípios brasileiros, principalmente nos pequenos e médios municípios (CETRULO et al, 2018). Há ainda um considerável número de lixões abertos no Brasil, embora esse tipo de disposição tenha sido proibida ainda na década de 80; a qualidade dos serviços observados no Brasil não proporciona a todos os usuários as condições mínimas garantidas como direito pela constituição brasileira (BRASIL, 1988). Há vários fatores que explicam essa falta de efetividade da PNRS, como, por exemplo, a baixa participação da população. Entretanto, há de fato uma relação entre qualidade

dos serviços prestados e cobrança específica da MRS aos usuários, isso acontece devido os municípios brasileiros, principalmente pequenos e médios, não possuem as condições financeiras para garantir serviço de MRS, pois não há receita dos municípios atreladas aos serviços de MRS, o que faz com que estes gastem somente a sobra de outras receitas (EY; SELURB, 2020). Desse modo que a PNRS surgiu como solução não só permitindo, mas indicando os municípios a fazer a cobrança, observando o PPP.

Em Fortaleza o cenário é basicamente o mesmo do Brasil, o município apresenta dificuldades em cumprir efetivamente os pontos propostos pela PNRS, assim como todos os municípios brasileiros a falta de recursos tem sido um fator diretamente proporcional à falta de qualidade nos serviços de MRS, porém o fato da capital contar com sistema de logística reversa bastante independente e a atividade de agentes autônomos contribuem para barateamento do MRS e ajudam a amortizar os custos. No entanto, a partir da promulgação da Projeto de Lei (PL) 0437/2022, o município de Fortaleza decidiu aderir ao sistema de cobrança. O município ofereceria serviços de qualidade e a população guiada pelos princípios do PPP como participação ativa, responsabilidade e consciência, financiaria as atividades com recursos e atitudes direcionadas ao beneficiamento do meio ambiente. No entanto, o intuito da nova legislação do município não apresenta condições e mecanismos para permitir que os princípios do PPP sejam difundidos pela população, pois ao simplificar a cobrança reduzindo o universo de usuários aptos a cobrança e classificando cada indivíduo por somente uma variável, não obedecendo às tendências observadas em outras cidades e capitais brasileiras, apresenta condições socialmente não aplicáveis, visto que despreza a participação de toda população, como também mostra-se injusto ao qualificar os indivíduos por um único aspecto.

Dessa forma, há necessidade de haver um contraponto a PL 0437/2022 que considere o estudo da lógica de processo bem como aspectos os seguintes aspectos: taxa x tarifa, características da cidade, PPP e aspectos adotados em outras cidades brasileiras. Nesse intuito, essa pesquisa oferecerá uma opção de cobrança, principalmente quanto a fórmula de cálculo e definição dos usuários aptos a cobrança, para disponibilizar condições socialmente justas e socialmente aplicáveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Propor uma metodologia de cobrança socialmente aplicável e justa ao município de

Fortaleza de acordo com os princípios do PPP.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o estado da MRS em países desenvolvidos e em desenvolvimento;
- Analisar a cobrança como fator responsabilizador ao usuário poluidor-pagador;
- Avaliar como se encontram os estudos do mundo em relação à implementação de MRS;
- Qualificar o estado da PNRS no Brasil;
- Estudar a cobrança como instrumento de viabilidade da PNRS no Brasil;
- Examinar a proposta de cobrança feita PL 0437/2022 em relação a outras cidades brasileiras;
- Entender o estado de implementação do plano de resíduo sólido do município de Fortaleza requerido pela PNRS;
- Observar a situação dos serviços de MRS em Fortaleza.

1.2 Estrutura do Trabalho

O trabalho é dividido em cinco capítulos, diferente do que acontece na maioria dos trabalhos, onde os temas são divididos em introdução, metodologia, resultados, entre outros; o trabalho é dividido em capítulos classificados segundo ao tipo de análise, partindo do macroscópico para microscópico, ou seja, saindo das condições vistas no mundo, para as condições de Fortaleza.

No Capítulo MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO NO MUNDO é abordado a situação do MRS no mundo, na qual há uma análise de como a cobrança tem sido feita nos países em desenvolvimento e desenvolvidos. Dessa forma, são avaliadas as condições que permitem a aplicação de MRS de maneira eficiente nos países desenvolvidos, através de aplicação da cobrança utilizando o PPP; por último essa capítulo apresenta a situação atual do MRS quanto a literatura científica, através de um estudo bibliométrico.

No capítulo MANEJO DE RESÍDUO SÓLIDO NO BRASIL é mostrada o estado atual da PNRS e avaliado os desafios que têm impedido a implementação efetiva dos objetivos da

legislação quando aprovada no Brasil em 2010, desse modo é escopo desse capítulo observar como a cobrança tem papel importante em complemento a legislação. Desse modo a observação de como a cobrança tem auxiliado muitos municípios brasileiros a superara dificuldade de obtenção de recursos e oferecer serviços de qualidade, como também levar a população a ter atitudes que contribuam com a preservação do meio ambiente.

Já no capítulo MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO EM FORTALEZA é abordado sobre as condições da PNTS em Fortaleza sob o aspecto legislativo, como também é observada a situação atual dos serviços ca capital cearense, na qual são expostos os fatores que levaram a cidade a adotar um regime de cobrança , bem como é feito uma análise dessa cobrança em relação ao que vem sendo adotado nos municípios brasileiros.

Como base nas informações dos capitulos anteriores, o capítulo PROPOSTA DE COBRANÇA PARA FORTALEZA apresenta uma equação que apresenta condições mais próximas a desejada pelo PPP para a cidade de Fortaleza, de forma que são aplicados dados para observar o comportamento dessa equação, quanto aos dados obtidos a partir da cidade.

No capítulo CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS foi abordado as condições da proposta , quanto a aplicabilidade da proposta e quanto o seu objetivo inicial de proporcionar condições mais justas aos usuários atrelando mais principios do PPP em sua metodologia.

2 MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO NO MUNDO

O Resíduo Sólido (RS) é comumente definido como o sobra ou material inútil para seu objetivo original, seja advinda do: município, agricultura e indústria, sendo descartado devido ser desnecessário (SHAMSHAD et al., 2022; SHABAN et al., 2022). No entanto, o RS tem ganhado novos significados, por estar evidente que seu panorama é de crescimento para esse e os próximos anos, como destaca o trabalho Ndou e Rampedi (2022) que projetou aumento de 11% na Ásia Central e Europa até 2030; outro exemplo é na América do Norte em que esse aumento esperado é de 21%. Esses dados corroboram para a ideia de que a fórmula produção-consumo-descarte não é mais sustentável; o manejo ou gerenciamento desse resíduo é essencial para implementar uma política de desenvolvimento sustentável. Para analisar de maneira mais profunda a relação entre a geração de RS e o manejo desse resíduo, dessa forma será abordado duas perspectivas: países desenvolvidos e países em desenvolvimento, que apresentam estágios diferentes quanto ao entendimento do tema.

2.1 Geração de Resíduo no Mundo

O RS é o conjunto de vários tipos de produtos: matéria orgânica, papel, lixo de jardim, plástico, entre outros diversos produtos (NDOU; RAMPEDI, 2022). Na qual, composição e a quantidade produzida é atrelada principalmente a fatores como: urbanização, renda e população (SHAMSHAD et al., 2022). Nesse sentido é necessário levar em conta as características do local para a produção do planejamento, visto que há uma tendência da administração pública se preocupar somente com a disposição do RS, ou seja, no método de descarte que proporcione os menores custos possíveis, desprezando os custos de recuperação desse resíduo (ALZAMORA; BARROS, 2020). Para estudar como os países têm atuado, foi feita uma separação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

2.1.1 Geração de Resíduos em Países Desenvolvidos

Essa seção discute como a geração de resíduos provocou uma reação de modo a criar uma cultura que modificou o modo como se encarou a geração de lixo, que trouxe conceitos como poluidor-pagador e economia circular; também são apresentados resultados obtidos, mesmo que ainda limitados.

A preocupação com a geração de RS surgiu a partir de uma percepção que as atividades humanas têm grande impacto sobre o meio ambiente; temas como aquecimento global, saúde,

qualidade do ar, qualidade da água, estão atrelados ao MRS. Essa preocupação advém de períodos posteriores a Segunda Guerra Mundial, onde a produção de produtos de uso e descarte criou uma sociedade marcada pelos descartáveis, correlacionando também há o fato de houve um processo de urbanização rápido nas décadas de 60 e 70 (ERNST & YOUNG GLOBAL LIMITED (EY); SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA (SELURB), 2020).

Todos esses fatores precisavam de uma resposta da sociedade para mudança, com objetivo de evitar a política de produção-consumo-descarte foi feita criação do princípio poluidor-pagador pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 1972 (SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA (SELUR) *et al.*, 2021). A criação desse princípio apresentou para a sociedade a responsabilidade da poluição ao seu gerador, individualizando o causador e sujeitando a pagar pelo que impacto que causa (EY; SELURB, 2020).

Atualmente a preocupação com o MRS está no 11.º objetivo para desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU), que apresenta como meta a “diminuição da taxa de produção de lixo através da prevenção redução, reciclagem e reuso” (NDOU; RAMPEDI, 2022). Em vários países desenvolvidos têm-se apresentado resultados bastantes satisfatórios, quanto a aplicação de MRS, pode ser citado dois países: a Suécia e Dinamarca. A Primeira apresentava no ano de 1975 deposição de 1,6 milhões de toneladas em aterros de RS, em contrapartida, no ano de 2012 registrou uma diminuição para a marca de 32 mil toneladas. No caso da Dinamarca, atualmente 53% do lixo é incinerado, 24% é usado para reciclagem e é feita compostagem de 18% (NDOU; RAMPEDI, 2022).

Apesar dos avanços observados nos países desenvolvidos, enquanto nos últimos 30anos houve aumento 40% no aumento de produtividade a partir das matérias-primas; no mesmo período houve aumento de 150% demanda destas últimas (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), 2022). Há de fato, na maioria dos modelos de governo uma procura pelo curto prazo, escassez e focado no processo, objetivando obter recursos prontos de baixo custo com produção de impactos ambientais e sociais negativos. Nesse contexto, tem havido o surgimento de modelos econômicos com foco no desenvolvimento sustentável, promovendo a regeneração de recursos e com impactos sociais e ambientais; um desses é o modelo econômico EC.

2.1.2 Geração de Resíduos em Países em Desenvolvimento

Nesse tópico é tratado sobre as dificuldades relacionadas ao MRS nos países em desenvolvimento, que possuem como desafios o crescimento urbano e baixos recursos para realização dos serviços de maneira eficiente.

Diferentemente dos países desenvolvidos, os países em desenvolvimento apresentam maiores dificuldades para aplicar um MRS de maneira eficiente, por haver maiores barreiras para os países que estão nessa situação, tais como burocracias institucionais, falta de financiamento e de mão de obra qualificada (NDOU; RAMPEDI, 2022).

Em países em desenvolvimento, somente 10% do RS advindo das áreas urbanas municipais tem destinação correta e segura, os outros 90% é depositada em aterros abertos e queimado de forma incontrolada (SHABAN *et al.*, 2022). A deposição em aterros é ainda a forma mais usada devido as adversidades que ocorrem principalmente nas grandes cidades que não apresentam planejamento urbano e limitada infraestrutura.

Nessa perspectiva, o trabalho Shaban et al. (2022) afirmar que não é possível aplicar os mesmos padrões de MRS para todos os locais, pois cada área tem especificidades que modificam o planejamento do MRS, visto que não há disponibilidade de recursos para todas as nações e como foi construída a sociedade também impacta na estratégia de MRS a ser escolhida, principalmente nos países em desenvolvimento que possuem a maioria do crescimento urbano no mundo, especialmente as devido pequenas e médias cidades de baixa renda que, como resultado o uso dos recursos destinados ao MRS, são menos eficiente em países em desenvolvimento comparado a países desenvolvidos.

2.1.3 Poluidor Pagador e conceitos completares

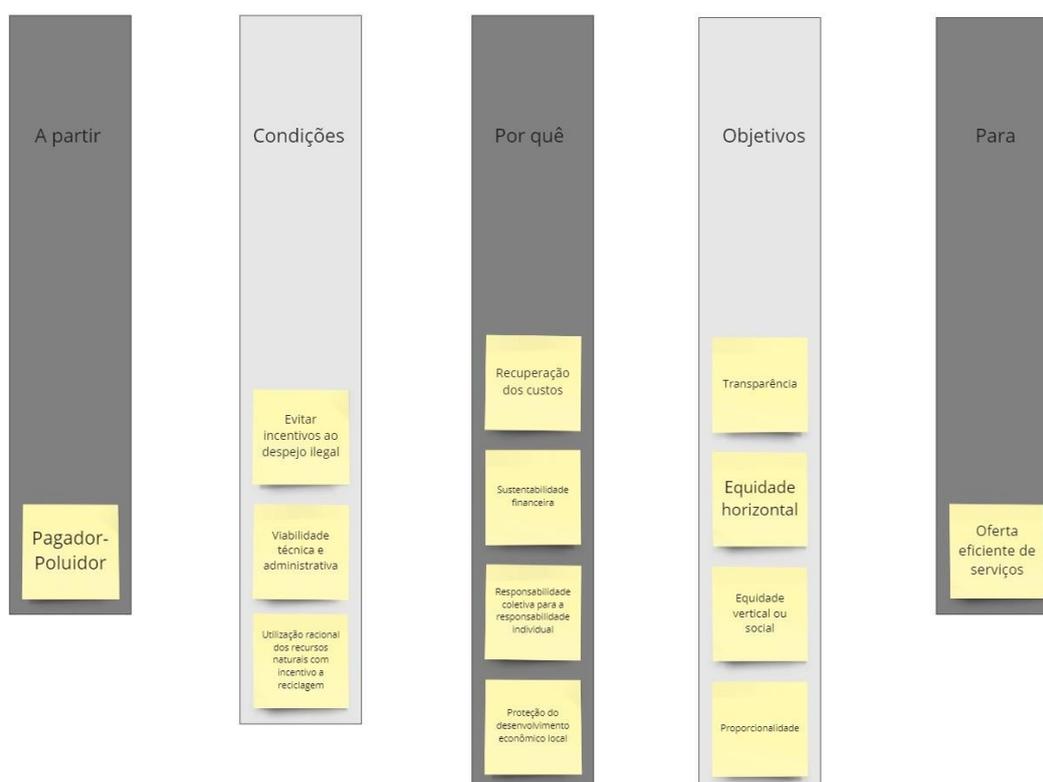
O conceito de poluidor-pagador não é suficiente para avaliar os deveres do indivíduo quanto a sua responsabilidade; também é necessário haver padrões que regulem como é feito a cobrança ao poluidor e o estado também deve apresentar conceitos prévios para estabelecer a tarifa. O PPP foi criado em 1972 pela OCDE, com objetivo de dar ao poluidor a responsabilidade pelo dano causado no meio ambiente. De maneira aplicada, o poluidor é incentivado a não continuar com suas atitudes prejudiciais, de modo que o indivíduo deve absorver os custos de todas as externalidades negativas ao meio ambiente, evitando que a coletividade pague pela infração de um indivíduo (EUROPEAN COURT OF AUDITORS

(ECA), 2021).

Em contrapartida, numa visão mais filosófica, há questionamentos quanto a justificativa para a aplicação do PPP, onde duas questões são levantadas: primeiro, por que a população deverá pagar pela poluição causada por seus antepassados? Segundo, como pode ser racionalmente cobrado sobre atos cometidos sem a consciência dos praticantes? A primeira pergunta não é persuasiva devido à impossibilidade de calcular os benefícios causados pelos indivíduos hoje, em contraposição das infrações feitas das pessoas da antiguidade. A segunda pergunta pode ser respondida pelo fato de que, o PPP tem em seu escopo de reparação climática, não considerando a punição das pessoas hoje, mas sim a correção quanto ao impacto ambiental das emissões passadas (TAN, 2023).

Nessa perspectiva, há necessidade de haver uma explicação de quais são as características que permeiam a aplicação do conceito de PPP. O processo de aplicação do PPP pode ser acompanhado na Figura 1.

Figura 1 - Processo de avaliação da aplicação do PPP



Fonte: próprio autor

Dessa forma, os conceitos observados na Figura 1 são explicados a seguir:

- a) A partir: o poluidor-pagador é a origem;
- b) Condições: Para aplicação de qualquer metodologia, deve haver condições mínimas sustentáveis que possam garantir que haja a operação de forma satisfatória; nesse sentido para aplicação do PPP é necessário haver disponibilização de investimentos e mão de obra qualificada, bem como é ideal haver em paralelo campanhas e medidas que promovam a reciclagem e que evitem o despejo ilegal;
- c) Porque: a aplicação do PPP promove a responsabilidade de cada indivíduo, retirando o peso da sociedade que teria de prestar o serviço ao indivíduo e arcar com os custos do serviço, ou seja, o PPP também corrige o dispêndio de custos que não são obrigatórios e que retiram a saúde financeira dos municípios;
- d) Objetivos: para que o método de aplicação do PPP seja justo é necessário que todos os usuários tenham ciência de seu funcionamento de maneira fácil, de modo que todos os usuários tenham as condições de assegurar que a cobrança é justa em relação ao serviço prestado (Equidade horizontal), como também saber quais as razões de sua tarifa ser mais alta como, por exemplo, tarifas a usuários com condição econômica mais favorável (Equidade vertical), do mesmo modo o usuário deve ter o conhecimento dos custos totais dos serviços prestados e se o valor arrecadado é proporcional aos custos;
- e) Para: a aplicação do PPP tem como intuito principal fornecer ao usuário um serviço de qualidade, de forma que haja de fato recursos direcionados a recuperação do meio ambiente impactado.

2.1.4 Instituição da Cobrança

A instituição da cobrança é a aplicação do conceito poluidor-pagador na prática e tem objetivo de fornecer ao estado subsídios suficientes para entregar um serviço completo e de qualidade consoante o demandado do poluidor, evitando que o poluidor tenha um deficit no seu direito, como também permite ao estado custear por completo os dispêndios com MRS. Políticas de MRS tem em seu escopo uma junção de regulação, economia, educação e instrumentos de informações, na qual os instrumentos de economia se caracterizam por taxaço e imposto, pois aplicação de taxaço tem o objetivo de encorajar os moradores a reduzir, através da reciclagem

e compostagem (WELIVITA *et al.*, 2015; BEUKERING *et al.*, 2009), como também permite ao conceito do PPP que os custos da pegada ecológica sejam repassados para o usuário causador.

Nos países em desenvolvimento é gasto entre 20% a 50% do orçamento em MRS, porém devido às diversas dificuldades com recursos e baixa participação da população, o serviço de coleta se torna ineficiente, de forma que 30-60% de todo o resíduo sólido fica sem ser coletado, tratado ou depositado e somente metade da população é atendida (DICKELLA *et al.*, 2011). Desse modo, o que os países têm buscados são formas de engajar a população e garantir recursos, uma ferramenta frequentemente utilizada, nesse sentido é a cobrança.

2.1.5 Taxa x Tarifa

Admitindo que a aplicação de cobrança é essencial para operacionalização de um bom MRS, é necessário conhecer como é feita essa taxação nos países ao redor do mundo. Os modelos de cobrança no mundo são caracterizados por três tipos: Taxa Fixa (FR), Taxa por Utilização ou Tarifa (PAYT) e cobrança combinada (EY; SELURB, 2020). O escopo desse trabalho irá analisar somente as condições dos dois primeiros métodos de cobrança.

Contudo, antes de ser feita a análise dos itens em questão, é importante definir os conceitos de taxa e tarifa; o conceito dos dois termos é relacionado a sua relação com a aplicação do serviço, na qual a taxa é caracterizada por não haver a necessidade de fato da realização do serviço, pois não é atrelada ao serviço que originalmente permitiu sua criação, mas está relacionada proporcionalmente a outra variável ou *proxy*, que está em banco de dados disponível e é mais fácil de ser mensurada (NASCIMENTO; COIMBRA, 2017). Isso não significa que a cobrança é calculada com qualquer variável disponível, mas que escolha do *proxy* tem o objetivo de estimar os custos da demanda do usuário de forma mais próxima à realidade possível, segundo o banco de dados disponível.

A tarifa é uma cobrança que depende da prestação do serviço, por estar vinculada ao serviço feito, ou seja, quanto maior a quantidade de serviço realizada, mais dispendioso será os custos para o beneficiário dos serviços. A aplicação de tarifa permite contemplar todos os aspectos do PPP, pois a aplicação de tarifa se traduz em um custo variável aos moradores, que traz prejuízos financeiros, principalmente, aos que têm comportamento que produz maior impacto ao meio ambiente e a sociedade, tendo efeito duplo de aumentar a reutilização e redução da deposição de lixo (REICHENBACH, 2008).

2.1.5.1 Taxa

Sob um regime que funciona com base em *proxy*, a aplicação da FR é dividida por unidades como, por exemplo, contêiner ou residência (BILITEWSKI, 2008). Esses *proxies* podem ser diversas variáveis, tais como consumo de água, tamanho da propriedade, valor da propriedade e até a localização na cidade pode ser utilizada, entre outros (PUIG-VENTOSA, 2008).

Em geral, o cálculo é feito firmando-se nas bases de dados disponíveis no município, então o valor pode ser arrecadado em contas de energia, internet, água, enviado os valores referentes a cobrança de cada serviço para suas respectivas operadoras (EY; SELURB, 2020).

2.1.5.2 Tarifa

A base para aplicação do sistema PAYT segundo (UKKONEN; SAHIMAA, 2021) tem em seu escopo os seguintes passos:

- a) Identificação do poluidor;
- b) Calcular da quantidade produzida na responsabilidade do poluidor;
- c) Determinar o custo da cobrança que deve ser feita, a partir dos serviços prestados.

A aplicação de PAYT tem apresentado expansão de aplicação em diversos lugares do mundo, isso se deve ao fato de que sua aplicação abranger mais eficientemente o PPP. Porém, a parcela mundial que usa a PAYT é mínima, sendo a composição dessa parcela formada majoritariamente por países desenvolvidos, como pode ser visto na Figura 2.

Segundo EY e SELURB (2020) há uma relação direta entre o IDH e o índice Gini, que mede a desigualdade, com a aplicação de PAYT. De modo que foi detectado que quanto maior o IDH e menor o índice Gini maior a chance de ser aplicado o modelo PAYT; antes, pelo contrário, há preponderância pelo modelo de cobrança fixa, o que se explica por diversos fatores. Em países em desenvolvimento há falta de serviço de coleta para toda população, o custo de implementação e operação do sistema é alto, desaprovação social e despejo ilegal de lixo são frequentes, fazendo que esse sistema de cobrança não seja adotado (WELIVITA *et al.*, 2015).

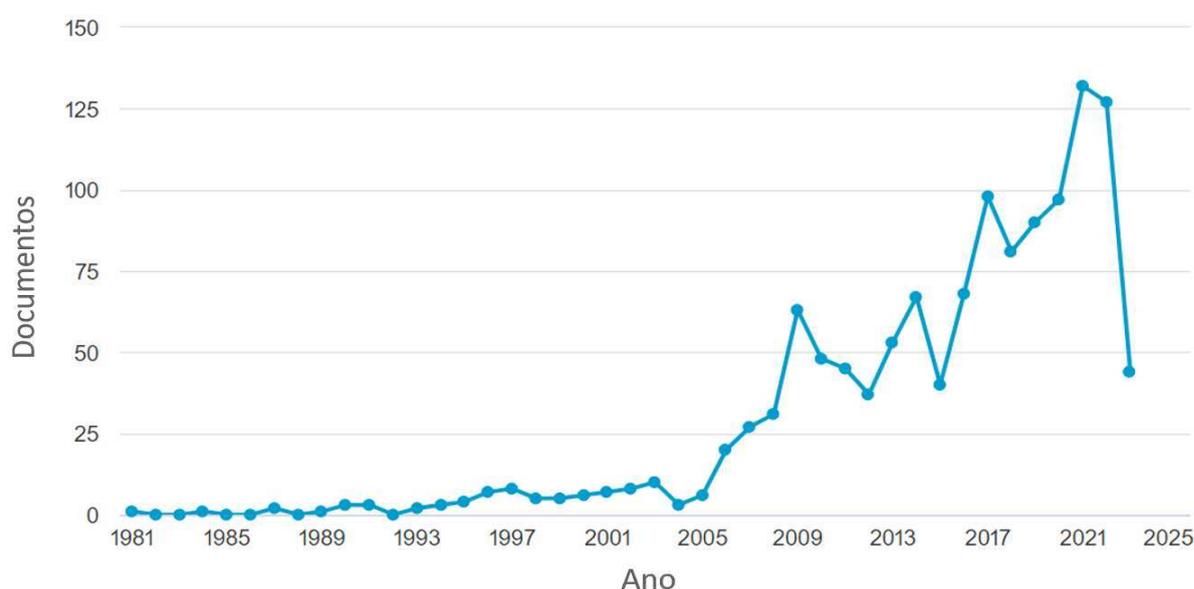
2.2 Bibliometria

O estudo bibliométrico tem o intuito de compreender o estado atual de uma área do

“*municipal solid waste management*”; a área do assunto em foi limitada “Ciência ambiental”. Quanto ao tipo de documento, foi selecionado somente “artigo”.

A pesquisa encontrou ao todo 1.253 trabalhos, dos quais aproximadamente 87% foram realizados do ano de 2009 para 2023, mostrando uma tendência mundial de estudo do tema. O ano de 2009 apresentou um grande crescimento devido a China ter enfrentado diversas dificuldades administrativas e ambientais, para sediar os jogos olímpicos em Pequim, 2008 (ZHEN-SHAN *et al.*, 2009). Na Figura 3 é possível observar o crescimento exponencial do tema.

Figura 3 – Produção científica por ano desde de 1981 até 2023



Fonte: próprio autor

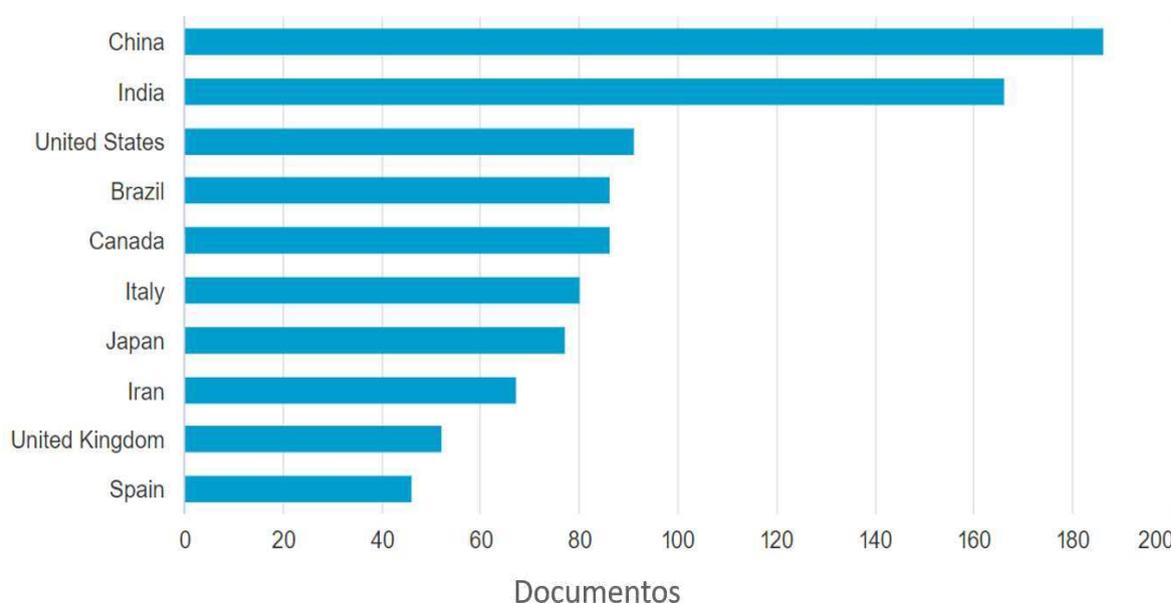
Quanto a produção por países, a China apresenta liderança, principalmente devido encabeçar a lista de diversos índices de poluição mundial, visto que desse país são originados quase 15% de todos os documentos encontrados na pesquisa. O segundo país que apresenta maior produção de documentos é a Índia que, em 2016, introduziu as Leis de Manejo do Resíduo Sólido, apresentando crescimento na produção de pesquisas após esse ano (SIDDIQUI *et al.*, 2022). A Figura 4 mostra como é a dinâmica de contribuição de cada país.

Quanto a produção por autor, foi feito um estudo a partir do *software Vosviewer* com objetivo de entender como estão as interações entre autores e observar quais autores apresentam maior numero de citações e trabalhos publicados, ou seja, apresentam maior relevância. Na Figura 5 é possível acompanhar como os autores se comportam. Os autores mostrados na Figura

5 foram filtrados a partir das configurações do *software Vosviewer*, na qual, foram selecionadas as seguintes configurações:

- a) Tipo de análise: co-autoria;
- b) Tipo de contagem: contagem total.
- c) Unidade de análise: autores;
- d) Número mínimo de documentos por autor: 2;
- e) Selecionado somente os artigos em *clusters*: Sim.

Figura 4 – Produção científica absoluta por país



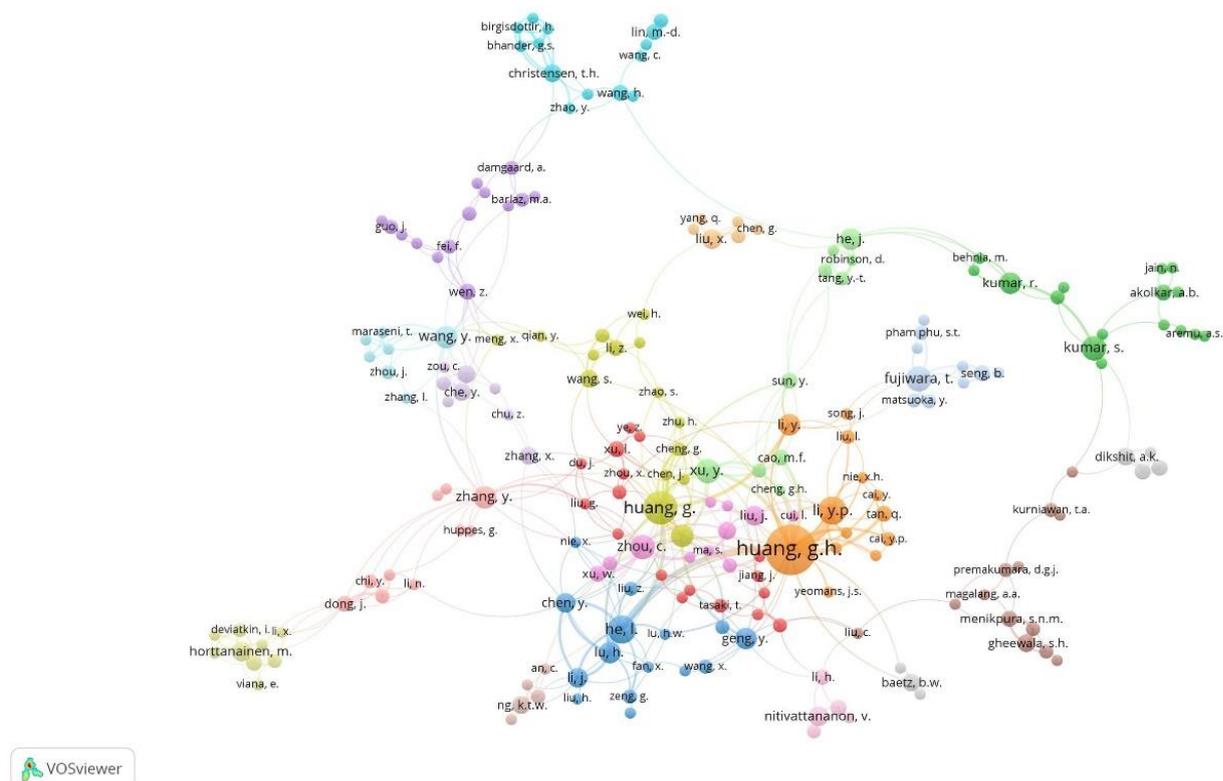
Fonte: próprio autor

As demais configurações adotadas são os padrões iniciais do *software* que não foram modificadas. Foram encontrados ao todo 18 *clusters*, entre os 205 autores observados na Figura 5. O autor G. H. Huang apresentando o maior número de documentos, ao todo 39; o mesmo tem seus trabalhos caracterizados por propor modelos de custo, planejamento, locação relacionados ao MRS. O autor é também apresenta o maior número de citações, porém o *cluster* ligado ao autor é somente o sétimo maior e tem em seu escopo trabalhos mais antigos, como pode ser visto na Figura 6, indicando que os temas ligados ao *cluster* estão saindo do foco atual da pesquisa.

O segundo autor com maior número de publicações é G. Huang, 17 documentos, na qual,

sua linha de pesquisa apresenta relação com programação, planejamento, China e Canadá. É um autor em que está ligado ao quarto maior *cluster* com 15 autores, e apresenta também a mesma posição quanto ao número de citações, porém também apresenta em sua maioria trabalhos antigos.

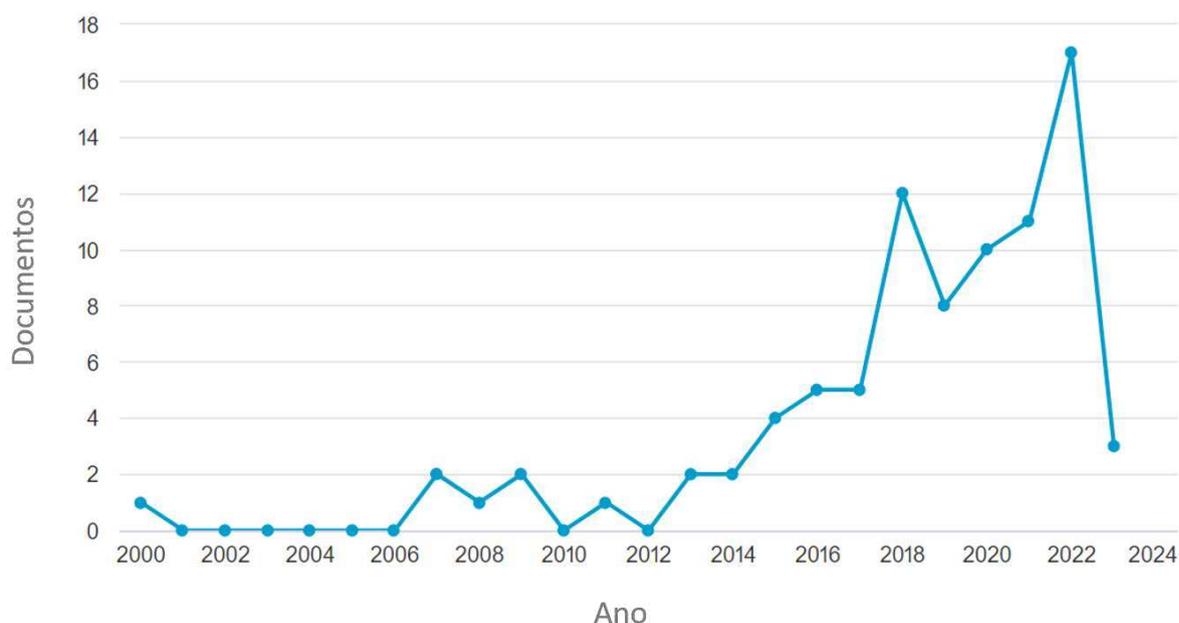
Figura 5 – Co-citação de autores e seus respectivos *clusters*



Fonte: próprio autor

O terceiro e quarto autores apresentam o mesmo número de trabalhos, Y.P. Li e L. He, respectivamente. No entanto, Y.P. Li está no mesmo *cluster* que o autor G. H. Huang, o autor mais citado. Nesse sentido, será discutido somente sobre as produções do autor L. He, que apresenta ao todo 13 trabalhos e está no décimo *cluster*, porém diferente dos *clusters* anteriores, esses trabalhos são caracterizados por serem trabalhos recentes, os temas abordados por L. He são os seguintes: otimização, decisão, programação, planejamento. Ou seja, os temas registrados são semelhantes aos trabalhos antigos, porém as ferramentas, ideias e soluções são mais atuais, o que corrobora ainda mais a afirmação de que é um enorme desafio o gerenciamento do MRS no mundo.

Dessa forma, foi observado que os pontos de crescimento observados nos dois países partiram de inícios diferentes, onde no território chinês, o *start* se deu a partir das olimpíadas

Figura 7 – Produção científica absoluta por ano no Brasil

Fonte: próprio autor

2.3 Conclusão

O Capítulo 2 apresentou a perspectiva histórica de como, por uma série de transformações, a sociedade foi adquirindo a consciência de que o ciclo produção-consumo-descarte não poderia ser mais praticável, visto que a relação demanda-produção está sendo acentuada a cada ano, de modo que conceitos como desenvolvimento sustentável, EC e PPP passaram a fazer partedos ideais do MRS. Esses conceitos foram observados primeiramente nos países desenvolvidos,mas que vêm sendo implantados nos países em desenvolvimento.

Esse processo de implantação nos países em desenvolvimento tem apresentado maiores dificuldades de ser difundido culturalmente. Isso é resultado da falta de recursos, consciência da população, mão de obra qualificada e crescimento populacional; esse último impacta todos os outros fatores, pois tal crescimento pode produzir, de maneira acentuada, zonas sem a presença do estado.

Com a percepção da necessidade de responsabilizar o indivíduo por sua poluição, a necessidade de agregar efeitos econômicos se tornou a maneira mais efetiva do agente poluidor ser penalizado por seu impacto no meio ambiente, visto que, de fato, há uma cadeia não cíclica de deposição de resíduos do usuário e recebimento de recursos em forma de serviço, onde o estado executa o serviço, como também o sustentador desse serviço, utilizando recursos alheios

ao MRS que deveriam ser utilizados em outras áreas. Isso resulta na execução de serviços de baixa qualidade por parte da administração pública e da alienação do agente gerador que não tem compreensão do tamanho do impacto causado.

A cobrança tem ao longo dos anos se provado um fator essencial para produzir no gerador a responsabilidade das suas atitudes quanto a produção de resíduo. Dessa forma, não é difícil a observar ao redor do mundo diferentes modelos de cobrança, principalmente nos moldes de PAYT e FR. Contudo, pode se estabelecer uma conexão nos países que optam por taxa ou tarifa: em locais em que se têm registrado altos índices de IDH e baixo índice Gini, geralmente se aplica mais PAYT; do contrário, há preponderância do uso de FR, ocorrendo devido ao nível de consciência da população quanto à responsabilidade de cada indivíduo como gerador de resíduos e poluidor do meio ambiente.

Desse modo, foi buscado entender como está o estado da arte do tema cobrança no âmbito de MRS ao redor do mundo. Em que foi se utilizado de estudos bibliométricos com objetivo de avaliar tendências e comportamentos mundiais. Como resultado, foi detectado que o ponto de *start*, pode ser a partir de diferentes impactos, onde no território chinês, o início se deu a partir das olimpíadas em Pequim, de outra forma na Índia esse processo começou diante a implementação de legislação para regulamentar o MRS. O Brasil apresenta, de mesma forma ao exemplo indiano, um crescimento nos estudos a partir a promulgação da PNRS, onde o impacto causado pela aplicação de uma nova legislação pode ser o passo inicial para aplicação de MRS efetivamente.

Na Figura 8 é mostrado o fluxograma desse capítulo, que teve como objetivo caracterizar o estado da MRS em países desenvolvidos e em desenvolvimento, analisar a cobrança como fator responsabilizador ao usuário poluidor-pagador, além de avaliar como se encontram os estudos do mundo em relação à implementação de MRS.

3 MANEJO DE RESÍDUO SÓLIDO NO BRASIL

O MRS no Brasil começa de fato a ser aplicado no Brasil a partir da implementação do PNRS em 2010, na qual há a instituição da regulação do gerenciamento do uso do resíduo sólidos. Porém, a implementação da PNRS nunca foi de fato um tema prioritário para o poder público, situações como falta de recursos, fiscalização e organização são frequentes e inviabilizam a efetivação do MRS no Brasil.

O regime de aplicação da PNRS no Brasil é variado por depender de características naturais, sociais, econômicas, culturais, capacidade tecnológica e variedade de infraestrutura (MANCINI *et al.*, 2021). no qual o fato da qualidade do material adquirido das cooperativas de catadores é vinculado à educação dos moradores, que fazem, ou não, a separação dos materiais para reciclagem (REBEHY *et al.*, 2023).

Segundo Cetrulo *et al.* (2018) os principais problemas relacionados na implementação do MRS são:

- a) Coleta e transporte: informalidade e disposição irregular de lixo pela população;
- b) Frequência de coleta: cobertura e frequência são insuficientes;
- c) Disposição final inadequada: lançamento de lixo em lixões e aterros ilegais.

É perceptível que nem todos os municípios brasileiros fornecem serviços de qualidade previsto na criação da PNRS. Para Mancini *et al.* (2021), há de fato desafios e problemas que precisam ser solucionados, em comparação com países desenvolvidos, esses desafios e problemas são listados abaixo:

- a) Reciclagem/Compostagem: no Brasil a porcentagem total, registrada em 2020, de reciclagem e compostagem é de 2,2% e 0,2%, respectivamente. Um valor baixíssimo levando em consideração a Alemanha que apresenta taxa de reciclagem/compostagem de 67,3%, ainda em 2014;
- b) Consciência: no Brasil há baixo investimento no convencimento e sensibilização social. Tomando, por exemplo, o governo espanhol gasta 7% do total de recursos destinados a MRS com publicidade;

- c) Waste-to-energy: a tecnologia de waste-to-energy permite a produção de energia a partir do lixo, pelo processo de incineração, o autor argumenta que 96 milhões de toneladas de lixo são tratadas por ano na Europa, somente com esse processo;
- d) Diversidade de aterros: no Brasil há falta de locais para reciclagem, compostagem e waste-to-energy, por outro lado, ainda haviam 2.408 lixões no Brasil;
- e) Concepções do uso integrado do MRS: no há no Brasil tecnologias de plantas integradas que processem a matéria orgânica e gerem produtos, como biofertilizantes e biogás, para utilização na agricultura e energia, respectivamente. O trabalho argumenta serem tratados 240 mil toneladas de material orgânica na Europa, a partir do Europarc;
- f) Recursos financeiros empregados: nos países desenvolvidos os recursos obtidos a partir dos produtos de processamento (compostagem, reciclagem, waste-to-energy), são reinvestidos no próprio MRS, fazendo que os custos gastos pelo governo sejam limitados a 50% dos custos totais gastos com o funcionamento do sistema, o próprio sistema complementa os demais 50%.

De fato existe um problema de prioridades no Brasil, onde não se consegue aplicar a PNRS devidos vários fatores que serão observados no tópico posterior, mas que impedem que o Brasil tenha um MRS mais fundamentado.

3.1 PNRS

As primeiras legislações no Brasil em relação ao MRS datam do período 1980, mas o maior impacto foi na promulgação da constituição brasileira, que garante no Artigo 225 o seguinte:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A PNRS é a resposta para o anseio da população em ter ao seu dispor, serviços de MRS garantidos pela constituição efetivamente, ou seja, que haja ações que garantam sustentabilidade ao meio ambiente e direitos como ruas limpas, sem fontes geradoras de vetores e alagamentos. Antes da PNRS, para os municípios não havia limite mínimo de qualidade das atividades como coleta e transporte, disposição final, separação e reciclagem, abrangente a todos os indivíduos e com a qualidade necessária para ser efetivamente completa, principalmente para

as pequenas cidades no Brasil. De fato, a criação de uma lei proporcionou o primeiro passo para haver uma mudança no modo como é visto o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil.

A PNRS definiu objetivos, estratégias e ações a proibir a disposição imprópria dos resíduos sólidos, além de indicar a implementação de sistema de logística reversa, a incorporação dos catadores como agentes ativos no processo de coleta e, conseqüentemente, o aumento da cobertura de coleta seletiva (LIMA *et al.*, 2022). No trabalho Lima *et al.* (2022) também argumenta que a promulgação da PNRS foi o primeiro passo do Brasil em direção à adoção do conceito de EC, pois prioriza a redução dos resíduos gerados. Segundo Alfaia *et al.* (2017) os principais desejos da legislação promulgada foram de:

- a) Não geração, redução, reuso, reciclagem e triagem por parte de cada indivíduo da sociedade;
- b) Intensificação da conscientização e reeducação ambiental da população;
- c) incentivar a inclusão social;
- d) Disposição final em ambientes corretos;
- e) Maior conexão e interação entre nação, estados e municípios com setores de negócios;
- f) Capacitação técnica;
- g) Uso racional dos recursos para produção de novos itens no setor industrial;
- h) Incentivos à reciclagem na Indústria.

Ou seja, a PNRS impactaria no tripé: sociedade, economia e meio-ambiente, promovendo um impacto positivo de forma que as três áreas seriam beneficiadas. No entanto, a situação nos anos posteriores a aprovação da lei, permaneceu quase a mesma. Isso pode ser observado na pesquisa Cetrulo *et al.* (2018), na qual analisou cinco aspectos objetivados pela PNRS em diferentes *clusters*: por região (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul) e por tamanho da cidade (Metrópole, Grande, média, pequena II e pequena I) dos anos de 2009 a 2015. Seus resultados são descritos abaixo:

- a) Geração per capita de lixo: um dos objetivos da PNRS é a redução da produção de lixo, conforme o trabalho isso aconteceu somente região norte do Brasil, nas demais regiões

esse dado permaneceu o mesmo, após a aplicação da lei;

- b) Cobertura da coleta municipal de lixo: a cobertura de coleta, apresentou tendência de aumento em somente em uma região do Brasil, a região sul;
- c) Frequência da coleta municipal de lixo: houve uma diminuição significativa da população atendida por, pelo menos, duas coletas por semana, em quase todos os *clusters*;
- d) Taxa de reciclagem: embora não tenha havido queda nesse dado na maioria dos *clusters*, não houve evidência conclusiva apontando para um aumento da reciclagem.
- e) Método de disposição final: em relação a todo país, houve aumento da disposição ambientalmente correta, porém são exceções os *clusters* da região Norte e nas cidades médias e pequenas.

Como resultado, a pesquisa apontou que os propósitos da PNRS ainda não haviam causado efeito esperado no MRS no Brasil. Nesse sentido, há necessidades e barreiras a serem quebradas para que de fato haja efetivação da PNRS. Nesse trabalho será focado um desses pontos, por implicar na responsabilização do poluidor através do PPP pela aplicação de cobrança.

3.2 Serviços

Para se avaliar a efetividade de uma ação, é necessário observar os resultados obtidos em relação aos objetivos almejados. A prestação de serviços de qualidade a partir de um bom MRS é o objetivo da PNRS, a fim de evitar desequilíbrios no meio ambiente e proporcionar direitos e condições higiênicas para toda população a que se propõe atender. Nesse sentido, será abordado no tópico como está a situação dos serviços no Brasil.

3.2.1 Logística Reversa

A logística reversa é um conceito prático, ao partir da premissa de que há produtos que há necessidade que o produtor seja agente ativo em todas as etapas, desde a produção, uso e destinação final. No Brasil o processo de logística reversa foi instituído de forma oficial a partir da PNRS, em que foi estabelecido o princípio do Responsabilidade Estendida ao Produtor/Importador (REP). Esse conceito permite que haja o compartilhamento da

responsabilidade na cadeia de produção (fornecedor-produtor-consumidor) ao longo do ciclo de vida do produto. O processo de logística reversa consiste na reintrodução de material reciclado após utilizado (VEIGA, 2013).

Segundo Alfaia *et al.* (2017) a logística reversa é um instrumento para compartilhar as responsabilidades entre as partes interessadas na cadeia de produção, que tem como principal atuante o fornecedor e o produtor. O fornecedor tem como obrigação disponibilizar aos clientes a possibilidade de efetuar a disposição correta dos resíduos não utilizados dos produtos consumidos.

No Brasil os produtos que devem ter obrigatoriamente logística reversa são: pesticidas, baterias e recargas, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de sódio e vapor de Mercúrio, lâmpadas de luzes misturadas, produtos eletrônicos e remédios e pacotes em geral (ALFAIA *et al.*, 2017). Além dos itens obrigatórios, a logística reversa também atende a todos os produtos com potencial de reciclagem, procurando reinserir na cadeia de produção e evitar a sua disposição ou destruição, num processo administrado principalmente pela iniciativa privada.

3.2.2 Reciclagem

No Brasil, a quantidade de materiais com possibilidade de serem reciclados é mais baixo que em outros países, como os EUA que produz 54% de lixo reciclável do resíduo sólido total produzido, esses resíduos contêm materiais como papel, metais, plástico e cartões (ALFAIA *et al.*, 2017). No Brasil a maioria da matéria disponível para reciclagem não é coletada, devido não haver coleta seletiva de maneira correta. Conforme (DIAS, 2022), somente 38,7% dos municípios brasileiros declararam a existência de sistema de coleta seletiva, porém em algumas regiões do Brasil esse valor não chega a 15%, como mostra a Figura 9.

É perceptível como há uma diferença grande, onde as regiões sudeste e sul lideram com médias acima de 50%. O trabalho (MANCINI *et al.*, 2021), analisou os estados de Amazonas e São Paulo para ter uma ideia dos fatores que fazem o estado do norte pior que o do suldeste, o estudo apontou que a falta de sistema de logística eficiente e a baixa industrialização motivam a disposição de recicláveis em lixões e aterros.

3.2.3 Disposição final

O Brasil apresenta altas taxas de disposição final em locais ambientalmente incorretos,

produzindo poluição, vetores de doenças e impactando o meio-ambiente de diversas formas. Segundo Rebehy *et al.* (2023), o Brasil apresenta uma média de disposição final em aterros, rios ou mares de 41%, significativamente maior que a média mundial de 31%.

Figura 9 – Coleta seletiva por região do Brasil no ano de 2019

Região	Quantidade de municípios da amostra	Municípios com coleta seletiva	
		Quantidade	(%)
Norte	239	29	12,1
Nordeste	859	96	11,2
Sudeste	1.304	633	48,5
Sul	996	593	59,5
Centro-Oeste	314	87	27,7
Total	3.712	1.438	38,7

Fonte: DIAS (2022)

Segundo BRASIL (2010), a destinação final é definida no artigo 3º, inciso VII, como:

[...]destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Dentro destinação para aterros não podem ter resíduos com potencial de serem: reciclados ou reutilizados. Essa filtragem é determinada pelas características orgânica, periculosidade, entre outros fatores. Na qual, dependendo desses atributos a disposição final desses itens devem obedecer aos usos finais dispostos na PNRS, porém na realidade isso não ocorre de maneira total no Brasil. O trabalho Dias (2022) estudou como foi feita disposição final no Brasil do ano de 2011 a 2019, com base no resíduo total gerado em massa (kg); os resultados podem ser vistos na Figura 10.

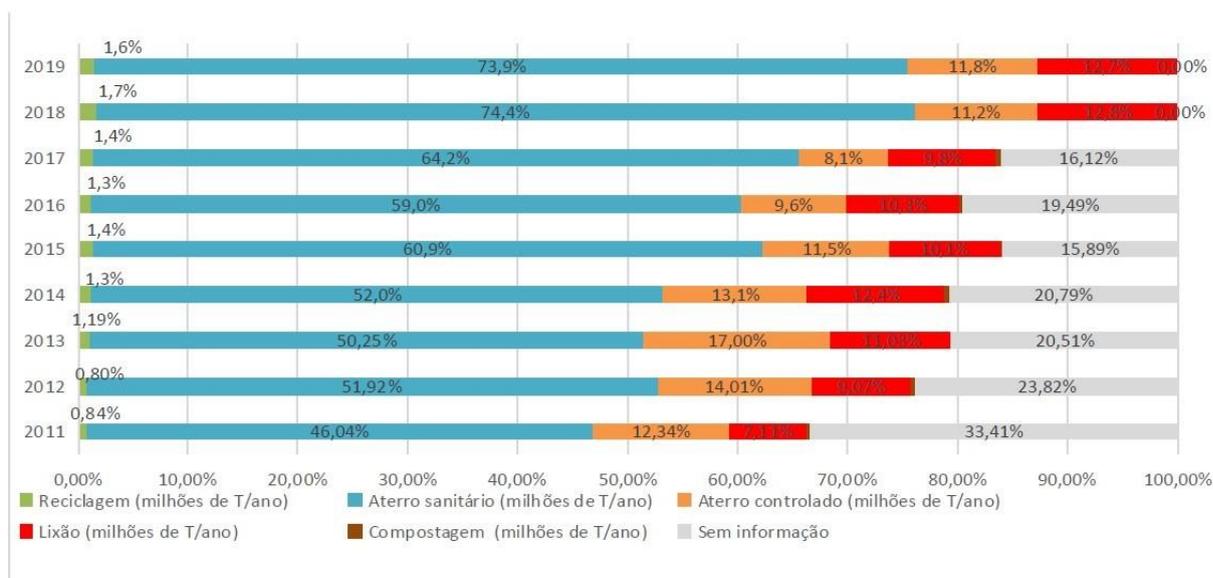
Ao longo dos anos pode-se perceber que houve um aumento na disposição de resíduos em aterros sanitários e também nos lixões, na qual, há anualmente uma disposição de 15,9 milhões de toneladas em aterros controlados e lixões (DIAS, 2022).

3.2.4 Coleta

A coleta no Brasil tem dados de abrangência altos, atingindo valores acima de 90% de

cobertura da população em 2019, porém ainda há 18.016.492 pessoas sem receber serviços de coleta (DIAS, 2022). É comum no Brasil também a cultura dos cidadãos depositarem resíduos em locais incorretos, mesmo em áreas com coleta de resíduos já implementada; essa prática produz uma série de resultados péssimos ao ambiente, que sofre com contaminação de fontes de água, risco de saúde e poluição climática (ALFAIA et al., 2017).

Figura 10 – Destinação final dos resíduos de 2011 a 2019, em porcentagem mássica



Fonte: DIAS (2022)

3.2.5 Custos OPEX e CAPEX

O custo de capital e operação necessário para manter o sistema vem aumentando ao longo dos anos: segundo Dias (2022), foram aplicados em média 32% mais recursos em 2019 do que em 2010, porém esse valor é inferior a inflação registrada no período em torno de 76% a/a. A análise de custo é dependente de muitas variáveis, que vem sendo estudadas ao longo dos anos. De acordo com Vasconcelos *et al.* (2016) estudos de custo de MRS têm sido atrelados as ações da população, variáveis relacionadas a topografia e logística, a implementação da coleta seletiva, entre outros fatores.

Para ter uma ideia dos principais fatores que influenciam no gasto do MRS, o trabalho Vasconcelos et al. (2016) fez uma pesquisa em 227 municípios do Paraná, com objetivo de identificar quais são os fatores que impactam no encarecimento ou barateamento dos custos de MRS. A pesquisa analisou os seguintes fatores: execução de coleta seletiva, a não existência de coleta e a densidade populacional. Os resultados apontaram que os custos de MRS são função

da densidade populacional. De mesma forma, foi identificado que a presença de coleta seletiva executada por empresa contratada — agente privado —; até certo ponto também apresenta relação inversamente proporcional, ou seja, quanto mais coleta seletiva, menor os custos de MRS.

O trabalho concluiu ser necessário que os gestores invistam em planos que proporcionem educação a população, de modo que os cidadãos separem os materiais na própria residência. Outras indicações do trabalho é criação de cooperativas de reciclagem e promover uso de compostagem pelos usuários. Portanto, é possível associar os custos de MRS ao comportamento da população como fator determinante.

3.3 Aplicação da cobrança

Admitindo haver de fato uma cadeia funcional no Brasil, na qual, os serviços sejam aplicados. Há então a necessidade de cobrir os custos de OPEX e CAPEX, na qual as pequenas e médias cidades brasileiras não consegue cobrir devido seu orçamento limitado, como já observado na seção 3.1. Há então a oportunidade de recorrer à cobrança, como previsto na criação da PNRS. Porém, surge o questionamento sobre quais devem ser as condições para implementação dessa ação; as mesmas serão discutidas no tópico seguinte.

3.3.1 Aplicação da cobrança no Brasil

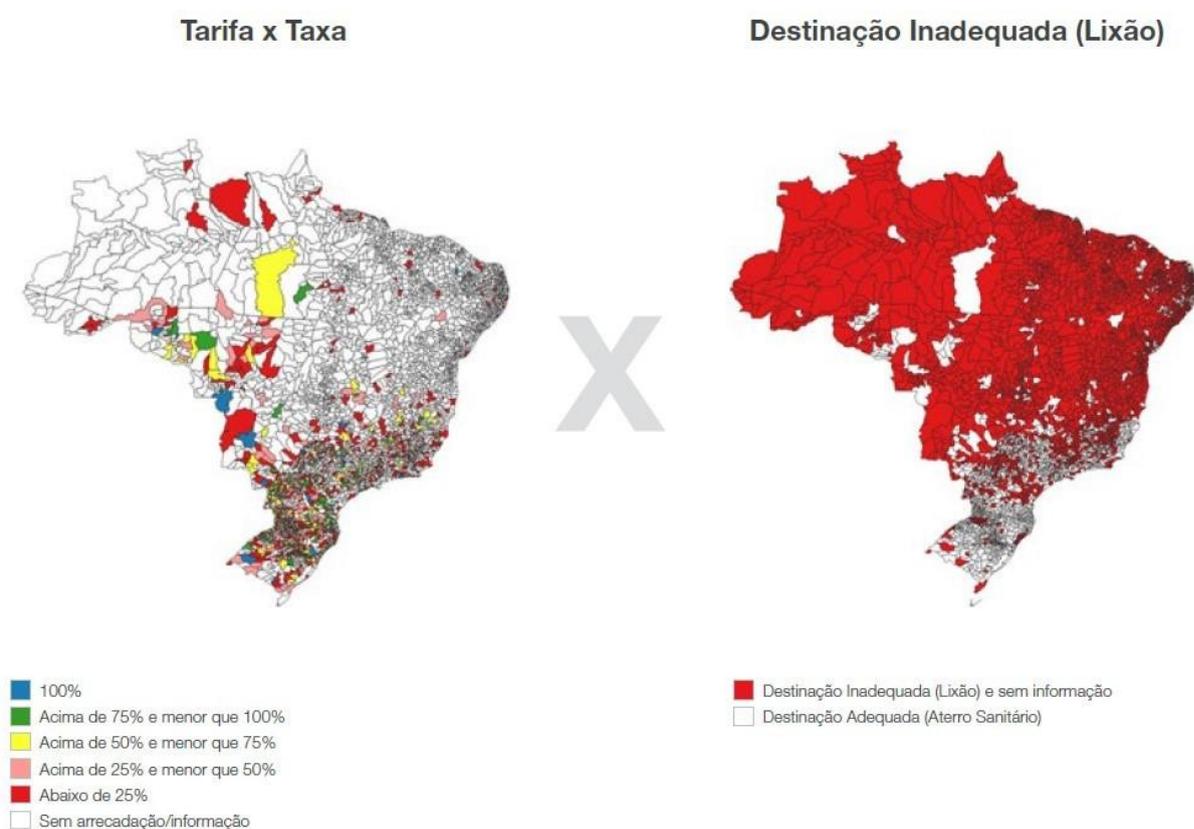
A não cobrança dos serviços de MRS no Brasil está atrelada a fatores culturais e históricos; a PNRS possibilitou aos municípios a implementação de cobrança a população para os municípios poderem entregar os serviços requeridos pela Lei. No entanto, principalmente nas regiões Norte e Nordeste há uma resistência dos governos a aplicação de cobrança a população, que têm como principal fator a cultura da população cauterizada no pensamento de que o governo deve cobrir os custos de MRS. Essa situação faz com que as regiões apresentem baixa qualidade no serviço, ou de fato, não ofertem o serviço a população.

Segundo EY e SELURB (2020), os municípios têm a obrigação segundo a constituição de financiar pelo menos 25% da receita obtida com impostos em educação, visando a manutenção e promoção do ensino, como também 15% desse total devem ser investidos na área de saúde. Porém, os estados são obrigados a ofertar outros serviços, dentre eles os serviços relacionados ao MRS, mas não há limite mínimo para aplicação de recursos para esses serviços. Contudo, há um limite superior que os municípios não podem ultrapassar esse valor é definido

pela Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), que é atrelado a Receita Corrente Líquida (RCL), de modo que no máximo 54% da RCL podem ser gastos com pessoal e encargos, mas devido as dificuldades dos municípios cumprirem com seus compromissos, somente no ano de 2018, 1.412 prefeituras ultrapassaram esse limite imposto pela LRF.

Sobre outra perspectiva, é possível estabelecer uma conexão entre qualidade da prestação dos serviços e a aplicação de cobrança específica para o MRS; na Figura 11, é mostrado um exemplo dessa relação, onde nas regiões de implicação de cobrança, há menor frequência de lixões.

Figura 11 – Relação entre a aplicação de cobrança e a existência de lixões



Fonte: SELUR *et al.* (2021)

Essa relação é automática quando é observado que somando os gastos com saúde, educação, encargos e pessoal, as prefeituras têm todo mês 80% a 85% das suas receitas já alocadas e têm que desempenhar as demais atividades obrigatórias com escassez de recursos. Outra amostra da relação entre cobrança e oferta de serviços é verdadeira é mostrada na Figura 12.

Como pode ser observado, há uma proporcionalidade entre arrecadação e execução das atividades. A aplicação de cobrança permite que os municípios aliviem suas contas e invistam na melhoria do processo, deixando de trabalhar somente com o resto.

Figura 12 – Relação entre a arrecadação por cobrança e a oferta de serviços de MRS

Região	NORDESTE	NORTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL
Arrecadação específica	6,02%	15,7%	21,86%	44,79%	78,45%
Cobertura do serviço	67%	67%	79%	85%	73%
Destinação correta	12,58%	12,81%	18,64%	56,89%	88,57%
Reciclagem	0,60%	0,85%	1,75%	4,21%	7,82%

Fonte: EY; SELURB (2020)

3.3.2 Mecanismos necessários para aplicação de cobrança

A aplicação cobrança não é de fato a única variável que permitirá os municípios a possibilidade de executar os serviços requeridos pela PNRS sem tornar os municípios inadimplentes, visto que há necessidade de haver critérios que avaliem como é elaborada essa cobrança. Nesse sentido o tópico irá descrever quais são os mecanismos que regulam a aplicação de cobrança.

Para ser feita a cobrança de serviços no Brasil por taxas, segundo a legislação brasileira, os serviços prestados devem ser específicos e divisíveis, seja por utilização efetiva ou potencial em relação ao contribuinte (NASCIMENTO; COIMBRA, 2017). Ou seja, o serviço possa ser identificado num conjunto de serviços feitos, como também que se possa identificar os usuários-contribuintes, além do fato de ser necessário mensurar o serviço por critérios técnicos e objetivos (BRASIL, 2021a).

Quanto aos mecanismos necessários para aplicação de cobrança fixa, estes podem ser classificados quanto a viabilidade econômica, a gestão administrativa ou comercial e a condição do usuário ativo (SELUR et al., 2021). Essas três classificações são apresentadas a seguir:

- a) Viabilidade econômica: os mecanismos ligados a economicidade da aplicação da cobrança consideram que a cobrança deve ser aplicada ao maior número de usuários das quais os serviços são disponibilizados; também é de interesse econômico que haja o menor custo administrativo possível e que a forma de cobrança evite a menor inadimplência possível de forma que haja garantia de a receita seja adquirida em algum tempo (SELUR *et al.*, 2021);
- b) Gestão administrativa ou comercial: é ideal haver uma um cadastro de todos os usuários dos serviços, de forma que, contemple todo o universo e que seja facilmente atualizada. É ideal que este cadastro seja a junção de várias informações do usuário. Essa base também serviria para aplicar os parâmetros escolhidos ou *proxies* na cobrança, de forma, que seja comprovado que o usuário esteja no conjunto da população que potencialmente pode utilizar os serviços. Nesse sentido, é correto haver um gerenciamento dessas informações de forma dedicada pelo município, na qual é indicado que haja um sistema de processamento que consiga ser completo, mas também simples de operar (BRASIL, 2021a);
- c) condição do usuário ativo: a partir do cadastro e obtenção de todas as informações dos usuários é necessário garantir que o usuário de fato seja ativo, ou seja, que esteja usufruindo ou pelo menos, tenha a possibilidade de usufruir do serviço (SELUR *et al.*, 2021).

Os mecanismos requerem que a aplicação de cobrança seja mais justa e completa, no sentido de ser feita a cobrança a todo o universo de usuários, bem como a partir das informações obtidas conhecer o perfil desses usuários, garantindo que de fato será feita a cobrança conforme o nível de serviço ofertado, haja a possibilidade de pagamento pelo usuário e a garantia do condição do usuário quanto a ser ativo ou não. Os mecanismos também ajudam a formar uma base de dados que fornecerá os dados para fórmula de cobrança, provendo dados de *proxies*.

3.4 Conclusão do capítulo

O capítulo 3 apresentou o contexto de aplicação da PNRS no Brasil por haver necessidade de fornecer ao usuário os direitos como garantido pela constituição; nesse sentido deve prover serviços de coleta, reciclagem, disposição final ambientalmente correta, entre outros serviços que requerem altos custos de OPEX e CAPEX. Esses custos em que são atrelados a participação da população ou usuários no MRS, onde quanto maior o nível de

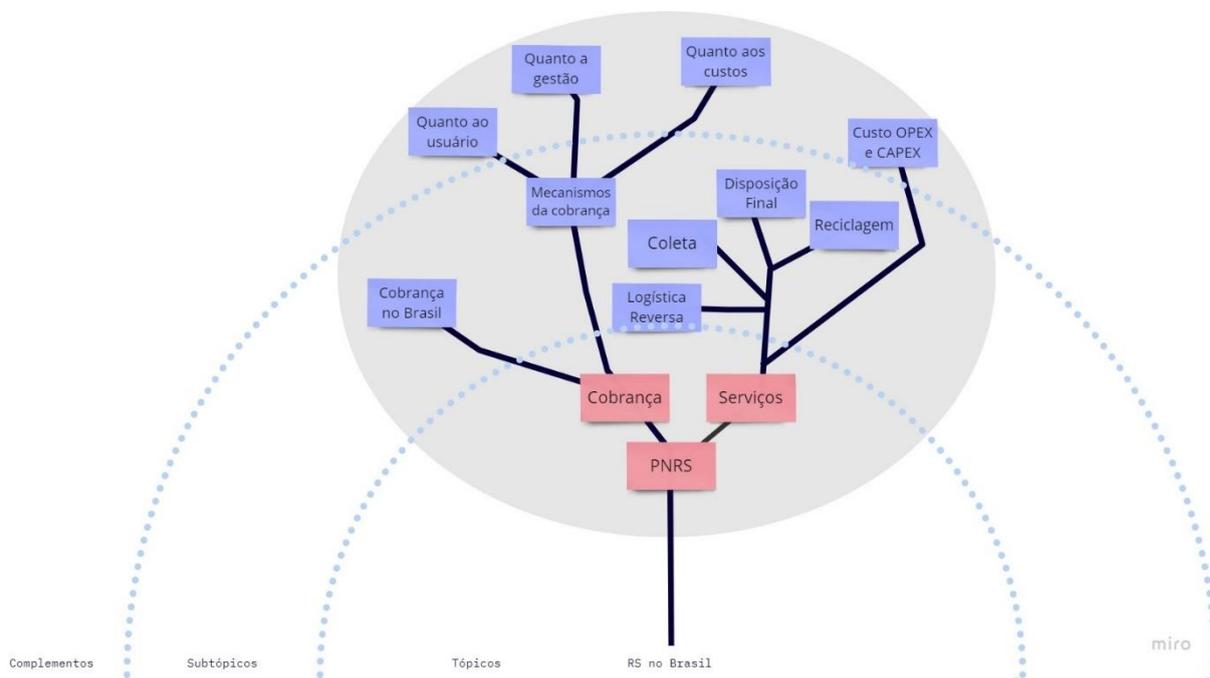
engajamento da sociedade, menores são os custos relacionados aos serviços de MRS dispendidos pela administração pública.

No entanto, motivar a população a participar do processo de MRS não tem se apresentado simples. É importante que o agente produtor de resíduo entenda seu papel de poluidor e assuma a condição de único responsável por seu impacto no meio ambiente. Dessa forma, a aplicação de cobrança agrega as condições necessárias para motivar o usuário a repensar suas atitudes como agente ativo dentro do MRS, mas também responsabiliza o poluidor através da instituição do tripé sociedade, economia e meio-ambiente; a economia tem o papel de traduzir o impacto da sociedade no meio ambiente de modo que esses custos retornam para sociedade e são utilizados para reparar a pegada ecológica de cada indivíduo. Por isso, é parte dos objetivos da PNRS instituir a cobrança para viabilizar o MRS no Brasil.

Foi observado na seção 3.3.1 que os locais onde há aplicação de cobrança tem apresentado condições de aplicar os serviços de MRS de maneira mais próxima ao ideal. Contudo, a aplicação de cobrança deve ser feita a respeitar as capacidades e características de cada município, de modo que, os princípios que devem ser avaliados são viabilidade econômica, gestão administrativa e a condição do usuário ativo. Respeitando esses princípios há condições de aplicação de cobrança como foi observado na seção 3.3.2.

Esse capítulo teve como objetivo: caracterizar o estado da PNRS no Brasil e estudar a cobrança como instrumento de viabilidade da PNRS. A Figura 13 mostra como os temas ao longo do capítulo se relacionam.

Figura 13 – Fluxograma do capítulo 3



Fonte: próprio autor

4 MANEJO DO RESÍDUO SÓLIDO EM FORTALEZA

O MRS tem apresentado dificuldades de difusão no território brasileiro, como acompanhado no capítulo anterior, principalmente nas pequenas e médias cidades. Entretanto, há maior facilidade de difusão dos objetivos da em grandes cidades e capitais do país. Nesse sentido, é parte do estudo deste trabalho caracterizar como está o processo de implantação da PNRS em Fortaleza sob o aspecto legislativo, visto que esse é um passo importante para o *start* na efetivação das ações de MRS. Do mesmo modo é escopo dessa pesquisa, a análise dos serviços feitos em Fortaleza, para descrever como os serviços têm-se comportado para atingir os objetivos da PNRS de atender toda a população e evitar poluição.

Além dos pontos acima citados, esse tópico também analisou comparativamente como está a cobrança no Brasil e em Fortaleza sob os seguintes parâmetros: serviços abrangidos, tipo de contribuinte, parâmetros de cálculo, valor e tipo de arrecadação.

4.1 PNTS em Fortaleza

A PNRS tem apresentando, desde sua criação, um ideal de sistema circular que promova aos estados a possibilidade de ofertar serviços de qualidade a população, bem como permita à população contribuir financeiramente e com atitudes conscientes para garantir que os serviços propostos possam ser realizados completamente, seja coleta, transporte, disposição final, tratamento, entre outros. Nessa linha, é interesse desse trabalho estudar como está o processo em Fortaleza, capital e maior cidade do estado do Ceará.

Como panorama normal de todas as cidades brasileiras, a cidade de Fortaleza apresentou dificuldade para cumprir as determinações propostas pela PNRS no período inicial estipulado pela lei. O prazo de quatro anos, até 2014, não foi suficiente para aplicar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, dessa forma foi estabelecido o dia 31 de julho de 2018 como ponto limite de aplicação total da plano municipal nas regiões metropolitanas do Brasil (PINHEIRO; LIMA, 2021).

Porém, mesmo após esse período há ainda dúvidas quanto a real situação dos municípios metropolitanos, como no caso da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Nesse sentido, o trabalho Pinheiro e Lima (2021) apresentou um estudo das 9 capitais nordestinas, com objetivo de caracterizar a implementação da PNRS através da criação do plano municipal de MRS, foram analisados no trabalho os seguintes pontos:

- Desenvolvimento de instrumentos normativos representados por leis municipais e instituição do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Incorporação dos princípios e instrumentos da PNRS;
- Artigos 6º e 8º da lei 12.350/2010 no sistema municipal, a partir da análise da legislação municipal e da estrutura executiva dedicada aos resíduos sólidos;
- Detalhar e de que forma os elementos previstos no artigo 19 da lei 12.350/2010 foram incorporados no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Identificar o envolvimento do poder público em ações integradas e transversais que indiquem a aplicação efetiva dos princípios da PNRS, especificamente: a prevenção; ações integradas com outras esferas do poder público; ações de conscientização e educação ambiental; alianças público-privadas visando efetivação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

Para o trabalho atual, será discutido somente o município de Fortaleza, visto que é o interesse principal desse tópico, de modo que há a apresentação do parâmetro estudado e a descrição dos resultados.

4.1.1 Criação de legislação municipal de MRS

O primeiro parâmetro analisado se refere a criação de legislação municipal de MRS que é uma das obrigações imputadas pela PNRS. Na qual, o município de Fortaleza promulgou em dezembro de 2015 o decreto N.º 13.732 a criação de uma legislação para o município promove ações integradas e avaliação dos serviços prestados; em contrapartida a não implementação de um programa municipal impossibilita o reaproveitamento e destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) corretamente. A promulgação do decreto em 2015 aponta as dificuldades da cidade, que deveria ter aprovado legislação até o ano de 2014.

4.1.2 Legislação para Coleta e disposição final

O segundo aspecto tem o intuito de analisar as formas e locais de coleta e disposição. Todos os aspectos analisados são: formas de disposição e coleta, local de disposição correto, local correto de aterros sanitários, serviço de limpeza de logradouros, presença serviços de triagem, reciclagem e compostagem.

O trabalho Pinheiro e Lima (2021) aponta que Fortaleza tem resultados positivos, conseguindo implementar todas as medidas no âmbito legislativo. Segundo o trabalho (PINHEIRO; LIMA, 2021), há de fato uma relação entre a definição de legislação municipal com o desenvolvimento de ações que de fato proponham mudança nas atitudes da sociedade.

4.1.3 Mecanismos de acompanhamento e controle incorporados na legislação

No trabalho (PINHEIRO; LIMA, 2021), foram analisados os seguintes passos: formas de controle e fiscalização no gerenciamento, fiscalização na implantação e operação dos sistemas de logística reversa, levantamento dos custos, despesas dos serviços de limpeza urbana e organograma de revisão do plano plurianual do município. Na qual, foi detectado pelo trabalho, que todos os pontos supracitados haviam sido aplicados em Fortaleza, até o período limite de 31 de julho de 2018.

Há uma tendência na qual todos os municípios que apresentam legislação no período previsto conseguem fazer revisões periódicas no seu plano em que há maior fiscalização, onde conseqüentemente mais as ações do município são transparentes. Sistemas onde não há um acompanhamento sugerem que as atividades não sido realizadas ou que são desconsideradas como importantes.

4.1.4 Legislação em relação aos Resíduos de saúde

Os itens estudados nesse ponto são: coleta do resíduo pelo próprio gerador ou empresa contratada, coleta realizada de resíduos de saúde pela prefeitura ou outros, controle da prefeitura sobre quem realiza o serviço. De acordo com o trabalho, todos esses pontos foram implantados completamente na legislação. Foi detectada a falta de dados devido a um déficit de fiscalização que prejudica a estrutura do fluxo de informações, impactando na formação e operação do sistema, gerando impedimentos na análise dos agentes externos quanto a decisão de investimento; um dos resultados é que grande parte do resíduo que poderia ser reaproveitado é disposto em aterros sanitários.

A necessidade de um sistema de dados robustos é essencial para realização de serviços, quando se considera a tomada de decisões. É importante considerar que a maioria dos serviços de coleta são feitos por agentes terceirizados; por exemplo, de toda a coleta de resíduos domiciliares e públicos, mais de 80% é realizado por empresas terceirizadas (PINHEIRO *et al.*, 2009). Importante citar que o objetivo da PNRS é propor uma hierarquização das ações de

MRS, o que implica num mecanismo operacional que funcione desde a coleta à disposição final. Esse mecanismo tem o desejo de reduzir a geração de resíduos e na disponibilização de informações precisas aos agentes do processo, evitando perdas de materiais com potencial de reaproveitamento.

4.1.5 Legislação para programas de educação ambiental

É também parte do sistema a ação de conscientizar os geradores, através da educação ambiental e campanhas de incentivo a reciclagem e reaproveitamento. Dessa forma, é necessário imputar essa obrigação através da legislação; para tanto foram analisados os seguintes tópicos: educação ambiental com objetivo de evitar a geração de resíduos, promover a reutilização e reciclagem, haver a participação de associações e cooperativas, programa de inclusão a catadores, definição de procedimentos padrão na operação e especificação dos serviços de limpeza pública. De acordo com trabalho Pinheiro e Lima (2021) os pontos acima foram aplicados na cidade de Fortaleza, pelo menos sob o aspecto legislativo, ou seja, fazem parte das responsabilidades da administração pública implementar na prática essas ações de educação para população.

É de fato necessário haja uma política socioambiental de incentivo a reintrodução de catadores à sociedade; muitos desses fazem parte de cooperativas e associação, mas geralmente são pessoas a margem da sociedade, de baixa renda, que não tem oportunidades de emprego e tem que trabalhar coletando resíduos nas ruas da cidade e vender em pontos de coleta espalhados na cidade. Porém, tal trabalho é essencial para melhorar a eficiência na reciclagem por melhorarem a logística reversa dos RSU. Em Fortaleza isso é importante que aconteça, visto que é uma das três capitais nordestinas que apresenta coleta por agentes sem parceria ou ajuda do poder público, isso de fato mostra o quanto esses agentes são importantes, por fazerem um trabalho de maneira a complementar o serviço de logística reversa, o serviço desses agentes evidência a necessidade de que haja profissionalização desses profissionais.

4.1.6 Estado atual de Fortaleza sob o aspecto legislativo

O trabalho de Pinheiro e Lima (2021) argumentou haver necessidade de implantação de um sistema integrado para responsabilizar os geradores e fiscalizar os agentes externos que realizam os serviços de recuperação e reciclagem. De modo que é necessário primeiro implantar um plano de manejo municipal, a qual foi o intuito do trabalho. Mesmo que essencial, esse passo tem sido tardiamente dado nas capitais nordestinas, atrasando a aplicação do plano

efetivamente.

O trabalho de Pinheiro e Lima (2021) ainda detectou haver falta de sintonia entre os diversos serviços realizados, onde no município de Fortaleza há altas taxas de cobertura de coleta, mas há baixo índice de aproveitamento seja para reciclagem ou compostagem, sendo os resíduos dispostos em sua maioria em aterros sanitários. Parte dessa falha é devido à falta de aplicação do conceito de responsabilidade compartilhada, onde se parte do princípio que o processamento de resíduos se começa em casa, através da coleta seletiva e compostagem em domicílio, partindo de incentivos e conceitos administrados pelo estado.

Como resultado obtido, identificou-se que o município apresenta um plano de resíduos dentro de prazo e todos os pontos analisados de forma satisfatória; no entanto, há a necessidade de observar o estado dos serviços ofertados. Esse estudo será concretizado no próximo tópico.

4.2 Serviços de MRS em Fortaleza

O município de Fortaleza é formado por 119 bairros divididos em sete secretarias regionais, a soma da geração de resíduos em todos os bairros é em torno de 170 mil toneladas por mês. Todo esse resíduo precisa ser coletado, tratado e reaproveitado ou dispensado em local correto. Todos os serviços de MRS são de responsabilidade da prefeitura, seja sua execução e fiscalização. Contudo, é possível observar com frequência lixo em ruas, praças, locais públicos, como também é constante o surgimento de notícias sobre enchentes (VIEIRA *et al.*, 2019).

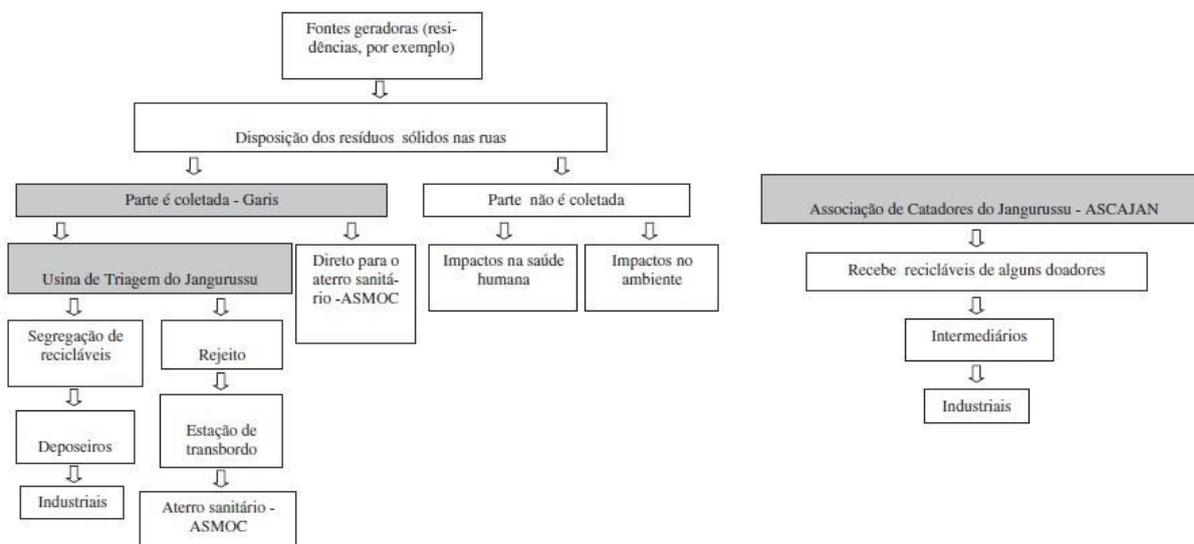
A cadeia de serviços de MRS em Fortaleza começa a partir da geração de resíduos, então dependendo do tipo de resíduo ele pode ser disposto no Aterro Sanitário Municipal Oestede Caucaia (ASMOC), pode ser levado para usina de triagem do Jangurussu ou no serviço de logística reversa feito pelos catadores e ser reaproveitado. Um fluxograma do processo pode ser visto na Figura 14.

Nesse sentido, será abordado a seguir um panorama de como está sendo atualmente feita a aplicação dos serviços de coleta geral e seletiva, reciclagem, compostagem, logística reversa e disposição final. Também será abordado a situação dos agentes externos (empresas privadas, cooperativas, associações e catadores avulsos).

4.2.1 Coleta de Resíduos

Fortaleza como a maioria das capitais brasileiras sustenta índices de coleta altos, acima dos 98% de cobertura, isso ainda antes da promulgação da PNRS ainda em 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010). A coleta em Fortaleza é realizada com frequência de 2 ou 3 vezes por semana em 96% do total e o resto é coleta diariamente, são ao todo 2.686.612 pessoas atendidas semanalmente (BRASIL, 2021b).

Figura 14 – Cadeia de serviços de MRS que ocorre em Fortaleza



Fonte: Pinheiro *et al.*, (2009)

A coleta em Fortaleza é baseada em principalmente no uso de caminhões de lixo e garis, passando pelos bairros da cidade; no entanto, esse tipo de coleta usual é somente para os geradores pequenos, ou seja, a prefeitura dispõe de recursos para atender aqueles tipos de usuários que produzem até certo limite, esse limite, atualmente, em Fortaleza é 100 L de lixo por dia. Com base, nesse limite o trabalho OLIVEIRA (2018), apresentou uma análise sob o aspecto legislativo entre as cidades de São Paulo e Curitiba, pois São Paulo é a maior cidade do Brasil e mesmo assim apresenta melhor Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana (ISLU) do que Fortaleza; por outro lado, a cidade de Curitiba é referência em administração de coleta de resíduos.

Os resultados do artigo apontaram que o limite imposto por Fortaleza é mais restritivo que as cidades comparadas, pois as cidades de Curitiba e São Paulo possuem limite de 200 L. Também foi argumentado que, para se enquadrar como grande gerador é necessário passar por somente uma vistoria na cidade de Fortaleza. Esse também é um ponto contrastante entre as cidades em análise, as quais, para classificarem um usuário como grande produtor é necessário

passar por 3 vistorias, com comprovado limite ultrapassado.

Embora o município de Fortaleza tenha sob o aspecto legislativo apresentado maior rigor quanto a classificação de grande gerador, há ainda um alto custo de OPEX no serviço de coleta, esse custo é necessário para cobrir todos os bairros pelo menos 2 vezes por semana, como supracitado. Esses custos são tão altos que cidades de pequeno porte não são capazes de realizar o serviço para toda população; desse modo, segundo Menezes *et al.* (2022) é necessário adotar medidas como cobrança.

Segundo dados do BRASIL (2021b), o custo unitário por tonelada no município de Fortaleza foi de R\$ 181,24, totalizando R\$271.697.675,65 gastos somente na coleta de resíduos domiciliares e públicos. O custo da coleta foi 71,45% de todo o gasto com MRS no município de Fortaleza.

4.2.1.1 Coleta Seletiva

A coleta seletiva em Fortaleza é caracterizada por juntar infraestrutura de projetos anteriores, combinando as necessidades requeridas pela PNRS com as ideias que apresentavam bom funcionamento. Segundo Frota *et al.* (2016), de 2000 a 2004 a cidade apresentou uma crescente conscientização socioambiental oriunda do setor privado, porém devido à falta de sustentação necessária pela administração pública, o processo de implementação de coleta seletiva estagnou. O trabalho Frota *et al.* (2016) também destaca que as questões de ideologia política atrapalharam aquele momento.

Contudo, o processo de coleta seletiva na cidade começou naturalmente devido à logística reversa, onde as indústrias precisavam de matéria-prima barata e encontraram nas associações, cooperativas e em catadores autônomos como mão de obra para conduzir a triagem e disponibilização desses materiais oriundos da reciclagem. É claro que a coleta seletiva é parcial nesses moldes, pois somente os materiais de alto retorno são reaproveitados. Como visto na Figura 14 esses catadores obtêm material para realizar o serviço mediante doações ou através da usina de triagem do Jangurussu. Esse é exemplo de modelo ligado as antigas estruturas de comportamento que já existiam anteriormente, pois antigamente no Jangurussu era um antigo aterro de Fortaleza (VIEIRA *et al.*, 2019; FROTA *et al.*, 2016).

O trabalho Menezes *et al.* (2022) fez uma análise dos pontos de coleta disponíveis pela cidade de Fortaleza; esses pontos são variados quanto ao tipo de agente receptor e a cada ano

tem aumentado. A quantidade de pontos por agente receptor é mostrado a seguir na Figura 15 para os anos de 2016 e 2018.

A partir da quantificação dos pontos, foi feita então uma qualificação, na qual se estudou os materiais que tinham mais disponibilidade de serem absorvidos, como também foi realizada uma análise comparativa entre os anos de 2016 e 2018; o resultado dessa pesquisa é mostrado na Figura 16.

Figura 15 – Quantidade de pontos de coleta em Fortaleza em 2016 e 2018

Tipos de ponto de coleta	Quantidade	
	2016	2018
Ecopontos	25	43
Postos Ecoenel	35	13
Associações, cooperativas ou grupos de catadores	14	14
PEVs privados	20	33
PEVs públicos	18	11
Pontos específicos	82	82
TOTAL	194	195

Fonte: Menezes *et al.*, (2022)

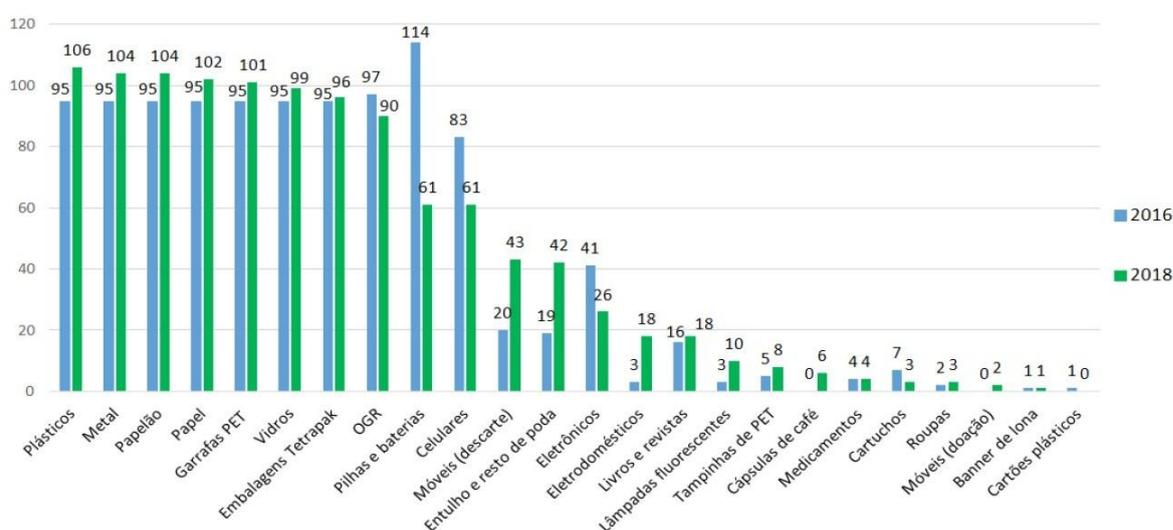
Os resultados da pesquisa apontaram que quase todos os materiais apresentaram crescimento; em contrapartida os pontos de coleta de pilhas e baterias, celulares e eletrônicos apresentaram queda vertiginosa, ou seja, nos materiais com obrigação de haver a logística reversa.

A pesquisa também estudou onde estavam localizados os pontos de coleta, na qual se previa que estariam distribuídos principalmente próximos aos pontos comerciais, porém ao contrário disso, os pontos de coleta estavam concentrados em bairros com IDH alto, esses

resultados podem ser acompanhados na Figura 17.

A pesquisa detectou que bairros como Aldeota (15), Edson Queiroz (14) e Centro (13) apresentaram alta concentração de pontos de coleta. De fato, ainda há um desafio enorme a ser trilhado pela cidade de Fortaleza. Segundo BRASIL (2021b), somente 0,44% de todo resíduo domiciliar e público foi recuperado para reciclagem. Com a cidade apresentado altos índices de recuperação de papelão (50,77%) e vidro (31,98%), ainda podendo melhorar bastante nas quantidades de plástico (10,62%) e metal (6,42%).

Figura 16 – Pontos de coleta por material em Fortaleza nos anos de 2016 e 2018



Fonte: Menezes *et al.*, (2022)

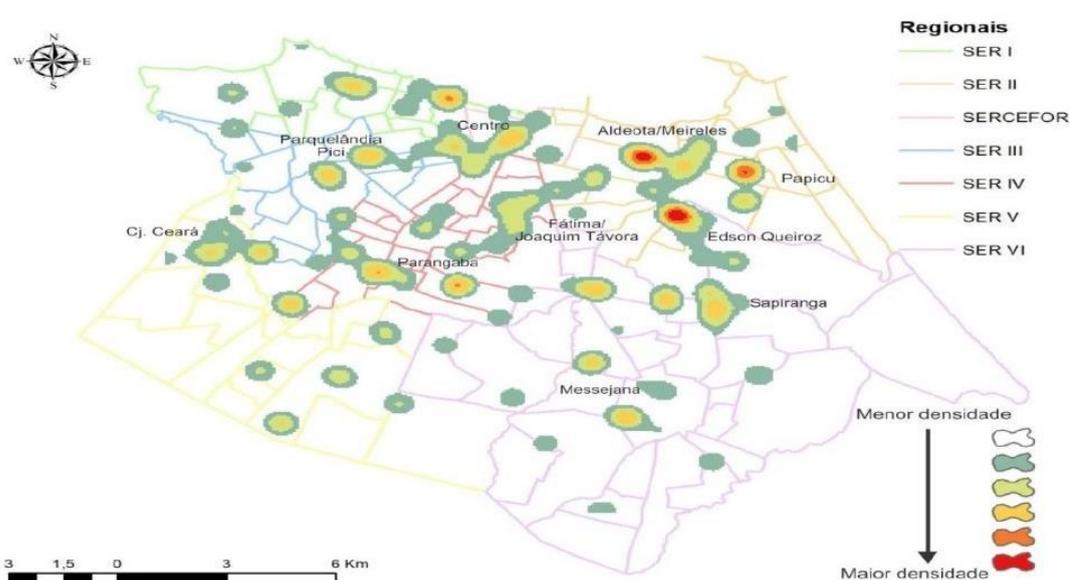
4.2.2 Reciclagem e Logística Reversa

A reciclagem “é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos” (MENEZES *et al.*, 2022). Em condições ideais, objetivando o fomento de uma cadeia de logística reversa, todo resíduo aproveitável deveria retornar a cadeia de produção, promovendo o barateamento da matéria-prima, na qual os produtos seriam previamente processados agregando valor ao produto, retornando a indústria já no ponto de ser utilizado, promovendo uma coleta seletiva eficiente como subproduto, matéria orgânica pronta para ser utilizada em compostagem e o restante seria enviado para uma destinação ambientalmente correta (MENEZES *et al.*, 2022).

Em Fortaleza a reciclagem desempenha um importante papel no sentido de contribuir para preservação do meio ambiente e proporcionar uma cadeia de logística reversa em vários

materiais. Contudo, a reciclagem tem contribuído para outro aspecto: o social, na qual os principais agentes desse processo são cooperativas, associações e catadores independentes que fazem o recolhimento, recepção, triagem, processamento e envio a indústria. Esses agentes em geral estão a margem da sociedade e são pouco atendidos pela administração pública. Segundo dados de BRASIL (2021b), há no cadastro 19 associações em que 356 pessoas estão cadastradas. Em relação à preocupação com a criação de uma consciência ambiental na população.

Figura 17 – Cadeia de MRS que ocorre em Fortaleza



Fonte: Menezes *et al.*, (2022)

Fortaleza tem criado diversos projetos, Recicla Fortaleza, Ecoponto, RECICLA, Recicla Atitudes (MENEZES *et al.*, 2022; JUNIOR *et al.*, 2019; FROTA *et al.*, 2016). Dentre esses projetos, o mais conhecido é o ECOPONTOS, esse projeto é caracterizado por permitir os geradores e catadores a troca de produtos de reciclagem por benefícios na conta de energia através do Recicla Fortaleza ou mesmo dinheiro através do E-dinheiro, este último disponível somente aos carroceiros; em relação ao acesso ao Ecoponto, esse pode ser encontrado em todos os bairros de Fortaleza (JUNIOR *et al.*, 2019).

4.2.3 Disposição Final

A linha de tempo até a instalação do ASMOC passou pela utilização de diversos espaços na cidade de Fortaleza. Lixão do João Lopes, lixão da Barra do Ceará, lixão do buraco da Jia, são alguns dos locais utilizados para dispor o resíduo sólido do município. O lixão do

Jangurussu funcionou sob o regime de lixão até 1989, passou por modificações até que em 1998 foi feita a mudança do local de disposição dos resíduos, num acordo que juntou a cidade de Caucaia e Fortaleza, para a criação do ASMOC. A mudança transformou o antigo local em uma usina de triagem onde os resíduos não reaproveitados foram enviados ao ASMOC (PINHEIRO et al., 2009). Quanto aos pontos de disposição até o ano de 2020, haviam 89 pontos de recepção de materiais, a maioria deles formados por ecopontos (87); um incinerador, a usina de triagem do Jangurussu, além do ASMOC, em Caucaia. A quantidade de recepção que cada um desses pontos é descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Pontos de recepção de resíduos em Fortaleza por tipo

Local de recebimento	Cidade	Total	Dom + Pub	Saúde	Entulho	Podas	Outros
-	-	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.	Ton.
CTRP Incinerador	Fortaleza	5708,10	-	5708,10	-	-	-
Ecoponto	Fortaleza	169346,40	-	-	141141,90	-	28204,50
ASMOC	Caucaia	1967042,30	1637480,50	6591,00	284933,00	38037,80	-
Jangurussu Transbordo	Fortaleza	390203,60	390203,60	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de BRASIL (2021b).

Nota: Ton. é mesmo que tonelada.

Nota: Esta tabela engloba todos os tipos de unidades de processamento com informações no ano de referência.

Como pode ser observado, a maioria de todos os resíduos é depositada no ASMOC, com quase 2 milhões de toneladas enviadas de RSU somente no ano de 2020; parte desse material enviado sofreu o processo de triagem no galpão do Jangurussu, porém a maioria desse material veio das residências e órgãos públicos. É importante observar que não existe nenhum processo para tratamento da compostagem efetivo em Fortaleza, por isso, esse serviço será discutido no tópico abaixo.

4.2.4 Compostagem

A compostagem é um importante elemento no reaproveitamento de materiais, visto permite a formação de dois produtos energeticamente úteis: biogás e biofertilizante, a partir da matéria orgânica. Em uma pesquisa feita no trabalho Oliveira *et al.* (2016), foi obtido no barro do Pici em Fortaleza, na qual, a pesquisa detectou nos resíduos domiciliares testados no bairro, que 55,9% é matéria orgânica, que classificou como “é altamente biodegradável e rica em nutrientes, estando apta ao tratamento via biodigestão anaeróbia, sendo, porém, necessárias

a correção do pH e a adequação da relação C/N para garantir a estabilidade operacional dos reatores” (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Em Fortaleza, há planos de que as associações vinculadas a prefeitura, façam a compostagem, por estímulos financeiros, a cadeia funcionaria de maneira que os produtos da compostagem seriam comprados pela prefeitura com objetivo de fomenta ações em escolas, ou também para iniciativa privada, que podem utilizar o biofertilizante para adubação e jardinagem (FROTA *et al.*, 2016). Porém a situação atual da cidade não aponta uma efetiva política de fomento a compostagem, seja partindo da administração pública, parcerias privadas ou concessões. Há alguns projetos, mas que não possuem a capacidade de promover uma política de compostagem para a população.

4.3 Cobrança de MRS em Fortaleza

Segundo dados obtidos a partir de BRASIL (2021b), o município de Fortaleza não tem apresentado nenhum tipo de receita ou recebimento de recursos federais, apresentando no ano de 2020 uma despesa total com limpeza pública mais de 380 milhões de reais, dos quais aproximadamente 8% advém de serviços aplicados as áreas públicas, enquanto que 92% foram dispendidos para áreas privadas. O órgão que controla o MRS em Fortaleza é a Secretaria Municipal De Conservação e Serviços Públicos (SCSP), que tem natureza de administração jurídica direta.

O município continuava a não apresentar até março de 2023, nenhum tipo de cobrança aos usuários, tendo custeados todos os serviços com próprios recursos da prefeitura, mesmo com permissão e indicação da PNRS visando objetivos como PPP. Todavia, no ano de 2021 foi aprovada na Câmara Municipal de Fortaleza (CMF) a “Taxa do Lixo”, projeto proposto pela atual gestão do governo (CASTRO, 2021). Nada obstante, esse foi somente o primeiro passo de um processo que está até o atual momento indefinido. Isso acontece porque o governo apresentou no final do ano de 2022 o modelo de cobrança, que será discutido em tópico posterior. Após várias sessões, o projeto foi aprovado e começou de fato a ser aplicado em abril de 2023, o valor mínimo aplicado era de R\$ 258,00 e o maior valor foi contabilizado como R\$ 1.600,08 (FORTALEZA, 2022; Diário do Nordeste, 2023a).

Contudo, no dia 22 de maio a lei foi suspensa, a pedido do Ministério Público do Ceará (MPCE), até o julgamento da ação (O Povo, 2023). Na decisão o magistrado defendeu que não

é observado o princípio da referibilidade na legislação aprovada; o termo referibilidade “constitui uma relação de pertinência entre a atividade estatal realizada pelo Poder Público em contraprestação ao contribuinte pela submissão desse ao pagamento do tributo” (BRESOLIN, 2011). Até o momento da finalização desse trabalho, o estado da cobrança em Fortaleza permanecia indefinido.

Para então avaliar a proposta de cobrança no município de Fortaleza, foi analisado aspectos da cobrança em diferentes cidades do país; dessa forma é possível observar como o projeto de lei de Fortaleza tem se enquadrado no contexto nacional e avaliar os pontos em comum, como também as diferenças contextualizando com a situação de Fortaleza.

4.3.1 Estado da cobrança no Brasil

Para fazer o estudo dos principais variáveis que compõem a tarifa no Brasil, foi apresentado o trabalho Nascimento e Coimbra (2017), que apresentam uma análise estatística de como está a cobrança no Brasil para 57 cidades, com diferentes faixas populacionais, que realizam a cobrança. A pesquisa estudou diferentes aspectos, como os serviços abrangidos, tipo de contribuinte, parâmetros de cálculo, valor e tipo de arrecadação. As variáveis analisadas em cada aspecto da cobrança e que serão abordadas nesse trabalho, são descritas na Figura 18.

Figura 18 – Variáveis analisadas em relação a cobrança em cidades do Brasil

SERVIÇOS ABRANGIDOS		CONTRIBUINTES	
1	COLETA	1	RESIDENCIAL
2	TRANSPORTE	2	COMERCIAL
3	DISPOSIÇÃO FINAL	3	INDUSTRIAL
4	VARRIÇÃO	4	PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS
5	CONSERVAÇÃO DE VIAS	5	TERRENOS
6	LIMPEZA DE CÓRREGOS		
7	LIMPEZA DE GALERIAS		
8	OUTROS		
VALORES		ARRECADAÇÃO	
1	TABELADOS	1	TAXA ESPECÍFICA NO BOLETO DO IPTU
2	FÓRMULA	2	TAXA EM BOLETO ESPECÍFICO
		3	TARIFA
		4	TAXA EM BOLETO DE ÁGUA
		5	TAXA EM BOLETO DE ÁGUA/ESGOTO
		6	TAXA ISOLADAMENTE OU EM CONJUNTO COM OUTROS TRIBUTOS
BASE DE CALCULOS			
1	UNIDADES DE ÁREA	9	CONSUMO DE ÁGUA
2	FAIXAS DE ÁREA	10	VALORES FIXOS
3	ZONA DE LOCALIZAÇÃO	11	OUTROS
4	FREQUENCIA DO SERVIÇO	12	COEFICIENTE DE PRODUÇÃO DO LIXO
5	USO DO IMÓVEL	13	UNIDADE FISCAL DO MUNICÍPIO
6	ÁREA CONSTRUIDA		
7	TESTADA		
8	PADRÃO CONSTRUÇÃO		

Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

A pesquisa também estudou como está o comportamento da cobrança quanto ao

tamanho das cidades classificando as faixas por número de habitantes. A divisão populacional feita pelo trabalho é mostrada na Figura 19.

Figura 19 – Faixas populacionais analisadas

Faixa populacional	Nº de habitantes
1	Até 30.000 habitantes
2	30.001 a 100.000 habitantes
3	100.001 a 250.000 habitantes
4	250.001 a 1.000.000 habitantes
5	1.000.001 a 3.000.000 habitantes
6	Mais de 3.000.000 habitantes

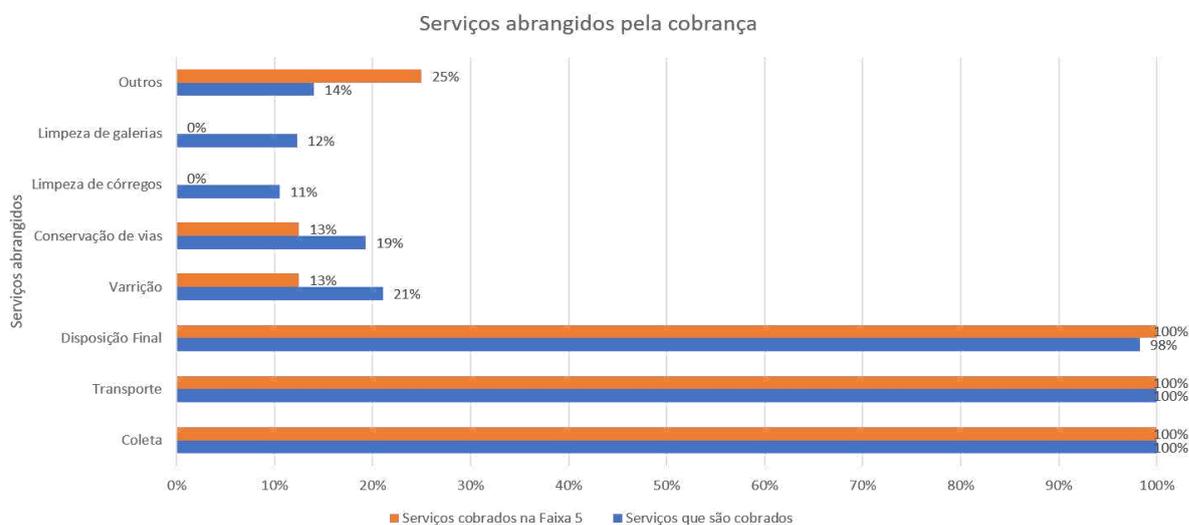
Fonte: Adaptado de Nascimento; Coimbra (2017)

Para estudar os diferentes aspectos levantados pela pesquisa, cada um será abordado em tópicos, na qual será feito uma análise de todas as faixas e será também abordado mais aprofundadamente a faixa 5, onde o município de Fortaleza se encontra.

4.3.1.1 Serviços abrangidos pela cobrança

Os serviços são a contrapartida do estado para que a aplicação de cobrança seja configurada. Dessa maneira, conhecer quais os serviços onde a cobrança é aplicada, principalmente, para população que deve potencialmente obtê-lo. Os serviços abrangidos pela cobranças cidades estudadas de forma geral e, especificadamente, para a faixa 5 são mostrados no Figura 20.

Figura 20 – Serviços que estão correlacionados a cobrança



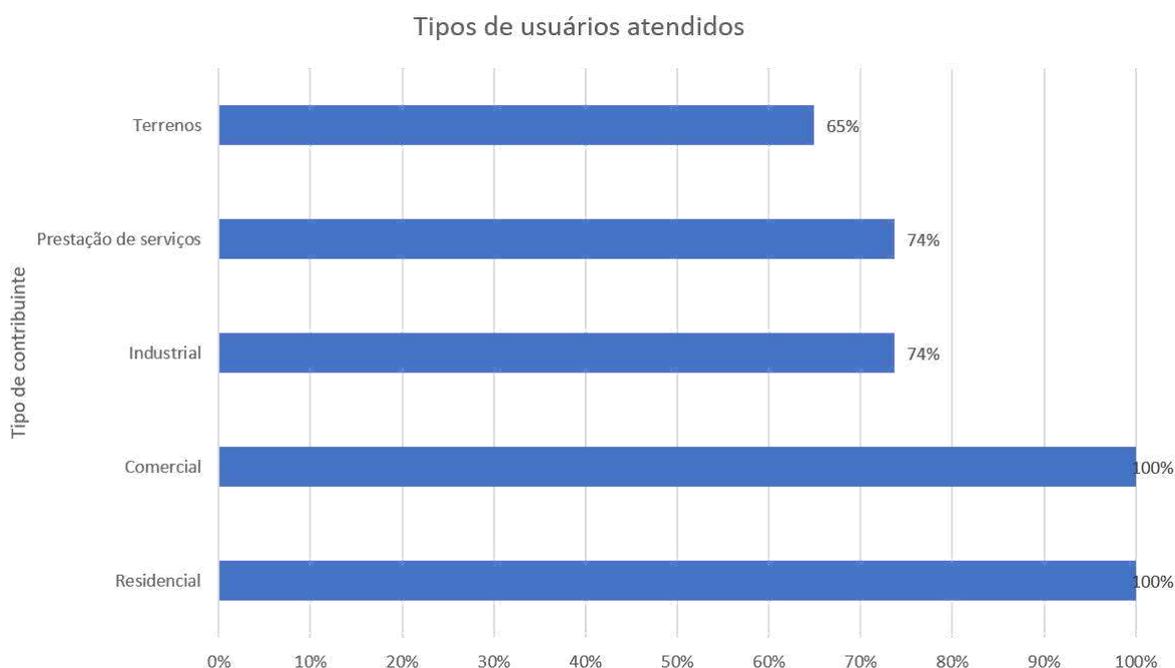
Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

Os serviços de MRS tais como: coleta, transporte e disposição final, são frequentemente atrelados a cobrança e dentro do que é permitido pela PNRS, tendo somente um município não feito a cobrança para a disposição final. É interessante observar que uma parcela significativa de municípios vinculando a cobrança a serviços classificados como indivisíveis como, por exemplo, serviços de varrição, conservação de vias e limpezas, esse fato é observado até em municípios da faixa 5.

4.3.1.2 Contribuintes atendidos

O tipo de contribuinte é importante ser estudado, por indicar quais tipos de usuários estão aptos a estar na cobrança, visto que há cidades que já cobram serviços relacionados ao MRS para grandes produtores, como em Fortaleza. Na Figura 21 é mostrada a regularidade decada tipos de contribuintes nos quais a cobrança é feita.

Figura 21 – Frequência de aplicação de cobrança para cada tipo de contribuinte



Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

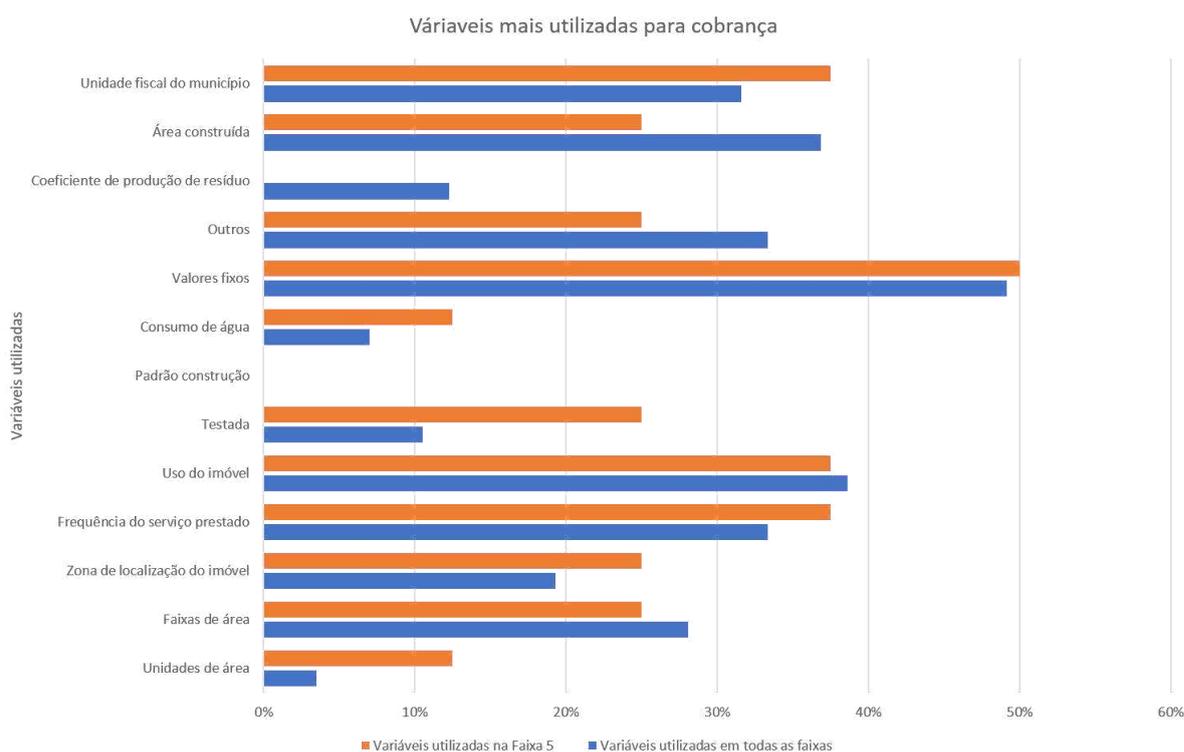
Os contribuintes residenciais e comerciais são a maioria dos usuários dos serviços de MRS e em geral não há grande produção de lixo nesses usuários, o que não é comum em indústrias, em que somente uma unidade pode produzir bastante resíduo e tem um regime de cobrança específico. Os demais serviços são um padrão diferente, porém se o município realmente presta o serviço de limpeza de terrenos, essa cobrança deve ser efetuada. A

classificação de cada usuário tem o intuito de estabelecer as condições dos usuários ativos, de modo que se adeque a cobrança dos serviços pela relação oferta-demanda para o usuário.

4.3.1.3 Parâmetros utilizados

O conhecimento do parâmetro utilizado é um fator primordial para calcular ou tabelar os valores que serão cobrados aos usuários, onde o intuito do *proxy* é determinar uma forma mais justa, em proporção ao serviço prestado ao contribuinte e em ressonância com os custos que o serviço dispense. Nesse intuito a pesquisa Nascimento e Coimbra (2017) determinou quais são as variáveis mais utilizadas nos municípios filtrados; o trabalho atual procurou também estudar de forma mais precisa como se comportam os municípios da Faixa 5. Os dados referentes aos municípios em geral, como também os dados da Faixa 5 são mostrados na Figura 22.

Figura 22 – Parâmetros mais utilizados por município em geral e na Faixa 5

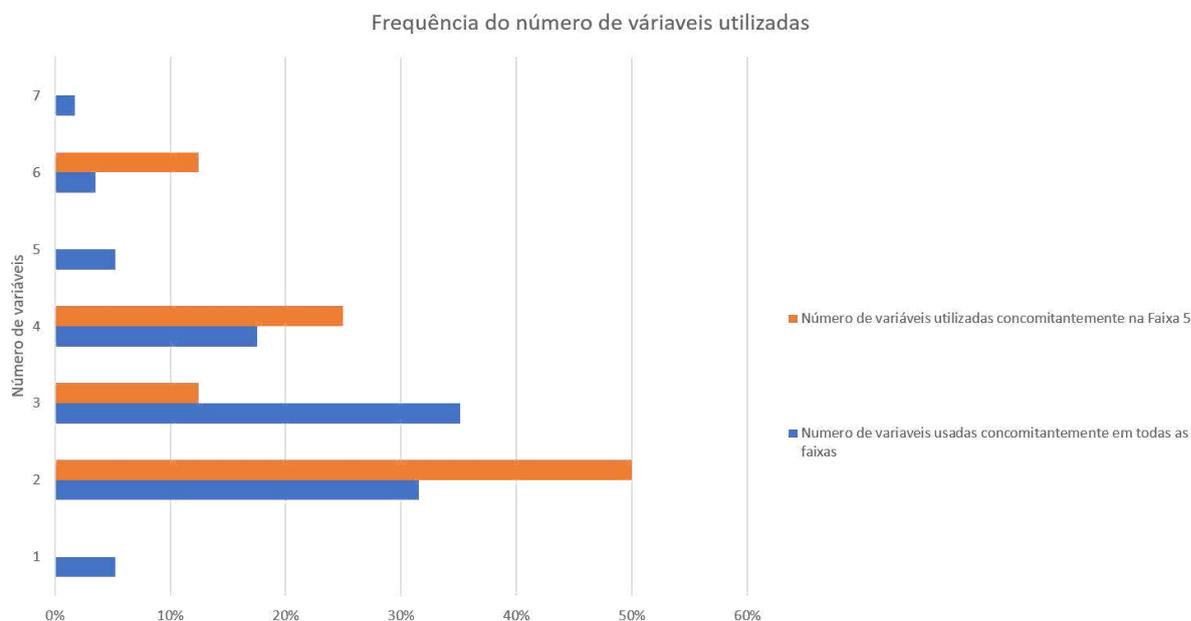


Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

Dentre as variáveis observadas, há uma tendência de simplificar a cobrança, utilizando parâmetros de bases de dados de fácil acesso e já disponíveis; pode-se observar que a maioria das variáveis não possuem variação com tempo, caracterizando o cálculo da cobrança um resultado sempre fixo, com objetivo de facilitar a viabilidade econômica. Nesse sentido, o que muitos municípios têm feito é englobar várias variáveis para tentar evitar que a nova cobrança

seja uma adição a uma taxa já existente com uma nova roupagem, respeitando a gestão administrativa possível para cada município. A Figura 23 mostra a frequência do número de variáveis utilizadas simultaneamente.

Figura 23 – Número de parâmetros utilizados simultaneamente nos municípios em Geral e na Faixa 5



Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

O uso de somente um parâmetro é minimamente observado nos municípios em geral, com taxa de 5%; o uso de somente uma variável não é encontrado na Faixa 5. Por outro lado, o uso de 2 ou 3 variáveis é utilizado 67% de todos os municípios, enquanto que o uso de 2 ou 4 variáveis é encontrado por 75% dos municípios na Faixa 5.

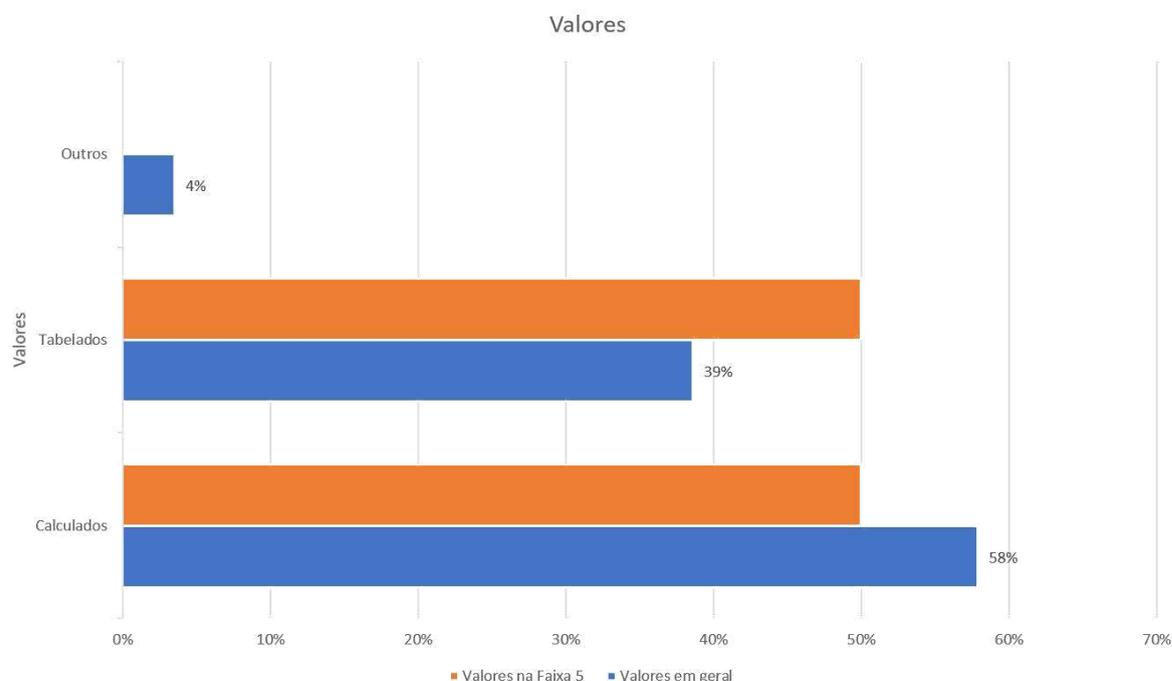
4.3.1.4 Valores

Quanto a forma de obtenção desses valores para cobrança, é ideal que a partir dos parâmetros seja identificada a faixa de cobrança para cada usuário; esse valor é obtido a partir de uma fórmula, tabela ou outros. A pesquisa Nascimento e Coimbra (2017) também estudou o comportamento da variável valor em função das cidades; os dados obtidos também foram base para esse trabalho, que aprofundou especificamente na Faixa 5. Na Figura 24 mostrados os dados compilados das duas análises.

Os dados apontam uma tendência no uso de fórmulas, o uso de cálculo produz um dado mais preciso em relação ao que se propõe que cada usuário pague. Os valores tabelados produzem uma maior padronização, determinando os usuários por faixas, facilitando na

cobrança dos usuários. Essa vantagem é perceptível quando os municípios da Faixa 5 utilizam mais o segundo tipo, isso é causado devido à grande população abrangida pela cobrança, na qual implica em maior complexidade da cobrança.

Figura 24 – Valores observados nos municípios em Geral e na Faixa 5



Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

4.3.1.5 Formas de arrecadação

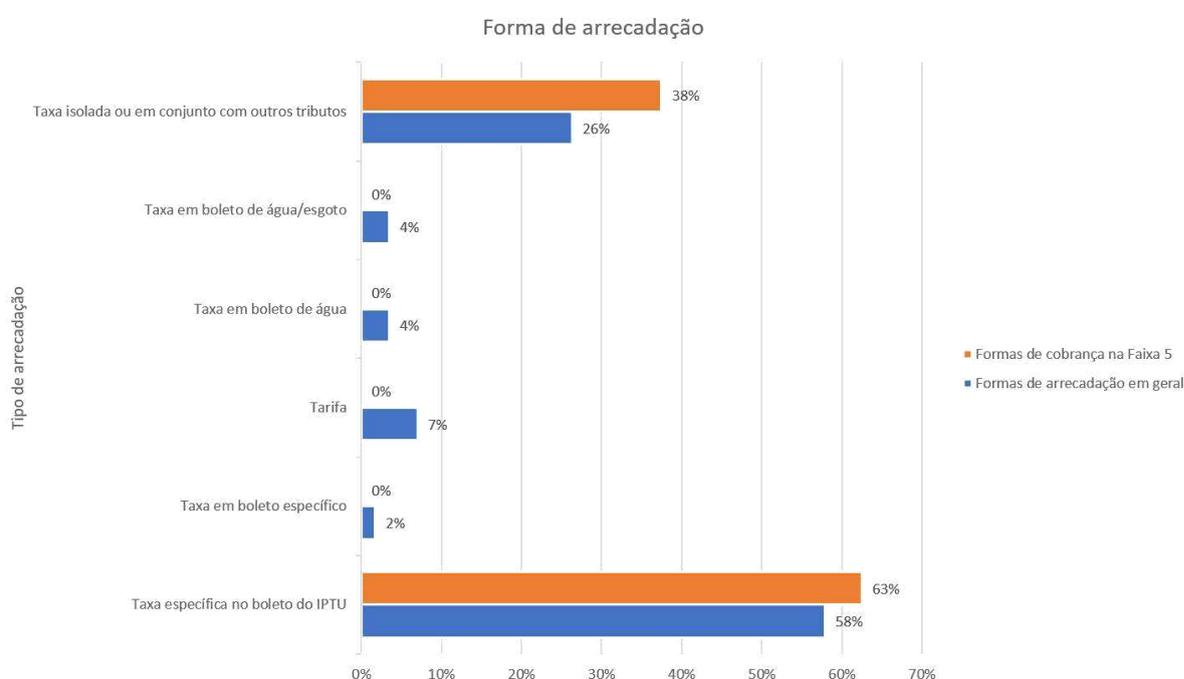
A partir da definição dos valores a serem cobrados ao produtor, é necessário determinar como essa cobrança será feita; há possibilidade de utilizar boletos de cobranças já existentes, como água, IPTU, entre outros. Nesse sentido, foi analisado pelo trabalho Nascimento e Coimbra (2017) qual as formas de arrecadação mais utilizadas; no trabalho atual também foi filtrada somente os dados da Faixa 5. Na Figura 25 é mostrado o resultado referente a arrecadação.

É possível observar que há uma tendência em evitar as formas de arrecadação com periodicidade mensal, como boletos de água ou esgoto, assim dando preferência as cobranças anuais, de caráter fixo como IPTU. Isso é mais acentuado nos municípios da Faixa 5, isso acontece devido à facilidade financeira e organizacional, como também a possibilidade de ter uma menor “liquidez” no recebimento dos recursos, principalmente quando há uma abundância de usuários.

4.3.2 Proposta de cobrança atual

A instituição da cobrança em Fortaleza foi efetivada a partir da aprovação da PL 0437/2022, que implantou o regime da cobrança e descreve como se realizaria a mesma. Nesse sentido, com objetivo de comparar como está a cobrança em Fortaleza em relação ao que se observa no Brasil, serão analisados os mesmos sub-tópicos observados no tópico 4.3.1, porém com os dados da cobrança em Fortaleza. Para fazer essa análise é apresentado a Tabela 2 que disponibiliza dos dados de cada variável adotada na cobrança aprovada pela CMF e sancionada pelo gestão atual.

Figura 25 – Forma de arrecadação mais utilizadas nos municípios em Geral e na Faixa 5



Fonte: Adaptado de Nascimento e Coimbra (2017)

Os dados expõem que o município de Fortaleza não apresentou nenhum variável nova, ou mesmo um método de cálculo diferente do que as demais cidades analisadas por Nascimento e Coimbra (2017). Contudo, é importante ressaltar algumas diferenças. Abaixo são discutidos os aspectos de cada variável adotada em Fortaleza, em relação ao estudo feito por Nascimento e Coimbra (2017):

- a) Serviços abrangidos: os serviços abrangidos de coleta, transporte e destinação final estão presentes em quase todos os municípios estudados no sub-tópico 4.3.1.1 e estão nos serviços classificados como MRS de acordo com a PNRS. Sob outro aspecto, os

outros serviços observados em Fortaleza de triagem e tratamento também estão nas diretrizes da PNRS, porém não foram analisados por Nascimento e Coimbra (2017), por isso não é possível estabelecer uma comparação, mas a PNRS permite essa cobrança; sendo assim, o município de Fortaleza está no previsível acerca desse aspecto;

- b) Tipo de contribuinte: O município como a maioria dos municípios apresenta cobrança para todos os usuários, definindo em três categorias, porém excluindo as residências, os demais estão limitados a geração máxima de resíduos em 100 litros por dia. A cobrança para não-residencial é calculada da mesma forma que para residenciais, respeitando o limite de 100 litros, porém os terrenos têm regime diferente, na qual, não importando as dimensões estes sempre pagarão pelo valor mínimo, desde que se encontrem vazios, construções em andamento ou em estado de abandono;
- c) Parâmetros de cálculo: Fortaleza seguiu a tendência da maioria das cidades registradas por Nascimento e Coimbra (2017), apresentando o uso de parâmetros fixos para cálculo; no caso da capital cearense, o parâmetro selecionado foi a área do imóvel. Por outro lado, em Fortaleza o uso de somente uma variável não apresenta a mesma tendência das cidades estudadas; na realidade, como visto na Figura 21, somente 5% de todas as cidades utilizam apenas um parâmetro, o que não é observado entre as cidades da faixa 5. Isso pode provocar uma sensação de que a cobrança é um acréscimo numa taxa já existente, mas com uma nova aparência; no caso de Fortaleza a impressão é que a taxa do lixo é um acréscimo n IPTU, visto que ambas utilizam a área como parâmetro principal. Com base nessas informações, Fortaleza não está dentro do comportamento observado nas demais cidades consideradas por Nascimento e Coimbra (2017);
- d) Valores: A cidade de Fortaleza adota na PL o cálculo como forma de cobrança aos usuários; esse cálculo é utiliza três parâmetros: a área edificada do imóvel, a taxa base (constante) e o fator de correção. O segundo parâmetro têm objetivo matemático, de modo que, a área edificada somada multiplicada pela taxa base resulte na soma dos custos de MRS. O terceiro parâmetro tem o sentido financeiro, de modo a atualizar a taxa de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo Especial (IPCA-E). A cobrança advinda por cálculo é mais utilizada do que tabelada para todas as cidades analisadas, porém, se considerarmos somente a faixa 5, os municípios utilizam valores tabelados no mesmo nível que os valores calculados. Nesse sentido, pode-se admitir que Fortaleza está dentro do esperado;

- e) Tipo de arrecadação: O município de Fortaleza permite em seu PL a adoção de qualquer documento para cobrança, seja um documento específico ou acompanhando um documento de outras tarifas e taxas. Desse forma, Fortaleza também está no comportamento esperado.

Como pode-se observar há somente um ponto que Fortaleza tem direção diferente das demais cidades, onde somente o uso de somente uma variável incorre em incoerência, visto que sob o aspecto histórico, a maioria das cidades utiliza 2, 3 ou 4 variáveis, como também a adoção de uma variável pode resultar em injustiça para indivíduos, esses argumentos sustentam a ideia de que a contabilização de vários parâmetros contribuem para se haver uma cobrança mais justa.

Tabela 2 – Variáveis da cobrança em Fortaleza

Serviços abrangidos	Tipo de contribuinte	Parâmetros de cálculo	Valor	Tipo de arrecadação
Coleta Tranbordo Triagem Tratamento Destinação Final	Residencial Não Residencial (<100L) Terrenos	Unidades de área	Calculado	Taxa isolada ou conjunto com outros tributo

Fonte: Adaptado de FORTALEZA (2022)

Uma característica observada na PL 0437/2023 é que há diversos usuários isentos, seja por classificação do imóvel ou pelo tipo de ocupação. Sob esse aspecto, também é encontrada inconsistência, pois o princípio observado pela PNRS para indicar a implementação da cobrança é o PPP, ou seja, através da cobrança o estado passa ao poluidor os encargos de sua pegada ecológica; entretanto, quando somente uma parte da sociedade é encarregada desse custo, de forma indireta os indivíduos sob regime sem cobrança são incentivados a gerar mais poluição. Dessa forma, a equidade vertical não sustenta a ideia de isenções, mas atenuações aos usuários com menor condição financeira, ou seja, proporcionalmente a sua rendimentos.

4.4 Conclusão do capítulo

O capítulo apresentou a situação da PNRS no município de Fortaleza sob aspecto legislativo, pois a regulamentação de um plano municipal está presente na PNRS. Dessa maneira, os resultados apontaram que o município de Fortaleza está com todas as condições requeridas completas, de modo que há de fato há um ambiente propício para a implantação de MRS de maneira eficiente quanto ao aspecto legislativo. Os resultados também mostraram ser

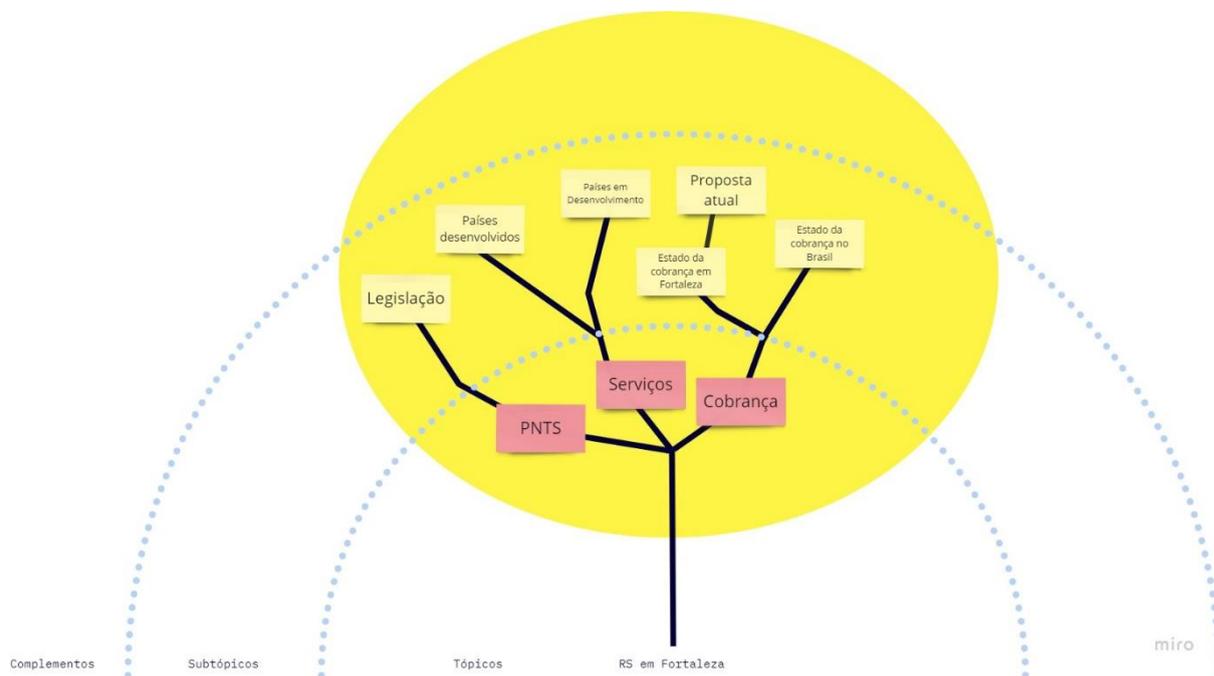
necessário a participação da população, setor privado e administração pública, formando uma responsabilidade compartilhada, em que todos se envolvem em um objetivo em comum.

Realizou-se uma avaliação dos serviços executado em Fortaleza, seu estado de aplicação; sendo assim foi observado o serviço de coleta, que apresenta uma alta taxa de alcance de toda população, porém como contrapartida dispense com altos custos de OPEX, na qual a triagem da coleta seletiva não é feita pela população antes da coleta. Desse modo, parte do que é coletado é enviado a estação de triagem do Jangurussu a partir de resíduos coletados em bairros com maior IDH, que contém maior densidade de itens recicláveis. Esses recicláveis então são vendidos ou devolvidos nos pontos de coleta, ou por associações à iniciativa privada que reutiliza os materiais; esse processo envolve a logística reversa da cidade de Fortaleza.

Os serviços de disposição final e compostagem também foram analisados, de modo que se detectou a inexistência de uma política de compostagem efetiva para a população de Fortaleza; essa não reutilização acarreta inchamento do aterro sanitário que absorve altas cargas de resíduo que deveriam ser reaproveitadas principalmente pelos usuários.

Esse capítulo teve o objetivo de: a) entender o estado de implementação do plano de resíduo sólido do município de Fortaleza requerido pela PNRS; b) observar a situação dos serviços de MRS em Fortaleza e c) analisar a proposta de cobrança feita PL 0437/2022 em relação a outras cidades brasileiras. Na Figura 25 é apresentado o fluxograma do capítulo 4.

Figura 26 – Fluxograma do Capítulo 4



Fonte: próprio autor

5 PROPOSTA DE COBRANÇA PARA FORTALEZA

A aplicação de cobrança, indicada pela PNRS tem origem no PPP, que pretende que a aplicação da cobrança produza no indivíduo o senso de culpa pelo impacto causado, como também gere consciência no usuário de que a sua produção de resíduos é proporcional ao impacto. Nesse sentido, quando um local decide pela aplicação de cobrança, é necessário escolher o caminho correto guiado pelos princípios do PPP, de modo que se obtenha uma cobrança socialmente aplicável e mais justa, na medida das possibilidades para todos os usuários dos serviços.

Desse modo, é necessário conhecer o local e a partir das oportunidades e limites, determinar como será concretizada a cobrança. Fatores como consciência da população, tamanho da cidade, banco de dados disponível, IDH são fatores que podem determinar como será feita a cobrança no local. Assim, nesse capítulo será determinada uma equação de cobrança para o município de Fortaleza, com base nas informações disponíveis e características do município.

5.1 Situando a cidade de Fortaleza

O município de Fortaleza é capital do Ceará, e possui uma população com mais de 2,4 milhões de pessoas; em sua maioria os bairros da capital cearense apresenta IDH muito baixo (IBGE, 2010), como também o nível de consciência da população é deficiente em relação ao tratamento dos resíduos, onde atitudes como separação de resíduos para coleta seletiva e compostagem de resíduos são comportamentos raramente observados na população. De outro modo, comportamentos como a disposição de resíduos em ruas é também uma prática frequentemente constatada, resultando em propagação de vetores e bloqueio dos pontos de escoamento nas ruas.

Contudo, com relação a informações de usuários, Fortaleza apresenta um banco de dados considerável por apresentar diversas informações. A plataforma “Mapas em Fortaleza” apresentada pelo portal Fortaleza (b), disponibiliza dados que podem ser utilizados para estimativa de cobrança aos usuários de MRS no município de Fortaleza. Desse modo, a partir das informações obtidas, a opção por adotar um regime de taxa apresenta as melhores condições, visto que a população de Fortaleza apresenta nível de IDH e consciência abaixo do ideal para aplicação da PAYT (EY; SELURB, 2020). Nos tópicos seguintes, será determinada as características dessa cobrança em forma de taxa.

5.2 Definindo os parâmetros da cobrança

Para determinar o comportamento da cobrança, será utilizada a mesma ideia mostrada no Capítulo 4, na qual a análise foi feita com base nos seguintes aspectos: serviços abrangidos, tipo de contribuinte, parâmetros de cálculo, valor e tipo de arrecadação. Cada um dos aspectos são discutidos a seguir:

- a) Serviços abrangidos: os serviços abrangidos pela cobrança são iguais aos observados na PL 0437/2022;
- b) Tipo de contribuinte: os tipos de contribuintes selecionados se encaixam quase que os mesmos tipos avistados na PL 0437/2022, porém diferente do que é observada na legislação de Fortaleza, há duas diferenças: 1) quanto a isenção que não existe na proposta desse trabalho, pois essa elimina os ideais propostos pelo PPP para formação de responsabilidade e conscientização no indivíduo; 2) o peso da cobrança difere para cada tipo de contribuinte (esses pesos serão abordados na seção 5.4.1). É importante citar que por limitações desse trabalho, não foi possível estimar a cobrança para o setor industrial devido à falta de dados;
- c) Parâmetros de cálculo: os parâmetros-base utilizados na fórmula da cobrança foram definidos por SELUR *et al.* (2021), os quais são: zoneamento urbano, frequência de coleta e uso do imóvel. Essas variáveis foram adicionadas na fórmula de Fortaleza, que tinha os aspectos: área do imóvel, fator matemático (constante) e fator de correção monetário;
- d) Valor: o incremento de novos *proxies* na fórmula de cálculo pode indicar maior dificuldade quanto ao cálculo, porém as variáveis incrementadas apresentam baixa variabilidade, uma vez calculado o valor da cobrança está sujeito a basicamente correções monetárias, no entanto, devido a valores baixos registrados por um conjunto de usuários considerável, a utilização de tabela seria interessante. Contudo, para essa pesquisa a utilização de equação será o padrão aplicada;
- e) Tipo de arrecadação: de acordo com (BERNARDES, 2020) a taxa média de inadimplência do pagamento do boleto IPTU foi de 22,47% no triênio 2016-2017-2018 no município de Fortaleza. Esse dado pode indicar que a cobrança atual pode sofrer com esse problema, se for feita no mesmo modelo do IPTU. Dessa maneira, seria ideal que

a arrecadação fosse feita em conjunto com as arrecadações de outras cobranças, principalmente de tarifas que requerem da população pagamento por utilização, pois apresentam menor inadimplência.

5.3 Apresentação da Equação Geral Parametrizada

A equação parametriza aplicada a Fortaleza, nesse trabalho, considerou o modelo proposto por SELUR et al. (2021), que aplica o uso de diferentes variáveis, na qual pode-se citar: área do imóvel, uso do imóvel, frequência do imóvel, zoneamento urbano e fator matemático (constante), a metodologia de cálculo utilizada pelo trabalho pode ser vista na Figura 27. Além desses *proxies* também foi aplicado um fator de correção monetário, com objetivo de corrigir o valor da cobrança anual conforme o IPCA-E. A Equação 5.1 apresenta como é elaborada Cobrança por Imóvel (CI).

$$C_I = \{[(A_I \times U_I) \times Z_U] \times F_C\}^t \times C_F * C_M \quad [RS] \quad (5.1)$$

A descrição de cada unidade pode ser vista abaixo:

A_I	Área do Imóvel
C_M	Constante matemática
C_F	Fator de Correção Financeiro
F_C	Frequência de coleta
U_I	Uso do imóvel
Z_U	Zoneamento urbano

Conhecida a equação, será então definido a Constante Matemática (CM) no município de Fortaleza, sendo abaixo descrito como foi feita a obtenção da Constante Matemática e as considerações em cada item da equação.

5.4 Aplicando a equação em Fortaleza

Com a intenção de descrever como a equação pode ser comportar, será aplicado dados obtidos a partir da prefeitura de Fortaleza, na qual a aplicação dos dados tem o intuito demonstrar a herogeneidade da população de Fortaleza, bem como avaliar como a equação pode ser comportar a partir das variáveis definidas no tópico anterior.

Como supracitado, a prefeitura de Fortaleza disponibiliza através do portal Fortaleza (b) um catálogo de mapas com dados de diversas áreas. Para a pesquisa, foram selecionados dados socioeconômicos e territoriais do município, esses itens foram: IDH-Renda, Vazios Urbanos, Áreas Edificadas Comerciais em 2021, Áreas Edificadas Prestadores de Serviço em 2021, Áreas Edificadas Residenciais em 2021. Além do uso de informações do portal, também foi obtida a frequência de coleta por bairro através de Fortaleza (a). Nos próximos tópicos será abordado como foram obtidas todas informações e consideração tomadas.

Figura 27 – Metodologia com cálculo parametrizado.



Fonte: próprio autor

Importante citar que todos os mapas e a frequência de coleta apresentavam dados entre 121 a 122 bairros, porém alguns desses bairros não possuíam padrão de nomeação, dessa forma um grupo de 11 desses bairros não foi possível comparar entre os mapas da plataforma e a frequência de coleta. Assim, foi feita a média simples desses bairros para as variáveis de zoneamento urbano e frequência de coleta e quanto as variáveis de área foi feita a soma de todas as áreas, esses dados foram aplicados na linha “Outros”, de acordo com sua respectiva coluna. O compilado dos dados obtidos pode ser visto no Apêndice A.

5.4.1 Definindo as áreas e seus pesos

A partir da plataforma Fortaleza (b) foram definidas as áreas, de modo que foram considerados os mapas: Vazios Urbanos, Áreas Edificadas Comerciais em 2021, Áreas Edificadas Prestadores de Serviço em 2021, Áreas Edificadas Residenciais em 2021. Essas áreas foram obtidas de maneira a possibilitar que o custo ao usuário pudesse ser função do uso do imóvel. No APÊNDICE são mostradas as informações das áreas para os tipos de contribuinte: terreno e outros, comercial, prestadores de serviço e residencial. Abaixo são descritas as considerações para cada tipo de contribuinte:

- a) Terreno e outros: os dados obtidos para esse tipo de contribuinte estão vinculados ao mapa Vazios Urbanos, para se estimar todas as áreas com potencial de cobrança foi feito o levantamento de todos os espaços vazios com a característica: vazios e/ou subutilizados nas vizinhanças, de modo que foram retirados todas as áreas com valor nulo ou corrompido, que não estivessem parcial ou totalmente em zonas especiais, em Área de Proteção Ambiental (APA) e/ou Área de Preservação Permanente (APP). Ao total, foram obtidos 11.015 terrenos, somando ao todo 49.582.211,59 m²;
- b) Comercial: Os dados de área comercial foram obtidos a partir do mapa Áreas Edificadas Comerciais em 2021, esses dados estavam separados por bairro, não houveram filtros. A área total encontrada para esse tipo de contribuinte foi de 27.812.754,97 m²;
- c) Prestadores de serviço: Os dados de área comercial foram obtidos a partir do mapa Áreas Edificadas Prestadores de Serviço em 2021, esses dados estavam separados por bairro, não houveram filtros. A área total encontrada para esse tipo de contribuinte foi de 1.222.716,43 m²;
- d) Residencial: Os dados de área comercial foram obtidos a partir do mapa Áreas Edificadas Residências em 2021, esses dados estavam separados por bairro, não houveram filtros. A área total encontrada para esse tipo de contribuinte foi de 64.536.537,52 m².

A partir da definição das áreas, então foi obtido a partir de SELUR et al. (2021) os dados de alguns locais que faziam a aplicação de cobrança específica para cada tipo de contribuinte, um desses locais foi a cidade de Itapema em Santa Catarina. A partir dos dados de Itarema foram obtidos os pesos, que podem ser vistos na Figura 28 para cada tipo de contribuinte.

Figura 28 – Pesos atribuídos

Tipo de contribuinte	Peso
Comercial	1,59
Prestação de serviços	1,59
Residencial	1
Terrenos e outros	1
Industrial	1,65

Fonte: Adaptado de Selur *et al.* (2021)

Importante observar que apesar das limitações do trabalho em rastrear a área industrial, os usuários desse setor podem usufruir dos serviços de MRS, por isso a cobrança também deve

ser feita a esse tipo de contribuinte. Uma medida possível seria a partir dos dados obtidos após a aplicação, reajustar a cobrança com a contabilização do setor industrial.

Matematicamente a relação $A_I \times U_I$ pode ser representada por uma multiplicação vetorial de matrizes, sendo A_I uma matriz 112×5 com as colunas sendo cada tipo de contribuinte e as linhas os dados referentes a cada bairro e U_I é uma matriz 5×1 sendo as linhas os pesos de cada tipo de contribuinte. O resultado da multiplicação é uma matriz 112×1 , a matriz A_I está representada no APÊNDICE, com as colunas: áreas Terrenos, Áreas Comerciais, Áreas Prestadores de serviço e Áreas Residências, a coluna referente ao setor industrial é nula e, quanto a matriz $A_I \times U_I$ esta pode ser vista na coluna $A_I \times U_I$, no Apêndice A.

5.4.2 Definindo a frequência de coleta

A frequência de coleta foi considerada a partir do calendário de coleta disponível em (FORTALEZA, a) , a partir da qual, foi observado que 14 bairros possuíam regime de coleta dobrado, ou seja, os bairros com regime simples apresentam coleta três vezes por semana, em um dos períodos diurno ou noturno, nesses 14 bairros a coleta é executada em ambos os períodos. Nesse sentido foi adotado nos bairros em que havia um regime dobrado peso 2, enquanto nos bairros de regime simples foi aplicado peso 1. Houveram também alguns bairros tinham padronização no nome em relação ao obtida na plataforma (FORTALEZA, b), nesse sentido, foram convertidos os bairros para a nomenclatura vista na plataforma e adotado regime de frequência simples.

Matematicamente a variável F_C pode ser definida como uma matriz 112×1 , com as linhas representando a frequência de coleta de cada bairro, os dados referentes a matriz F_C podem ser vistos no Apêndice A, mais especificamente na coluna F_C .

5.4.3 Definindo o zoneamento urbano

O zoneamento urbano tem o objetivo de trazer equidade vertical, que é um dos princípios do PPP. A proposta da PL 0437/2022 apresenta como solução para esse ponto a isenção de contribuintes, que compõem a maioria dos potenciais usuários. Segundo Diário do Nordeste (2023b) há a possibilidade de 70% dos usuários residenciais serem isentos, esse tipo de artifício entra em contraposição com os demais princípios do PPP, nesse sentido não será usado por esse trabalho.

O zoneamento urbano definido nesse trabalho será baseado no IDH-Renda obtido a

partir da plataforma Fortaleza (b), os valores aplicados são mostrados no Apêndice A coluna ZU, na qual as estimativas tomadas para cada bairro são referentes a própria medida observada na plataforma. Matematicamente a variável Z_U pode ser definida como uma matriz 1×112 , com as linhas representando o IDH de cada bairro, ou seja, cada coluna da matriz.

5.4.4 Definindo o fator de correção financeiro

O fator de correção financeiro, chamado de fator de correção pela PL 0437/2022, tomado nesse trabalho é também atrelado ao IPCA-E, e tem valor de corrigir a taxa do usuário anualmente segundo a inflação. O custo total de MRS considerado nesse trabalho será igual ao tomado pela PL 0437/2022, ou seja, o valor de 350.134.471,69 R\$/ano. Nesse sentido, o fator de correção financeiro para o primeiro ano de aplicação será igual a 1, após o segundo ano, o valor da taxa será em função da IPCA-E dos anos posteriores à aplicação da taxa.

Matematicamente a variável C_F pode ser definida como uma matriz 112×1 na qual os valores de todas as linhas são referentes ao fator de correção financeira, no caso a matriz terá valor 1, para o cálculo atual, visto que é considerando o início da aplicação, como supracitado, os valores da matriz são mostrados na coluna CF no Apêndice A.

5.4.5 Definindo a constante matemática

A partir da definição dos *proxies* e de seus valores, então pode ser estimado o fator de correção matemático (C_M), ou taxa base. Matematicamente a variável C_M também pode ser definida como um escalar e tem o objetivo de validar matematicamente que a arrecadação tenha o mesmo valor dos custos totais de MRS. Nesse sentido, foram aplicados os valores considerados na Equação 5.1. Aplicando os valores nas variáveis, obtiveram-se os seguintes resultados:

$$\{[(A_I \times U_I) \times Z_U] \times F_C\}^t \times C_F = 45.384.024 \text{ m}^2$$

Tem-se que o custo total por imóvel é de 350.134.471,69 [R\$/ano]. Assim, a partir dos valores acima, tem-se que o valor da constante matemática é: $C_M = 7,72$ [R\$/m²ano].

5.4.6 Apresentando a Equação Parametrizada definida para Fortaleza

A Equação 5.1 aplicada a Fortaleza pode ser vista na Equação 5.2:

$$C_I = \{[(A_I \times U_I) \times Z_U] \times F_C\}^t \times C_F * 7,72 \quad [\text{R\$}] \quad (5.2)$$

Nesse sentido, os custos para um contribuinte tipo residencial de 70 m² localizado no bairro Conjunto Palmeiras seria de 5,45 R\$/ano, enquanto os custo para uma residência de 440 m² localizada no bairro Aldeota seriam de 5284,66 R\$/ano. A utilização desses valores ajuda a entender como seria o comportamento da cobrança a dois extremos. A disparidade dos dados é influenciada pela razão entre o menor e o maior IDH-Renda registrada pelos bairros que é de 99, ou seja, o bairro com maior IDH é 99 vezes maior que o menor, mostrando que há de fato um range de desigualdade enorme entre os bairros, a Figura 29 mostra como os bairros são distribuídos por faixa de IDH.

É importante frisar que esse é modelo de cálculo que não apresenta em dados suficientes para fornecer um modelo totalmente justo, devido à limitação de dados. No entanto, o objetivo dessa pesquisa é apresentar uma cobrança mais próximo do objetivado pelo PPP, na qual todo o universo de usuários ativos que são potencialmente beneficiados com os serviços se responsabilizam financeiramente por eles.

Os *proxies* adicionados têm o objetivo de permitir que os princípios do PPP de equidade vertical, equidade horizontal e proporcionalidade fossem cumpridos. É importante ressaltar que o comportamento e características de cada variável podem ser melhorados, a partir da disponibilização de banco de dados mais preciso, também seria ideal separar os tipos de imóveis como prediais e residenciais simples, visto que a quantidade de resíduo liberada por edifício é maior que uma residência simples.

Figura 29 – Distribuição dos bairros quanto ao IDH-Renda.



Fonte: Adaptado de Fortaleza (b)

A proposta de metodologia de cobrança para Fortaleza feita nesse trabalho apresenta condição mais justa que a aderida na PL 0437/2022 visto que consegue atender mais princípios do PPP, estendendo a um conjunto maior de usuários a responsabilidade dos impactos causados ao meio ambiente, como também permite que seja aplicado uma situação que induz consciência quanto a produção de resíduos, possibilitando que seja possível cumprir a condição de viabilidade econômica.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresentou uma metodologia de cálculo que permite caracterizar de forma mais precisa do que a PL 0437/2022, como deve ser a cobrança dos serviços de MRS no município de Fortaleza. A utilização de variáveis que promovessem a cobrança para aproximar-se do desejado pelo PPP foi o intuito do trabalho, visto que, esse princípio é a origem da cobrança de MRS. Nesse sentido, a adoção de cobrança observando somente os custos finais, sem observar os meios certos como deve ser feita a cobrança, tornar a cobrança somente mais uma forma de passar para o contribuinte a conta do estado.

O fato de dividir a população em dois grupo, os pagantes e os não pagantes, quando ambos recebem o mesmo serviço contribuem para a ideia de que a cobrança é outra forma de imposto de renda. De outra maneira, basear a cobrança somente em uma variável, muito similar a ideia observada na cobrança do IPTU, colabora para o raciocínio de que é a mesma taxa, porém com um nome diferente. Esses argumentos contribuem para a ideia de que a proposição de uma cobrança em Fortaleza foi feita de qualquer maneira. Dessa forma, o trabalho apresentou uma equação parametrizada para a cidade de Fortaleza. A adoção de variáveis que entreguem princípios como a proporcionalidade, equidade vertical e equidade horizontal proporciona que o contribuinte receba uma cobrança de acordo com sua renda e os serviços oferecidos, assim tendo a condição de dispendir um valor que não o obrigue a optar pela inadimplência e esteja consoante os serviços ofertados.

Portanto, o trabalho aponta haver necessidade de haver uma revisão na metodologia de cálculo em Fortaleza, a utilização de duas ou mais variáveis é essencial por dois pontos de vista, primeiro a necessidade de agregar mais princípios do PPP e a indispensabilidade de evitar que a taxa do lixo seja vinculada ao IPTU, alienando e revoltando a população, por permitir aos usuários a ideia de que é somente uma forma da prefeitura arrecadar da população serviços que são obrigatórios a administração pública. De outra forma, são essenciais ações de conscientização da população: adoção de disciplina de educação ambiental e campanhas de conscientização quanto ao despejo ilegal, compostagem, reciclagem e separação de seu lixo, além de promover e assistir mão de obra especializada em serviços de MRS dando dignidade a esses trabalhadores, de forma que a população não seja um rival da administração pública, mas como parceiros ambos possam contribuir com a melhora dos serviços de MRS para sociedade e para o meio ambiente. Quanto a esse trabalho, há limitações que não puderam ser resolvidas, sendo necessária a adoção de dados referentes a indústria, o maior gargalo referente aos

objetivos desse trabalho. Porém, outras lacunas precisam serem sanadas:

- Necessidade de analisar os usuários residenciais, comerciais, e de prestação de serviço quanto ao número de pavimentos do imóvel;
- Estudar adoção de valores tabelados, invés, valores calculados e observar qual a melhor forma de arrecadação para cada faixa da tabela;
- Analisar outras variáveis indexadas ao zoneamento urbano, bem como seu range entre o menor a menor cobrança e a maior cobrança e investigar como podem ser calculados os pesos de cada tipo de contribuinte para o município de Fortaleza, especificamente;
- Analisar os resultados com os dados disponibilizados pelo IBGE em 2023.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, R. G. de S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 12, p. 1195–1209, 2017. PMID: 29090660. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X17735375>.
- ALZAMORA, B. R.; BARROS, R. T. d. V. Review of municipal waste management charging methods in different countries. **Waste Management**, v. 115, p. 47–55, 2020. ISSN 0956-053X.
- BERNARDES, J. F. F. **Modelando a inadimplência do IPTU no Município de Fortaleza**. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/53250>. Acesso em: 25 de maio de 2023.
- BEUKERING, P. J. v.; BARTELINGS, H.; LINDERHOF, V. G.; OOSTERHUIS, F. H. Effectiveness of unit-based pricing of waste in the Netherlands: Applying a general equilibrium model. **Waste Management**, v. 29, p. 2892–2901, 2009. ISSN 0956-053X.
- BILITEWSKI, B. From traditional to modern fee systems. **Waste Management**, v. 28, n. 12, p. 2760–2766, 2008. ISSN 0956-053X. Pay as you throw: a tool fo urban waste management. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08002225>.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: [s. n.], 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 21 de abril de 2023.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: [s. n.], 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 26 de abril de 2023.
- BRASIL. **Roteiro para a sustentabilidade do serviço público de manejo de RSU**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/protegeer/roteiro-para-a-sustentabilidade-do-200bservico-publico-de-manejo-de-rsu/RoteiroparaaSustentabilidadedoServioPblicodeManejodeRSU.pdf/@@download/file>. Acesso em: 05 de maio de 2023.
- BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2020**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2021. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 14 de maio de 2023.
- BRESOLIN, R. S. **A referibilidade da atividade estatal ao contribuinte como requisito constitucional nos tributos ambientais**. Programa de Mestrado em Direito da Universidade de Caxias do Sul, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/590>. Acesso em: 25 de maio de 2023.
- CASTRO, A. **Com placar apertado e voto dobrado, base aliada de Sarto aprova taxa do lixo em comissão na Câmara**. Fortaleza, CE: Jornal Diário do Nordeste, 2021. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/pontopoder/com-placar-apertado-e-voto-dobrado-base-aliada-de-sarto-aprova-taxa-do-lixo>. Acesso em: 24 de maio 2023.
- CETRULO, T. B.; MARQUES, R. C.; CETRULO, N. M.; PINTO, F. S.; MOREIRA, R. M.; MENDIZÁBAL-CORTÉS, A. D.; MALHEIROS, T. F. Effectiveness of solid waste

policies in developing countries: A case study in brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 205, p. 179–187, 2018. ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618328142>.

CNI. **Economia circular : oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: Confederação Nacional da Indústria - CNI, 2022. 64 p. ISBN 978-85-7957-166-4.

DIAS, A. L. S. **Aplicação de instrumentos econômicos na execução da política Brasileira de resíduos sólidos em um contexto de transição para economia Circular**. Belo Horizonte, MG: Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2022. 182 p.

DICKELLA, P.; ABE, M.; MAEDA, T. Reducing municipal waste through promoting integrated sustainable waste management (iswm) practices in surabaya city, indonesia. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 144, p. 457–468, 04 2011.

Diário do Nordeste. **Cobrança da taxa do lixo começa em Fortaleza e população conhece valor na quarta (5); saiba onde ver**. Fortaleza, CE: Jornal Diário do Nordeste, 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/cobranca-da-taxa-do-lixo-comeca-em-fortaleza-e-populacao-conhece-valor-na-quarta-5-saiba-onde-ver-1.3353159>. Acesso em: 24 de maio de 2023.

Diário do Nordeste. **Taxa do lixo: veja em quais bairros de Fortaleza mais proprietários de imóveis devem pagar o imposto**. Fortaleza, CE: Jornal Diário do Nordeste, 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/taxa-do-lixo-veja-em-quais-bairros-de-fortaleza-mais-proprietarios-de-imoveis-devem-pagar-o-imposto-1.3367050>. Acesso em: 18 de junho 2023.

DONTHU, N.; KUMAR, S.; MUKHERJEE, D.; PANDEY, N.; LIM, W. M. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285–296, 2021. ISSN 0148-2963. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321003155>.

ECA. **The Polluter Pays Principle: Inconsistent application across EU environmental policies and actions**. Luxembourg: [s. n.], 2021. Disponível em: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR21_12/SR_polluter_pays_principle_EN.pdf. Acesso em: 29 março de 2023.

EY; SELURB. **A Sustentabilidade Financeira dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos – Modelos de Cobrança ao Redor do Mundo**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://selur.org.br/wp-content/uploads/2020/08/RELATORIO_EY-e-SELURB_Modelos-de-Cobran%C3%A7a-ao-Redor-do-Mundo-1.pdf. Acesso em: 25 de março de 2023.

FORTALEZA. **Calendário de Coleta de Lixo Domiciliar**. Fortaleza, CE: [s. n.]. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/cartilha/calendario_de_coleta_de_lixo_domiciliar_.pdf. Acesso em: 17 de junho de 2023.

FORTALEZA. **Fortaleza em Mapas**. Fortaleza, CE: [s. n.]. Disponível em: <https://mapas.fortaleza.ce.gov.br/>. Acesso em: 17 de junho de 2023.

FORTALEZA. **Institui taxa pela utilização efetiva ou potencial do serviço público de manejo de resíduos sólidos urbanos no município de Fortaleza e dá outras providências**. Fortaleza, CE: CMF, 2022. Disponível em: <https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/media/sapl/public/materialegislativa/2022/80758/pl04372022.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2023.

FROTA, A. J. A.; TASSIGNY, M. M.; BIZARRIA, F. P. de A.; BRASIL, M. V. de O.; SILVA, I. M. G. da. Coleta seletiva: perspectivas de sustentabilidade nas associações de catadores de resíduos sólidos na cidade de Fortaleza (CE). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, 11 2016.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2. ed. [S. l.]: Ministério das Cidades, 2010. ISBN 978-85-240-4135-8.

JUNIOR, P. S. V.; BASTOS, A. T.; ROCHA, C. C. T.; MARTINS, T. A. P. O plano de gerenciamento municipal integrado de resíduos sólidos nos ecopontos em Fortaleza. In: . [S. l.]: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2019. XXI. ISSN 2359-1048.

LIMA, P. d. M.; OLIVO, F.; FURLAN, M. B.; JUNIOR, J. J.; PAULO, P. L. Análise de custos do planejamento estratégico do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos em Campo Grande/MS. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, v. 27, n. 4, p. 749–759, Jul 2022. ISSN 1413-4152. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210216>.

MANCINI, S.; MEDEIROS, G. de; PAES, M. Circular economy and solid waste management: Challenges and opportunities in brazil. **Circ.Econ.Sust.**, v. 401, p. 261–282, 2021. ISSN 2730-5988. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-2>.

MENEZES, D.; LOBO, E.; SOUSA, C.; GERHARD, F.; PINTO, F. Gestão pública de resíduos: um estudo na região metropolitana de Fortaleza a luz do plano nacional de resíduos sólidos. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo - ReAT**, v. 16, p. 110–133, 05 2022.

NASCIMENTO, R. M.; COIMBRA, T. C. **Avaliação de metodologias de cobrança e proposta de ferramenta de aferição de custos para os serviços de gerenciamento integrado de resíduos sólidos para municípios brasileiros**. Vitória-ES: Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2017. Disponível em: https://engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/avaliacao_de_metodologias_de_cobranca_e_proposta_de_ferramenta_de_afericao_de_custos_para_os_servicos_de_gerenciamento_integrado_de_residuos_solidos_para_municipios.pdf. Acesso em: 04 de abril de 2023.

NDOU, V.; RAMPEDI, I. T. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. **Sustainability**, v. 14, n. 16, 2022.

O Povo. **Desembargador suspende Taxa do Lixo em Fortaleza**. Fortaleza, CE: Jornal O Povo, 2023. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/politica/2023/05/22/desembargador-suspende-taxa-do-lixo-em-fortaleza.html>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

OLIVEIRA, F. D. A.; LIMA, N. C.; LIMA, A. C. A. d.; STEFANUTTI, R. Proposta de coleta seletiva da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares no bairro Pici, Fortaleza-CE. **Revista DAE**, 2016. ISSN 0101-6040.

OLIVEIRA, W. C. Uma análise sobre a aplicação da legislação de resíduos sólidos de Fortaleza. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, PI, n. 5587, 2018.

PINHEIRO, H. D.; LIMA, E. M. N. d. Implantação do plano municipal de resíduos sólidos nas capitais nordestinas: análise da legislação. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 13, n. 3, p. 81–97, Janeiro 2021. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/852>.

PINHEIRO, Z.; DANTAS, T.; WANDERLEY, I.; RODRIGUES, K.; MARINHO, G.; SANTOS,

G. A cadeia produtiva dos resíduos sólidos domiciliares (rsd) de fortaleza-ce. v. 3, 01 2009.

PUIG-VENTOSA, I. Charging systems and payt experiences for waste management in Spain. **Waste Management**, v. 28, n. 12, p. 2767–2771, 2008. ISSN 0956-053X. Pay as you throw: a tool fo urban waste management. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08002249>.

QUEVEDO-SILVA, F.; SANTOS, E.; BRANDRÃO, M.; VILS, L. Estudo bibliométrico: Orientações sobre sua aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, p. 246–262, 06 2016.

REBEHY, P. C. P. W.; Salgado Junior, A. P.; OMETTO, A. R.; ESPINOZA, D. de F.; ROSSI, E.; NOVI, J. C. Municipal solid waste management (MSWM) in Brazil: Drivers and best practices towards to circular economy based on european union and bsi. **Journal of Cleaner Production**, v. 401, p. 136591, 2023. ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623007497>.

REICHENBACH, J. Status and prospects of pay-as-you-throw in europe – a review of pilot research and implementation studies. **Waste Management**, v. 28, n. 12, p. 2809–2814, 2008. ISSN 0956-053X. Pay as you throw: a tool fo urban waste management. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08002304>.

SELUR; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA (ABPL); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INFRAESTRUTURA E INDÚSTRIAS DE BASE (ABDIP); ; SELURB. **Guia para a implementação da cobrança**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://selur.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Guia-Cobran%C3%A7a.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2023.

SHABAN, A.; ZAKI, F.-E.; AFEFY, I.; GRAVIO, G. D.; FALEGNAMI, A.; PATRIARCA, R. An optimization model for the design of a sustainable municipal solid waste management system. **Sustainability**, v. 14, n. 6345, 2022.

SHAMSHAD, K.; RAHEEL, A.; SYED, T. R.; NAZIR, A. B.; MUHAMMAD, I. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. **Chemosphere**, v. 288, n. 132403, 2022. ISSN 0045-6535.

SIDDIQUI, F. A.; SINGH, R.; PRASHANT. Seasonal characterization and possible solutions for municipal solid waste management in the city of Patna, Bihar, India. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 21, p. 2073–2087, 2022. Disponível em: [https://neptjournal.com/upload-images/\(5\)B-3926.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/(5)B-3926.pdf).

TAN, K.-C. Climate reparations: Why the polluter pays principle is neither unfair nor unreasonable. **WIREs Climate Change**, n. e827, 2023.

UKKONEN, A.; SAHIMAA, O. Weight-based pay-as-you-throw pricing model: Encouraging sorting in households through waste fees. **Waste Management**, v. 135, p. 372–380, 2021. ISSN 0956-053X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21005006>.

VASCONCELOS, M.; BACH, T.; MATIOLLO, D.; JUNIOR, J.; SOUZA, A.; SILVA, W. **Evidências relativas aos Custos de Resíduos Sólidos Urbanos Municipais: uma Análise dos Fatores Determinantes**. Anais Do Congresso Brasileiro De Custos - ABC, 2016. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4136>.

VEIGA, M. Analyzing reverse logistics in the brazilian national waste management policy (PNRS). **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 173, p. 649–659, 05 2013.

VIEIRA, A. T.; CAVALCANTE, C. L. A.; RODRIGUES, T. C.; MUNIZ, K. R. de A.; LIMA, A. M. S.; XAVIER, A. R. Resíduos sólidos: coleta seletiva e logística reversa em Fortaleza, Ceará. **Revista Educação Ambiental em Ação**, XVII, n. 67, Março 2019. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3607>.

WELIVITA, I.; WATTAGE, P.; GUNAWARDENA, P. Review of household solid waste charges for developing countries – a focus on quantity-based charge methods. *Waste Management*, v. 46, p. 637–645, 2015.

ZHEN-SHAN, L.; LEI, Y.; XIAO-YAN, Q.; YU-MEI, S. Municipal solid waste management in Beijing city. *Waste Management*, v. 29, n. 9, p. 2596–2599, 2009. ISSN 0956-053X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09001032>.

APÊNDICE

Nº	BAIRRO	Áreas Terrenos	Áreas Comerciais	Áreas Prestadores de serviço	Áreas Residências	AI x UI	FC	ZU	CF
1	AEROLÂNDIA	4613,57	243714,07	16004,27	167834,96	583093,91	1,00	0,07	1,00
2	AEROPORTO	21570,03	226327,39	13498,51	104872,05	496980,25	1,00	0,05	1,00
3	ALDEOTA	100626,38	1824014,19	141454,15	3319283,65	6494691,50	2,00	0,78	1,00
4	ALTO DA BALANÇA	8290,26	101660,35	5373,29	258240,28	432568,90	1,00	0,08	1,00
5	ÁLVARO WEYNE	40739,22	162998,46	2906,01	505888,73	790046,45	1,00	0,09	1,00
6	AMADEU FURTADO	15218,91	113667,15	7430,86	380299,62	580454,91	1,00	0,24	1,00
7	ANCURI	71604,66	150509,29	4235,65	24170,95	306017,73	1,00	0,05	1,00
8	ANTÔNIO BEZERRA	73821,91	216844,00	8875,87	583946,97	979752,52	1,00	0,09	1,00
9	AUTRAN NUNES	32288,98	66332,92	1220,54	165257,74	288812,23	1,00	0,03	1,00
10	BARRA DO CEARÁ	106853,18	388217,73	8172,52	632719,52	1316406,61	2,00	0,05	1,00
11	BARROSO	127862,53	226706,54	5299,19	341091,86	773912,24	2,00	0,05	1,00
12	BELA VISTA	35851,11	105596,59	9747,39	381548,61	582871,09	1,00	0,12	1,00
13	BENFICA	49489,90	353993,15	20086,64	652052,40	1271584,22	1,00	0,29	1,00
14	BOA VISTA	300860,52	255958,42	6251,26	276969,77	844313,42	1,00	0,10	1,00
15	BOM FUTURO	7376,61	90129,11	1749,93	169687,18	319463,16	1,00	0,16	1,00
16	BOM JARDIM	60892,33	165855,51	5122,47	583997,80	886298,95	1,00	0,03	1,00
17	BONSUCESSO	52558,61	252285,88	4576,44	664410,31	1099100,70	1,00	0,06	1,00
18	CAIS DO PORTO	169207,53	322136,72	5204,58	230965,62	836042,05	1,00	0,05	1,00
19	CAJAZEIRAS	103129,72	282720,61	18116,07	345176,77	875071,95	1,00	0,15	1,00
20	CAMBEBA	517516,06	205732,13	7227,32	406646,75	1004010,31	1,00	0,41	1,00
21	CANINDEZINHO	219106,54	131610,23	1981,07	360576,88	682540,32	1,00	0,03	1,00
22	CARLITO PAMPLONA	19696,15	232110,85	3637,41	462716,21	847404,02	1,00	0,08	1,00
23	CIDADE 2000	12326,83	44948,97	2896,65	256411,99	338649,94	1,00	0,23	1,00
24	CIDADE DOS FUNCIONÁRIOS	101188,91	337129,96	17791,47	748537,70	1363457,23	1,00	0,38	1,00
25	COAÇÚ	236191,99	62695,68	574,50	129569,41	348264,99	1,00	0,09	1,00
26	COCÓ	115504,48	341295,65	49400,59	1886337,25	2565296,51	1,00	0,89	1,00
27	CONJUNTO CEARÁ I	96993,68	111296,94	3087,11	571816,92	802184,40	1,00	0,11	1,00
28	CONJUNTO CEARÁ II	71464,95	137093,18	2483,13	676798,32	934457,13	1,00	0,10	1,00
29	CONJUNTO ESPERANÇA	46493,33	56371,99	3501,42	280928,28	399373,67	1,00	0,08	1,00
30	CONJUNTO PALMEIRAS	76293,47	59112,63	2093,32	396035,70	531499,90	1,00	0,01	1,00
31	COUTO FERNANDES	137,36	41395,82	1252,56	85955,14	153834,74	1,00	0,11	1,00
32	CRISTO REDENTOR	4623,62	102297,98	581,22	381841,76	547731,50	1,00	0,04	1,00
33	CURIÓ	31984,85	57170,85	1053,66	94863,80	203433,20	1,00	0,07	1,00
34	DAMAS	63121,99	144631,37	8678,41	375136,32	650459,87	1,00	0,23	1,00
35	DE LOURDES	338597,31	45290,23	672,92	309182,13	551562,19	1,00	0,87	1,00
36	DEMÓCRITO ROCHA	16988,18	125993,42	6079,86	278547,09	497037,70	1,00	0,10	1,00
37	DENDÉ	80930,94	74538,63	325,46	273546,36	433045,73	1,00	0,12	1,00
38	DIAS MACÊDO	110900,46	100391,90	3299,18	199567,38	419886,43	1,00	0,06	1,00
39	DIONÍSIO TORRES	45896,83	516267,12	22780,33	1072636,59	1952670,45	2,00	0,72	1,00
40	DOM LUSTOSA	21146,61	121225,29	2081,62	273544,99	480176,28	1,00	0,09	1,00
41	EDSON QUEIROZ	1197298,12	756767,88	9137,16	671965,08	2488403,15	1,00	0,20	1,00
42	ELLERY	5806,53	48528,46	1507,68	204447,43	286908,16	1,00	0,13	1,00
43	FARIAS BRITO	47495,98	487631,95	24836,91	1357193,88	2195767,36	1,00	0,44	1,00
44	FÁTIMA	67856,04	236319,33	12109,99	335904,26	764834,90	1,00	0,19	1,00
45	FLORESTA	53884,47	166455,78	5747,33	330907,23	631652,41	1,00	0,04	1,00
46	GENIBAU	10077,64	88884,74	841,50	125593,46	273297,00	2,00	0,03	1,00
47	GRANJA LISBOA	368099,56	187780,61	8873,87	906360,69	1403091,09	2,00	0,03	1,00
48	GRANJA PORTUGAL	87431,22	147790,35	4713,53	615358,62	901555,40	2,00	0,03	1,00
49	GUAJERU	177730,82	84503,49	1288,97	144163,03	369438,45	1,00	0,11	1,00
50	HENRIQUE JORGE	49257,06	208901,22	5239,19	648170,14	1013281,92	1,00	0,09	1,00
51	ITAOCA	44992,99	111901,12	5066,95	290094,42	498570,15	1,00	0,11	1,00
52	ITAPERI	247842,02	191852,44	4585,07	625890,29	1062146,94	1,00	0,16	1,00
53	JÓQUEI CLUBE	86777,20	275977,15	2976,03	614100,38	1101024,54	1,00	0,14	1,00
54	JACARECANGA	31214,71	247329,63	4328,08	364410,62	780153,73	1,00	0,15	1,00
55	JANGURUSSU	539185,21	308711,98	10500,33	1168082,32	1945222,50	2,00	0,05	1,00
56	JARDIM AMÉRICA	23508,90	170142,80	6155,86	334041,29	626110,61	1,00	0,14	1,00
57	JARDIM CEARENSE	101153,48	88378,53	2654,23	275218,78	470537,61	1,00	0,14	1,00
58	JARDIM DAS OLIVEIRAS	78953,61	125116,49	4936,63	535752,50	782013,77	1,00	0,07	1,00
59	JARDIM GUANABARA	17686,33	100855,78	2776,43	344781,50	518399,88	1,00	0,08	1,00
60	JARDIM IRACEMA	44984,49	120541,70	5210,46	484130,66	706568,84	1,00	0,06	1,00
61	JOÃO XXIII	18317,75	112957,78	2161,28	395703,17	587901,35	1,00	0,06	1,00
62	JOAQUIM TÁVORA	93852,39	424805,51	33418,34	1031872,47	1807374,59	1,00	0,35	1,00
63	JOSÉ BONIFÁCIO	37469,60	263834,22	12295,98	400622,36	858404,18	1,00	0,27	1,00
64	JOSÉ DE ALENCAR	320078,95	180111,95	5058,08	450026,60	904486,42	1,00	0,31	1,00
65	LAGOA REDONDA	1570046,68	147561,19	2490,57	502356,42	1525962,06	1,00	0,09	1,00

Nº	Bairro	Áreas Terrenos	Áreas Comerciais	Áreas Prestadores de serviço	Áreas Residências	Al x UI	FC	ZU	CF
66	MANOEL SÁTIRO	48836,83	107359,12	2422,88	400101,21	599073,01	2,00	0,08	1,00
67	MANUEL DIAS BRANCO	687364,56	76623,92	1508,47	174963,16	642875,94	1,00	0,29	1,00
68	MARAPONGA	164947,36	155687,87	3349,65	385409,38	720752,72	1,00	0,20	1,00
69	MEIRELES	64520,08	870335,24	40571,53	4076535,10	5557136,90	2,00	1,00	1,00
70	MESSEJANA	245610,94	552725,16	22627,87	1432758,44	2470375,23	1,00	0,12	1,00
71	MONDUBIM	384127,54	440418,08	13276,25	1260154,33	2173592,08	2,00	0,08	1,00
72	MONTE CASTELO	29901,78	90673,79	3343,90	334478,79	498917,81	1,00	0,13	1,00
73	MONTESE	22360,05	381323,55	21412,59	725283,56	1376814,05	2,00	0,17	1,00
74	MUCURIBE	15153,42	116584,71	15992,47	946992,48	1165366,91	1,00	0,73	1,00
75	PADRE ANDRADE	40250,18	267475,77	3094,95	264713,36	715045,89	1,00	0,11	1,00
76	PANAMERICANO	12523,84	65345,39	1649,81	216831,80	329616,09	1,00	0,10	1,00
77	PAPICU	147948,47	689061,44	20229,67	813765,00	2015512,10	1,00	0,36	1,00
78	PARANGABA	169489,79	504720,42	19436,28	919903,75	1838057,80	1,00	0,16	1,00
79	PARQUE ARAXÁ	12240,03	67007,79	2911,87	222006,32	339298,59	1,00	0,22	1,00
80	PARQUE DOIS IRMÃOS	264991,23	167928,61	4300,96	699513,19	1105853,82	1,00	0,09	1,00
81	PARQUE IRACEMA	314767,68	126870,17	1490,61	728462,28	1089939,76	1,00	0,40	1,00
82	PARQUE MANIBURA	137769,00	200530,56	3988,86	300683,89	694754,27	1,00	0,40	1,00
83	PARQUE PRESIDENTE VARGAS	96213,35	18254,75	3459,71	111678,08	194310,75	1,00	0,01	1,00
84	PARQUE SANTA ROSA	75206,00	59179,46	1568,44	254299,05	388491,21	1,00	0,06	1,00
85	PARQUELÂNDIA	43288,51	241913,81	15644,22	608741,45	1039902,97	1,00	0,27	1,00
86	PARREÃO	2526,51	210895,88	8327,12	341883,32	691711,15	1,00	0,28	1,00
87	PASSARÉ	612288,12	416631,09	6767,53	897183,94	1876531,81	1,00	0,11	1,00
88	PAUPINA	553023,70	285554,46	5194,23	396482,39	1135284,66	1,00	0,07	1,00
89	PEDRAS	1561822,44	188562,50	6683,00	352410,42	1443761,99	1,00	0,05	1,00
90	PCI	3597,54	207350,78	1530,89	349083,85	683004,48	2,00	0,05	1,00
91	PLANALTO AYRTON SENNA	313198,40	178024,43	3915,84	243766,17	689650,40	1,00	0,04	1,00
92	PRAIA DE IRACEMA	11809,64	148085,00	19465,08	217018,22	489327,67	1,00	0,49	1,00
93	PRAIA DO FUTURO I	518185,30	70604,11	4116,75	161874,64	539773,46	1,00	0,17	1,00
94	PRAIA DO FUTURO II	255757,01	73831,25	1113,87	134773,03	381814,28	1,00	0,07	1,00
95	PREFEITO JOSÉ WALTER	208271,99	233951,96	8414,64	1375870,05	1865368,94	1,00	0,11	1,00
96	PRESIDENTE KENNEDY	47671,88	407582,90	3928,42	639571,87	1317710,81	1,00	0,16	1,00
97	QUINTINO CUNHA	40896,69	107962,96	4359,06	449597,17	648637,53	2,00	0,06	1,00
98	RODOLFO TEÓFILO	42656,77	258950,70	9431,38	492358,76	940414,65	1,00	0,17	1,00
99	SABIAGUABA	57730,05	13298,32	605,96	67199,40	118172,23	1,00	0,09	1,00
100	SALINAS	42790,54	66791,11	281,45	199630,51	327671,15	1,00	0,44	1,00
101	SÃO BENTO	236909,59	40516,63	1612,27	173429,63	358869,38	1,00	0,06	1,00
102	SÃO GERARDO	106045,52	187796,02	8653,78	664524,33	1029902,27	1,00	0,32	1,00
103	SÃO JOÃO DO TAUAPE	93239,95	247974,95	21930,03	841696,41	1317465,30	1,00	0,19	1,00
104	SAPIRANGA/COITÉ	119970,06	304223,18	12589,53	701799,55	1265516,79	1,00	0,19	1,00
105	SERRINHA	153181,08	232868,47	7938,47	507223,03	966696,60	1,00	0,08	1,00
106	SIQUEIRA	414677,77	110863,52	2503,30	388436,87	776029,00	1,00	0,03	1,00
107	VARJOTA	8369,34	118247,66	6811,71	369152,15	572181,22	1,00	0,56	1,00
108	VICENTE PINZON	232425,55	159557,99	13017,40	737920,55	1128528,20	1,00	0,13	1,00
109	VILA PERI	80951,48	190919,54	6833,88	501131,80	856035,48	1,00	0,08	1,00
110	VILA UNIÃO	10620,87	229712,78	9455,08	407366,73	792954,06	1,00	0,20	1,00
111	VILA VELHA	86451,90	250277,97	4920,85	848101,92	1297093,99	1,00	0,07	1,00
112	OUTROS	1554830,44	3789788,22	234318,62	4733016,83	11908761,93	1,00	0,23	1,00