



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDERSON DO NASCIMENTO SOUSA

**INDICADORES SOCIOECONÔMICOS, GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DA CIDADE DE TERESINA-PI: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO MUNICIPAL**

Recife

2018

ANDERSON DO NASCIMENTO SOUSA

**INDICADORES SOCIOECONÔMICOS, GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DA CIDADE DE TERESINA-PI: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO MUNICIPAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Geotecnia

Orientador: Profº. Dr. José Fernando Thomé Jucá

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

S725i

Sousa, Anderson do Nascimento.

Indicadores socioeconômicos, geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina-PI: uma contribuição para gestão municipal./ Anderson do Nascimento Sousa - 2018.

222folhas, Il., Tab.; Abre. e Sigl.

Orientador (a): Prof^o. Dr. José Fernando Thomé Jucá.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Indicadores de gestão. 3. PNRs. 4. Geração de RSD.
5. Composição de RSD. I. Jucá, José Fernando Thomé. (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-378



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

**INDICADORES SOCIOECONÔMICOS, GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DA CIDADE DE TERESINA-PI: UMA
CONTRIBUIÇÃO PARA GESTÃO MUNICIPAL**

defendida por

Anderson do Nascimento Sousa

Considera o candidato APROVADO

Recife, 17 de agosto de 2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá – UFPE
(orientador)

Prof. Dr. Mário Augusto Tavares Russo – IPVC
(examinador externo)

Prof.^a Dr.^a Luciana de Figueirêdo Lopes Lucena– UFRN
(examinadora externa)

*A Deus, pelas oportunidades,
À minha família, e a minha pequena, pelo carinho, compressão e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela saúde, pelas oportunidades e pelo privilégio de ter me concebido em uma família a qual me deu toda estrutura e apoio necessários para que eu tivesse condições de chegar até aqui.

À minha mãe, por sua maneira aguerrida e atenciosa, meu exemplo de vida e minha fortaleza, responsável pela pessoa que sou. Agradeço por sempre ter acreditado em mim.

Aos meus irmãos, André e Arycélia, segundos pais, por sempre cuidarem de mim, e pelo apoio e incentivo em todas minhas empreitadas.

À minha pequena, Roseanny, pelo companheirismo e amor, capaz de superar até mesmo à distância, sempre compreendendo minhas ausências, dando-me fôlego e acalento nos momentos difíceis.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado e compreenderam minha ausência neste período, em especial ao Carlos Eduardo, por ter me incentivado a ingressar no mestrado, e ao Alex, pela paciência e auxílio na parte de geoprocessamento da pesquisa.

Ao meu orientador, professor e mentor, Jucá, por quem nutro profunda admiração e respeito. Sempre disposto a ouvir, ajudar e ensinar. Agradeço pela paciência, atenção e confiança depositada desde minha entrada no programa.

Ao Leonardo Madeira Martins, que desde a graduação sempre está disponível para me auxiliar em minhas empreitadas acadêmicas, tendo contribuído bastante na realização da pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, que repassaram seus conhecimentos e desenvolveram meu aprendizado da melhor forma possível, contribuindo para meu amadurecimento acadêmico, profissional e pessoal.

À ACAPI (Associação do Comércio Agropecuário do Piauí), em especial ao Jorge, pela atenção e disponibilização do Galpão para a realização das atividades de campo da pesquisa no Aterro, e também aos funcionários da ACAPI, Nonato e Eurípedes, pela paciência e auxílio.

À SEMDUH (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação), em particular ao Secretário Vicente Moreira, pela autorização da pesquisa e acesso a todas as informações solicitadas, e também a Michelly e ao Robispierre pela receptividade nas solicitações encaminhadas.

À Agespisa pela disponibilização dos dados de água e esgoto da cidade de Teresina, em especial ao senhor Silva pela receptividade e disponibilidade na coleta de informações e explicações.

À Eletrobrás Piauí pela disponibilização do consumo de energia da cidade de Teresina, em Especial ao Adaildo, Gerente do Setor de Cadastros e Leitura de Medidores, pela agilidade e atenção no atendimento das demandas solicitadas.

À Litucera pelo apoio operacional nas atividades desenvolvidas no Aterro Controlado de Teresina, em especial ao Silvaney, por autorizar o suporte, ao Eduardo, por acompanhar e orientar as atividades, ao Zé Filho por conduzir o acesso junto aos catadores e interceder junto aos funcionários do aterro, e ao Osmir por operacionalizar junto ao tráfego a seleção das rotas para a pesquisa.

RESUMO

Diante do atual cenário da gestão dos resíduos sólidos no Brasil, onde pouco se desenvolveu os preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e em especial aos resíduos sólidos domiciliares (RSD), mais próximos da sociedade e de maior visibilidade por parte do poder público, faz-se necessário além do diagnóstico da geração e composição desses resíduos, o desenvolvimento de indicadores que permitam o planejamento e a formulação de estratégias mais eficientes e alinhadas com os preceitos da PNRS. O objetivo geral desse trabalho foi estudar quais os indicadores influenciam na geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina, aplicando-os na melhoria da gestão dos resíduos sólidos domiciliares por meio da criação de um modelo de previsão de geração de resíduos e da proposição de distritos operacionais para otimização das rotas de coleta. Para realização desta pesquisa foram coletados dados socioeconômicos e de consumo, que além de subsidiar a escolha de 31 setores de coleta, foram submetidos a técnicas de geoprocessamento para a extração dos indicadores de gestão. Concomitante a essa atividade, também houve uma atividade de campo para a obtenção da composição gravimétrica desses setores. De posse dos indicadores e da composição gravimétrica dos setores, foi realizada uma análise estatística, que teve por objetivo dois pontos principais: agrupar os setores de coleta selecionados em distritos de características comuns, em um primeiro momento de acordo com os indicadores de gestão, e em seguida pela composição gravimétrica, e, a partir dos indicadores levantados, propor uma equação de previsão de geração per capita dos resíduos. Com base na análise estatística, constatou-se que os indicadores que melhor correlacionam-se com a geração per capita, em ordem hierárquica decrescente são: população, consumo de água per capita, consumo de energia per capita, renda per capita e renda domiciliar. O modelo delimitado na pesquisa estima a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares através dos preditores geração total diária do setor de coleta do domicílio, renda domiciliar, consumo de água per capita e consumo per capita de energia com um erro padrão de $\pm 0,119$ kg/hab.dia. Já em relação à setorização dos setores de coleta selecionados para a pesquisa foram propostos dois modelos, sendo o primeiro, baseado nos indicadores socioeconômicos e de consumo, constituído por 6 distritos que agrupavam setores de coleta com características comuns, e o segundo, baseado na composição gravimétrica dos resíduos, composto por 5 distritos que agrupavam setores de percentuais gravimétricos das frações gerenciais semelhantes. Dessa forma, a presente pesquisa atendeu a seus objetivos de maneira satisfatória, sendo capaz de auxiliar na condução de uma gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Teresina mais alinhados com a PNRS. As principais contribuições da pesquisa em relação aos preceitos da PNRS foram a caracterização dos RSD, diagnóstico dos fatores que influenciam nessa caracterização e as variações nas regiões da cidade, e por fim, a proposição de um sistema de previsão de geração que pode ser aplicado na tarifação desses serviços, atendendo o princípio do poluidor pagador.

Palavras-chave: Indicadores de gestão. PNRS. Geração de RSD. Composição de RSD.

ABSTRACT

In the current scenario of solid waste management in Brazil, a little has been developed regarding the precepts of the National Solid Waste Policy (PNRS) and the Household Solid Waste (HSW) which are closer to society and have a greater visibility by the public power. Therefore, besides the diagnosis of the generation and composition of these wastes, it is also necessary to develop indicators that allow the planning and formulation of strategies that are more efficient and aligned with the precepts of the PNRS. The general objective of this study was to study which indicators influence the generation and composition of household solid waste in the city of Teresina, applying them to improving the management of solid household waste by creating a model for predicting waste generation and proposing operational districts to optimize collection routes. In order to carry out this research, socioeconomic and consumer data were collected, which were used to subsidize the choice of 31 collection sectors, and in addition, they were also submitted to geoprocessing techniques for the extraction of the management indicators. Concomitant to this activity, there was also a field work to obtain the gravimetric composition of these sectors. In possession of the indicators and the gravimetric composition of the sectors, a statistical analysis was performed, which had two main points: to group the selected collection sectors into districts with common characteristics according to the management indicators and then, according to the gravimetric composition; and, from the indicators raised, to propose an equation of prediction of waste generation per capita. Based on the statistical analysis, it was found that the indicators that are best correlated with the generation per capita, in descending hierarchical order are: population, per capita water consumption, per capita energy consumption, per capita income and household income. The model delimited in the work estimates the per capita generation of domestic solid waste through the predictors of the total daily generation of household collection, household income, water consumption per capita and energy consumption per capita with a standard error of ± 0.119 kg / inhab.day. Regarding the sectorization of the selected collection sectors for the research, two models were proposed. The first one, based on socioeconomic and consumption indicators, is constituted by 6 districts that grouped collection sectors with common characteristics, and the second is based on the gravimetric composition and is composed of 5 districts that grouped sectors of gravimetric percentages of similar management fractions. Therefore, the present research fulfilled its goals in a satisfactory way and was able to assist to align the management of the Domestic Solid Waste of the city of Teresina with the PNRS. The main contributions of this research regarding the precepts of PNRS were the characterization of the HSW, diagnosis of the factors that influence this characterization and the variations in the regions of the city, and finally, the proposition of a system to predict the generation, which can be applied to the pricing of these services, following the polluter-pays principle.

Keywords: Management Indicators. PNRS. Generation of HSW. Composition of HSW.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas Básicos na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	26
Figura 2 - Percentuais de massa e respectivas destinações, SNIS-2016.....	28
Figura 3 - Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada	28
Figura 4 - Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia).....	29
Figura 5 - Unidades de disposição no solo, SNIS-RS 2016	30
Figura 6 - Números dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (pós 2010).....	31
Figura 7 - Massa coletada per capita segundo região geográfica, SNIS-RS 2016.....	32
Figura 8 - Espacialização da massa coletada per capita da Região Nordeste, SNIS-RS 2016	33
Figura 9 - Produção de resíduos e composição gravimétrica média dos resíduos gerados em Recife	37
Figura 10 - Composição gravimétrica dos resíduos piauienses	37
Figura 11 - Arcabouço Legal da Gestão dos RSU no Brasil	39
Figura 12 - Modelo de Gestão/Gerenciamento Convencional.....	46
Figura 13 - Modelo de Gestão/Gerenciamento com Privatização	46
Figura 14 - Natureza jurídica do órgão gestor dos RSU – SNIS-RS, 2016	47
Figura 15 - Gestão compartilhada com outros serviços de saneamento, SNIS-RS, 2016	47
Figura 16 - Órgão da Administração Municipal responsável pelos serviços de limpeza urbana	49
Figura 17 - Resíduos Sólidos Domiciliares Coletados em Teresina.....	51
Figura 18 - Localização dos PEV's e PRR's de Teresina.....	52
Figura 19 - Evolução da geração per capita de resíduos e do PIB no Brasil	57
Figura 20 - Comparação da tipologia dos resíduos gerados com a renda dos Países	57
Figura 21 - Resultado por região da cobrança pelos serviços de Manejo de RSU	64
Figura 22 - Componentes do Diagrama de Caixa.....	68
Figura 23 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa.....	72
Figura 24 - Mapa de Localização da Cidade de Teresina.....	73
Figura 25 - RIDE Grande Teresina	75
Figura 26 - Organização Político-Administrativa de Teresina, IBGE.....	76
Figura 27 - Subzonas de Teresina	79
Figura 28 - Seções de Frequência de Coleta.....	83
Figura 29 - Setores de Coleta Selecionados	88
Figura 30 - Setores Censitários dos Setores de Coleta Selecionados	90
Figura 31 - Setores de Coleta Selecionados e Bairros utilizados - IPTU	94
Figura 32 - Setores de Coleta Selecionados – Área construída	95
Figura 33 - Distritos operacionais de água e esgoto de Teresina.....	98
Figura 34 - Distritos operacionais da Eletrobrás	100
Figura 35 - Metodologia de caracterização dos resíduos por quarteamento	102
Figura 36 - Processo de Amostragem dos RSU	104
Figura 37 - Processo de Triagem dos RSU.....	107
Figura 38 - Características da subcategoria Restos	108

Figura 39 - Distribuição da população nos setores de coleta selecionados em 2017.....	113
Figura 40 - Distribuição da população versus Densidade demográfica em 2017.....	114
Figura 41 - População e Densidade Demográfica dos Setores Selecionados.....	115
Figura 42 - Renda domiciliar e renda per capita dos setores de coleta selecionados - Subzonas.....	116
Figura 43 - Renda domiciliar e renda per capita dos setores de coleta selecionados – Classe Social.....	117
Figura 44 - Renda Domiciliar e Renda per capita dos Setores Selecionados.....	118
Figura 45 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta - Subzonas.....	119
Figura 46 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta – Classes Sociais.....	120
Figura 47 - Resultados de Água e Esgoto para os setores atendidos por esgotamento.....	121
Figura 48 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta.....	122
Figura 49 - IPTU e Área Construída dos Setores Selecionados – Subzonas.....	123
Figura 50 - IPTU e Área Construída dos Setores Selecionados – Classes Sociais.....	124
Figura 51 - IPTU e Área Construída dos Setores de Coleta Selecionados.....	125
Figura 52 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta – Subzonas.....	126
Figura 53 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta – Classes Sociais.....	127
Figura 54 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta.....	128
Figura 55 - Geração e Geração per capita dos Setores de Coleta – Subzonas.....	129
Figura 56 - Geração e Geração per capita dos Setores de Coleta – Classe Social.....	130
Figura 57 - Geração total e geração per capita dos Setores Selecionados.....	131
Figura 58 - Relação da geração per capita com os Indicadores de Gestão (Socioeconômicos).....	132
Figura 59 - Relação da geração per capita com os Indicadores de Gestão (Consumo).....	133
Figura 60 - Diagrama de Caixa dos Indicadores Socioeconômicos.....	136
Figura 61 - Diagrama de Caixa dos Indicadores Socioeconômicos.....	137
Figura 62 - Diagrama de Caixa dos Indicadores de Consumo.....	138
Figura 63 - Diagrama de Declividade.....	141
Figura 64 - Diagrama de Fatores - componente 1(47,71%) versus componente 2 (33,22%).....	142
Figura 65 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta.....	143
Figura 66 - Distritos de Coleta, agrupados de acordo com os Indicadores de Gestão.....	145
Figura 67 - Peso específico úmido (não compactado) dos setores de coleta – Subzona.....	146
Figura 68 - Peso específico úmido (não compactado) dos setores de coleta – Classe Social.....	147
Figura 69 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos domiciliares de Teresina.....	148
Figura 70 - Classes principais da composição gravimétrica dos setores analisados.....	149
Figura 71 - Composição gravimétrica detalhada de Teresina.....	150
Figura 72 - Composição Gravimétrica das Subzonas de Teresina.....	151
Figura 73 - Resíduos contaminantes encontrados na pesquisa.....	152
Figura 74 - Resíduos de serviços de saúde encontrado no setor de coleta 03-09.....	153
Figura 75 - Lâmpadas e Recipientes de óleo.....	154
Figura 76 - Volume anormal de resíduos de jardim.....	155
Figura 77 - Resíduos minerais não metálicos presentes na composição dos setores de coleta.....	156
Figura 78 - Composição gravimétrica gerencial das Subzonas de Teresina.....	157

Figura 79 - Composição gravimétrica dos setores de Teresina, agrupados por classe socioeconômica.....	159
Figura 80 - Histograma das classes gerenciais de resíduos	162
Figura 81 - Histograma das Classes principais de resíduos.....	163
Figura 82 - Histograma das Classes principais de resíduos (Continuação).....	164
Figura 83 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica gerencial	168
Figura 84 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica principal.....	169
Figura 85 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica principal (Continuação)	170
Figura 86 - Diagrama de Declividade	172
Figura 87 - Diagrama de Fatores - componente 1(40,83%) versus componente 2 (31,65%)	173
Figura 88 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta	175
Figura 89 - Distritos de Coleta, agrupados de acordo com a composição dos RSD.....	177
Figura 90 - Histograma dos resíduos da regressão	180
Figura 91 - Gráfico PP e Gráfico de dispersão da modelo	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do índice de ocorrência do serviço de coleta seletiva	24
Tabela 2 - Componentes mais comuns da composição gravimétrica	35
Tabela 3 - Composição gravimétrica simplificada dos RSU em diversos países	36
Tabela 4 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil.....	36
Tabela 5 - Modelos Institucionais de gestão de resíduos.....	44
Tabela 6 - Formas de Gestão dos Resíduos Sólidos	45
Tabela 7 - Planos de Resíduos Sólidos	48
Tabela 8 - Relação de empresas compradoras de material reciclável em Teresina	53
Tabela 9 - Índices da PGR.....	66
Tabela 10 - Metodologia de cálculo da TCRD	66
Tabela 11 - Informações Populacionais de Teresina	74
Tabela 12 - Regiões Administrativas de Teresina	78
Tabela 13 - Setores Selecionados e Bairros Contemplados.....	86
Tabela 14 - Características dos setores selecionados.....	87
Tabela 15 - Categorização das classes sociais	92
Tabela 16 - Categorias e subcategorias dos RSU	106
Tabela 17 - Teste de Normalidade dos Indicadores Analisados	134
Tabela 18 - Resumo da Estatística Descritiva dos indicadores analisados	135
Tabela 19 - Correlação dos indicadores com a geração per capita	139
Tabela 20 - Comunalidade das Variáveis do Modelo.....	140
Tabela 21 - Cargas dos Componentes	141
Tabela 22 - Distritos de Coleta propostos para a cidade de Teresina	144
Tabela 23 - Teste de Normalidade das Frações analisadas	160
Tabela 24 - Teste de Normalidade das Frações analisadas	161
Tabela 25 - Percentuais das subcategorias segundo histogramas	164
Tabela 26 - Estatística descritiva das classes da composição gravimétrica principal e gerencial.....	165
Tabela 27 - Estatística descritiva das subclasses da composição gravimétrica detalhada	167
Tabela 28 – Valores discrepantes por setores	171
Tabela 29 - Comunalidade das Variáveis do Modelo.....	172
Tabela 30 - Cargas dos Componentes	173
Tabela 31 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta	176
Tabela 32 - Iterações de Ajuste do Modelo de Regressão	179
Tabela 33 - Modelo de Regressão Ajustado	179

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACP	Análise de Componentes Principais
AU	Área Urbana
CELIMP	Coordenação de Limpeza Pública
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
GRS	Grupo de Resíduos Sólidos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDS	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISLU	Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PET	Plástico Polietileno Tereftalato
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	População Urbana
PVC	Policloreto de Vinila
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SDU	Superintendência de Desenvolvimento Urbano
SELUR	Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo
SEMDUH	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFPE Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	OBJETIVOS	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	COLETA E DESTINAÇÃO FINAL.....	23
3.2	GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	30
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	33
3.4	ASPECTOS LEGAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	38
3.5	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	43
3.6	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA	48
3.7	INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	54
3.8	RELAÇÃO ENTRE GERAÇÃO E COBRANÇA DOS SERVIÇOS DO MANEJO DOS RSD.....	61
3.8.1	Importância da Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD	61
3.8.2	Aplicabilidade de Taxa nos Serviços de Manejo dos RSD.....	62
3.8.3	Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD.....	63
3.8.4	Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD em Teresina.....	65
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	67
3.9.1	Estatística descritiva	67
3.9.2	Correlação estatística	68
3.9.3	Análise de Componentes Principais (ACP)	69
3.9.4	Regressão Linear	70
4	METODOLOGIA.....	71
4.1	ÁREA DE ESTUDO	73
4.1.1	Localização	73
4.1.2	Perfil Municipal	73
4.1.3	Caracterização da Coleta	82
4.2	GEOPROCESSAMENTO.....	84
4.3	SELEÇÃO DOS SETORES PARA A PESQUISA	85
4.4	INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	89
4.4.1	População.....	91

4.4.2	Renda	91
4.4.3	IPTU e Área Construída	93
4.5	INDICADORES DE CONSUMO	96
4.5.1	Consumo de água e Coleta de esgoto	96
4.5.2	Consumo de energia	99
4.6	INDICADORES DE GERAÇÃO.....	101
4.6.1	Geração total	101
4.6.2	Geração <i>per capita</i>	101
4.7	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS.....	102
4.7.1	Peso específico	104
4.7.2	Composição gravimétrica	105
4.7.3	Análise do Potencial de Aproveitamento	109
4.8	TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	110
4.8.1	Estatística Descritiva	110
4.8.2	Teste de Correlação	111
4.8.3	Análise de Componentes Principais (ACP)	111
4.8.4	Modelo de Regressão Linear Múltipla.....	112
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	113
5.1	INDICADORES DE GESTÃO DE TERESINA	113
5.1.1	População e Densidade demográfica.....	113
5.1.2	Renda domiciliar e Renda <i>per capita</i>	116
5.1.3	Consumo de água e Coleta de esgoto	119
5.1.4	IPTU e Área Construída	123
5.1.5	Consumo de energia	126
5.1.6	Geração de resíduos domiciliares total e Geração <i>per capita</i>	129
5.1.7	Estatística Descritiva	134
5.1.8	Correlação	139
5.1.9	Análise de Componentes Principais (ACP) dos Indicadores de Gestão	140
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES POR SETOR DE COLETA.....	146
5.2.1	Peso Específico	146
5.2.2	Composição Gravimétrica	147
5.2.3	Potencial de Aproveitamento dos Resíduos Domiciliares de Teresina	156
5.2.4	Estatística Descritiva dos Resíduos Domiciliares de Teresina.....	160

5.2.5	Análise de Componentes Principais segundo as classes principais	171
5.3	MODELAGEM DA PREVISÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES	178
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	182
6.1	CONCLUSÕES	182
6.2	DIFICULDADES	183
6.3	RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS	185
	REFERÊNCIAS.....	186
	APÊNDICE A – HISTOGRAMAS DOS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E DE CONSUMO	196
	APÊNDICE B – RESULTADOS DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS SETORES DE COLETA SELECIONADOS PARA A PESQUISA.....	198
	APÊNDICE C – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES DE GESTÃO E DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA.....	212

1 INTRODUÇÃO

Ao completar oito anos de vigência, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), apesar de ter apresentado alguns avanços e ser considerada, quase por unanimidade, pelos especialistas, como uma boa legislação, ainda necessita superar diversos desafios para ser realmente efetiva e transformar a realidade da gestão dos resíduos sólidos, melhorando a qualidade de vida dos brasileiros, diminuindo os impactos ambientais e conservando os recursos naturais.

Tal constatação perdura desde a implantação da PNRS, onde, com pouco mais de dois anos de vigência, autores como Jucá *et al.* (2014b) já apontavam que com sua instituição houve o estabelecimento de uma nova política de gestão de resíduos sólidos, que apesar de prever diretrizes voltadas para a coleta, tratamento e disposição, além de formas de prevenção e redução da produção desses resíduos, ainda não foi suficiente para conseguir influenciar de forma efetiva, em curto prazo, uma mudança na realidade dos municípios brasileiros.

O conhecimento da geração e da composição dos resíduos sólidos domiciliares é de fundamental importância para o planejamento de todas as ações voltadas para todos os aspectos da gestão desses resíduos. Assim, Autores como Awasthi *et al.* (2016) apontam que o correto dimensionamento do sistema de coleta e transporte dos resíduos tem impactos significativos no custo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

Já o GRS (2013) indica que a partir do conhecimento das características dos resíduos são viabilizadas condições de aproveitamento, que uma vez implantadas, tem impactos diretos na redução dos gastos com coleta, transporte e disposição final, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e reduzindo os custos com o tratamento do passivo ambiental. Atrelado a isso, ainda há geração de emprego e renda, em função da comercialização dos materiais recicláveis no mercado.

Assim, em uma perspectiva de aproveitamento dos resíduos, Jucá *et al.* (2014a) apontam que o conhecimento da composição do resíduo permite identificação do potencial de valorização do resíduo, com a delimitação das frações recicláveis, passíveis de comercialização, matéria orgânica passível de utilização para produção de compostos orgânicos e indicador de potencial de aproveitamento energético, bem como outras frações passíveis de alguma forma de reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético.

Já de um ponto de vista geotécnico, e de destinação final, Habitzreuter (2008) e Jucá *et al.* (2014b) reportam a importância da composição para o dimensionamento e operação dos aterros sanitários, em razão de sua estreita relação com as propriedades geomecânica dos

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), bem como os parâmetros básicos dos projetos de drenagens de gases, percolados e previsão de recalques, potencial de contaminação e estabilidade de taludes.

No entanto, somente conhecer as características dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) não é suficiente para alinharmos a gestão desses resíduos ao padrão previsto na PNRS, pois a composição e a geração desses resíduos estão atreladas a uma série de variáveis, ligadas principalmente à aspectos socioeconômicos, culturais e de consumo. Nesse sentido, Romani e Segala (2014) defendem que na temática de resíduos sólidos faz-se necessário a consideração de múltiplas variáveis, acesso à informação e instrumentos para tratá-las. Dessa maneira, o planejamento e a formulação de políticas nas várias esferas de governo, devem ser subsidiados por indicadores.

Assim, Pinheiro (2010) aponta que o estudo dos indicadores que influenciam no fluxo dos resíduos sólidos urbanos contribui para melhorar diversos aspectos da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. Nesse mesmo sentido, Carvalho Júnior (2013), reporta que diversos indicadores podem influenciar na temática, como a legislação, cultura, padrão de consumo, renda, escolaridade, aspectos climáticos, características populacionais, dentre outros.

O Autor supracitado, e também autores como Campos (2012), Jucá *et al.* (2014a), Silva (2015), Bruce *et al.* (2016) e Jucá (2018) realçam ainda a importância do padrão de vida na geração e composição dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que o consumo aumenta na medida em que os padrões médios aceitáveis pela sociedade são alterados por uma mudança cultural e/ou em razão do aumento do poder aquisitivo da população.

Giacomini Filho (2008) discorre que a quantidade de resíduos sólidos urbanos constitui um importante indicador de consumismo na sociedade, e pode ser estudado através de três fatores básicos: análise dos resíduos sólidos domiciliares, produção per capita e geração dos resíduos segundo a renda social. Reforçando esse raciocínio, Carvalho Junior (2013) aponta que o padrão de vida, fator mais preponderante na geração e composição dos resíduos sólidos urbanos, também pode ser avaliado a partir de outros indicadores, como o consumo de energia elétrica, consumo de água e geração de esgoto, uma vez que esses serviços, geralmente estão presentes de forma efetiva nas áreas mais ricas dos municípios brasileiros.

Outro aspecto prescrito na PNRS, mas que de acordo com os levantamentos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) ainda precisa ser melhor explorado para uma melhor eficiência da gestão de resíduos e desenvolvimento dos preceitos da PNRS, diz respeito à cobrança dos serviços de manejo dos resíduos sólidos, de forma a não só contribuir para a sustentabilidade financeira do sistema de gestão de resíduos sólidos, como também

aplicar o caráter educativo do princípio do poluidor pagador, induzindo o usuário a repensar seu padrão de consumo, reduzindo assim o volume de resíduo gerado.

Onofre (2011) discute sobre as formas de cobrança e os parâmetros utilizados para a estimativa do resíduo produzido, indicando que pelo princípio do poluidor-pagador, o valor pago pela gestão dos resíduos deve ser proporcional ao dano provocado, no entanto, por se tratar de resíduos sólidos seria de difícil operacionalização a aferição do resíduo produzido por cada imóvel. Dessa forma, tanto no Brasil como a nível internacional, é de praxe a utilização de equações para estimativa do resíduo gerado por residência, podendo ser aplicados parâmetros como IPTU, consumo de água e energia, área construída, categoria do imóvel, dentre outros.

Em consulta ao SNIS 2016 é possível verificar que dos 1.580 municípios que discriminaram a forma de cobrança desses serviços, 86,1% dos municípios praticam a inserção de taxa específica no boleto do IPTU, seguido pela inserção no serviço de abastecimento de água, em 9,6% dos municípios. Aproximadamente 3,2% dos municípios que informaram a forma de cobrança da taxa indicaram a cobrança através de boleto específico.

No entanto, IPEA (2012) aponta que na taxa recolhida pelo IPTU não se aplica o princípio do poluidor-pagador, uma vez que a taxa não é vinculada ao volume de resíduo gerado, e assim não há o caráter educacional que incentiva aos agentes produtores de resíduos mudarem de comportamento.

Assim, qualquer cobrança que não utilize a quantidade de resíduo gerado como base de cálculo estará cumprindo a PNRS apenas de forma parcial, pois pode até garantir a sustentabilidade financeira do sistema, mas não educa/conscientiza o usuário do sistema a adequar seu padrão de consumo. Quando o princípio do poluidor-pagador não é aplicado não há a redução dos resíduos sólidos, reutilização e reciclagem (CEARÁ, 2014).

Infelizmente a realidade do município de Teresina está bem distante do cenário previsto pela PNRS. Atualmente o sistema de coleta é integralmente convencional e todos os RSD são destinados a um aterro controlado. Em relação ao aproveitamento, existe apenas um sistema de Pontos de Entrega Voluntaria (PEV) de materiais recicláveis em alguns pontos da cidade, mas, o fluxo de materiais recicláveis está veiculado a catadores autônomos (que operam nas ruas e no aterro controlado), e aos depósitos de materiais recicláveis.

A gestão de resíduos sólidos ainda é incipiente em Teresina. Tal afirmação pode ser constatada pelos resultados reportados por SELUR (2017), no ano de 2017, Teresina apresentou um Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana de 0,518, ficando assim com uma classificação “D”, segunda pior do ISLU, numa classificação decrescente de “A” e “E”.

Nos últimos anos houve uma mobilização do poder público municipal para modificação dessa realidade, sendo assim constituídos dois importantes avanços, o primeiro através da instituição da Taxa de Serviços de Coleta, Transporte e Disposição Final de Resíduos Sólidos Domiciliares (TCRD), por meio da Lei nº 4.974, de 26 de dezembro de 2016, e o segundo através da instituição e regulamentação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Teresina, por meio do Decreto nº 17.644, de 23 de março de 2018, que contempla as exigências mínimas da PNRS.

No entanto apesar desse empenho, a realidade do município ainda é bastante preocupante. Conforme levantamento recente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), no Ranking da Universalização do Saneamento, publicado em 2018, Teresina ficou no penúltimo lugar dentre as capitais brasileiras, ficando à frente apenas de Porto Velho (RO), resultado impulsionado principalmente pela área de resíduos sólidos, em especial a destinação final desses resíduos.

Assim, este trabalho visa contribuir para a melhoria da gestão dos resíduos sólidos da cidade de Teresina, em um primeiro momento, identificando a geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares do município, a partir da amostragem das menores unidades possíveis, os setores de coleta, onde foram escolhidos 31 setores, que correspondem a 39,56% da população urbana de Teresina.

Concomitante a isso, foram levantados dados socioeconômicos (população, densidade e renda), IPTU, área construída e dados relativos ao padrão de consumo (consumo de água, coleta de esgoto e consumo de energia), os quais foram tratados estatisticamente, gerando indicadores que foram correlacionados com a geração de RSD, trazendo assim importantes informações preditoras da geração de resíduos, além caracterizar esses setores, possibilitando assim a delimitação de ações mais ajustadas às realidades distintas presentes no município.

De posse dessas informações, foram modeladas duas propostas de agrupamento para os setores da cidade de Teresina, uma com base nos indicadores gerados e outra com base na composição dos resíduos, de forma a subsidiar a criação de unidades (distritos) de coleta que receberiam abordagem mais próximas das realidades existentes, aumentando assim a eficiência da gestão dos resíduos na capital.

E por fim, foi proposta uma formulação mais próxima dos preceitos do princípio do poluidor pagador, buscando assim que a cobrança dos serviços de manejo de resíduos, além de contribuir com a sustentabilidade financeira do sistema, exerça seu papel educativo, fazendo com que a população repense seus padrões de consumo, reduzindo assim o volume de resíduo gerado, além de contribuir para a conservação dos recursos naturais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho foi estudar quais os indicadores influenciam na geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina, aplicando-os na melhoria da gestão dos resíduos sólidos domiciliares por meio da criação de um modelo de previsão de geração de resíduos e da proposição de distritos operacionais para otimização das rotas de coleta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos a serem atingidos são:

- Extrair, a partir do mosaico urbano teresinense, setores de coleta que representem as mais diversas realidades da cidade de Teresina.
- Analisar os indicadores socioeconômicos e de consumo que influenciam na geração de resíduos sólidos domiciliares na cidade de Teresina, com base nos setores de coleta selecionados para a pesquisa;
- Determinar a geração total e per capita dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina, com base nos setores de coleta selecionados para a pesquisa;
- Determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina, com base nos setores de coleta selecionados para a pesquisa;
- Desenvolver uma equação de previsão de geração de resíduos sólidos domiciliares nos domicílios de Teresina, com base nos indicadores estudados.
- Propor distritos operacionais de coleta, que congreguem setores de coleta com características similares, de maneira a otimizar o manejo de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 COLETA E DESTINAÇÃO FINAL

Segundo Awasthi *et al.* (2016) o processo de coleta dos resíduos sólidos urbanos consiste no processo de transporte dos resíduos da fonte de geradora (residências, comércio e instituições) até o ponto de tratamento ou eliminação, na forma de estação de transferência, aterros sanitários, ou ainda instalação de processamento de materiais. Nesse contexto, o gerador dos resíduos sólidos tem a responsabilidade de segregar e entregar os resíduos nos coletores municipais autorizados, de acordo com o cronograma da autoridade municipal, que deve informar aos cidadãos a frequência, forma de segregação e padrão de coleta dos resíduos.

Em relação aos tipos de coleta, o Autor supracitado delimita duas abordagens básicas para a coleta dos resíduos, que se referem à forma que o resíduo é recolhido na fonte geradora:

- Na primeira abordagem, chamada de coleta porta-a-porta, os funcionários do serviço de coleta visitam cada casa para recolher os resíduos previamente disposto na frente das residências, de acordo com a frequência de coleta disponibilizada, e padrão de segregação determinado pela autarquia municipal.
- Já na segunda abordagem, chamada de sistema de coletores comunitários, a autarquia municipal disponibiliza uma área com coletores de grande capacidade (cobertos, regularmente limpos, e com divisões para orgânicos, recicláveis e outras frações) para os moradores de determinada região do município, em um local de fácil acesso.

Jucá *et al.* (2014b) abordam que os sistemas de coleta de resíduos podem ser classificados em indiferenciada (convencional) e diferenciada (seletiva). No primeiro sistema o gerador disponibiliza os resíduos sem nenhuma separação prévia, fato que inviabiliza ou reduz as possibilidades de aproveitamento do resíduo, devido a contaminação (mistura) das frações passíveis de aproveitamento (fração orgânica e as frações recicláveis). Já o sistema de coleta diferenciada, ocorre quando há a separação prévia do resíduo, feita pelo próprio gerador, conforme a constituição ou composição do resíduo. Uma forma peculiar da coleta diferenciada é a coleta seletiva, geralmente focada em materiais potencialmente recicláveis.

Um aspecto muito importante em relação à coleta dos resíduos sólidos, discutido nos trabalhos de Awasthi *et al.* (2016) e Jucá *et al.* (2014b), diz respeito ao dimensionamento dos sistemas de coleta de acordo com a composição dos resíduos, características socioeconômicas da população atendida e as tecnologias de tratamento adotadas, pois no mosaico urbano de todas

as cidades, as fontes geradoras estão localizadas de forma heterogênea, e possuem características distintas na geração e composição, causando um aumento nos custos de coleta e transportes dos resíduos.

Awasthi *et al.* (2016) apontam que o correto dimensionamento do sistema de coleta e transporte dos resíduos tem impactos significativos no custo do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, a capacidade dos caminhões deve ser dimensionada de acordo com as distâncias percorridas e potencial de geração da população atendida. Ou ainda, se os resíduos recolhidos possuem percentuais significativos de materiais de baixa densidade, é recomendável a adoção de carros compactadores, e assim por diante.

No Brasil, a abordagem mais utilizada é a coleta porta-a-porta, no entanto, diversos municípios utilizam a abordagem de coletores comunitários para a coleta de materiais recicláveis. A coleta porta-a-porta é realizada por meio de caminhões compactadores que percorrem setores de coleta predeterminados pela autoridade municipal, recolhendo os resíduos de forma indiferenciada (coleta convencional), forma mais comum nos municípios brasileiros, como se observa na Tabela 4, e em segundo plano figura a coleta de frações específicas (coleta diferenciada), uma vez que alguns municípios brasileiros já praticam através da coleta seletiva de materiais recicláveis.

Na Tabela 1 observa-se que, em termos percentuais, a coleta dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é feita majoritariamente através do sistema de coleta indiferenciado, e nos últimos anos esse percentual manteve-se praticamente estável, registrando inclusive retrocessos do ano de 2015 para o ano de 2016.

Tabela 1 - Evolução do índice de ocorrência do serviço de coleta seletiva

Situação quanto à existência de coleta seletiva	Quantidade de municípios				Em percentuais			
	Ano 2013	Ano 2014	Ano 2015	Ano 2016	Ano 2013	Ano 2014	Ano 2015	Ano 2016
Municípios COM col. seletiva	1.161	1.322	1.256	1.215	20,8	23,7	22,5	21,8
Municípios SEM col. Seletiva	2.411	2.443	2.264	2.445	43,3	43,9	40,6	44,1
Sem informação	1.998	1.805	2.050	1.900	35,9	32,4	36,8	34,1
Total	<i>5.570</i>	<i>5.570</i>	<i>5.570</i>	<i>5.570</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Fonte: Adaptado de Brasil (2018).

Antes de falar em destinação final, é necessário observar a hierarquização das ações estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que estabelece como objetivos básicos: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos

rejeitos. Logo, observa-se que a disposição final dos resíduos sólidos é a última das medidas adotadas na gestão dos resíduos sólidos urbanos, de acordo com as diretrizes legais brasileira.

Tomando essa linha de raciocínio, GRS (2013) defende que o aproveitamento dos resíduos, conforme as diretrizes da PNRS, tem várias consequências positivas nas esferas social, econômica e ambiental. Podem ser citados como impactos diretos a redução dos gastos com coleta, transporte e disposição final, e o aumento da vida útil dos aterros sanitários, reduzindo os custos com o tratamento do passivo ambiental, bem como a geração de emprego e renda, em função da comercialização dos materiais recicláveis no mercado, além de outros impactos, não tangíveis, mas perfeitamente quantificáveis por técnicas de valoração adequadas.

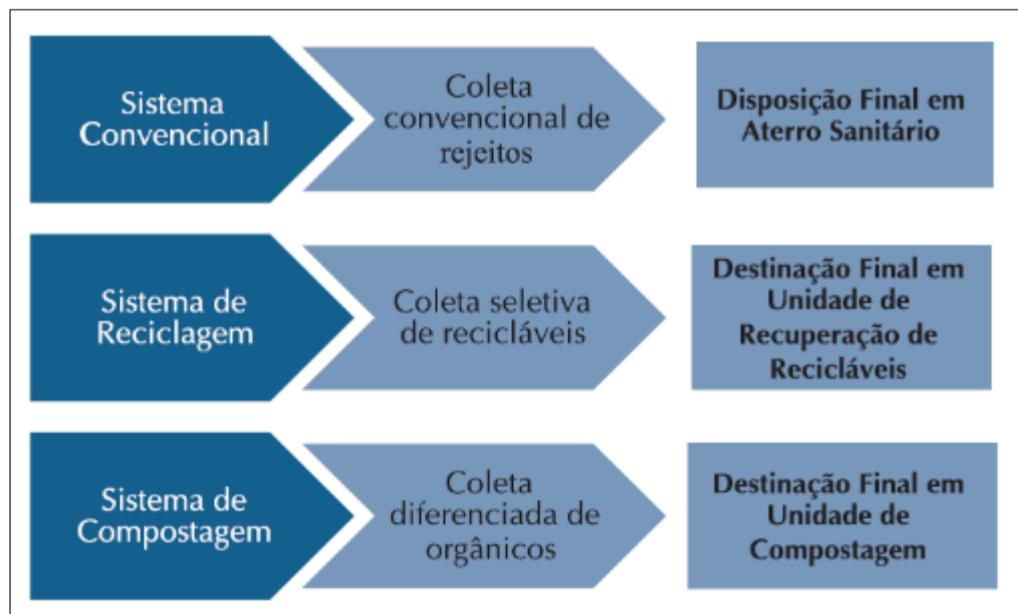
Logo, como alternativas de aproveitamento, o Autor supracitado lista soluções – as alternativas enumeradas também estão de acordo com as soluções descritas por Awasthi *et al.* (2016), obra voltada para gestão de resíduos nos países em desenvolvimento –, que compõe a matriz básica de um processo de gestão integrada de resíduos sólidos coerente com a política nacional, lembrando que estas soluções só são possíveis, técnica e economicamente, através de uma segregação e coleta coerentes com a tecnologia adotada, listadas a seguir:

- (a) **Triagem:** é uma etapa intermediária da cadeia produtiva da reciclagem de resíduos que fornece às indústrias recicladoras um resíduo segregado, limpo e beneficiado. Seu desempenho depende diretamente do sistema de coleta utilizado pelo município, e quanto melhor a qualidade da segregação dos resíduos na fonte, melhor o desempenho dessas unidades.
- (b) **Reciclagem:** reciclagem consiste no aproveitamento e transformação de resíduos, por meio do seu retorno à indústria, para serem beneficiados e novamente transformados em produtos comercializáveis. Entre os vários aspectos positivos da reciclagem destacam-se a preservação de recursos naturais, economia de energia, geração de trabalho e renda, e conscientização da população para as questões ambientais.
- (c) **Compostagem:** é um processo aplicável na fração orgânica dos resíduos, que consiste em um processo biológico de decomposição aeróbia da matéria orgânica, tendo como resultado final um produto que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características de produtividade, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Reduz a necessidade de fertilizantes dependentes de petróleo, aumenta o rendimento das

culturas e ajuda a reduzir as doenças e pragas das plantas, o que, por sua vez, diminui a necessidade de tóxicos pesticidas, herbicidas e fungicidas.

Dessa maneira, teríamos a princípio três caminhos básicos para o fluxo dos resíduos sólidos urbanos, conforme apresentado na Figura 1, que correlacionam o aproveitamento e a destinação final, com o tipo de coleta necessário. Diversas variações desses fluxos básicos foram trabalhadas por GRS (2013) e Jucá *et al.* (2014b), gerando o conceito de rotas tecnológicas, que pode ser definido como o conjunto de processos tecnológicos e fluxos dos resíduos, desde a sua geração até o seu destino final, no contexto de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

Figura 1 - Sistemas Básicos na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos



Fonte: (FUNASA, 2014).

Por fim temos a destinação final dos resíduos sólidos, atendida pelos aterros sanitários, que segundo a NBR 15.849/2010, consistem em uma instalação para a disposição de resíduos sólidos no solo, localizada, concebida, implantada e monitorada segundo princípios de engenharia e prescrições normalizadas, de modo a maximizar a quantidade de resíduos disposta e minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

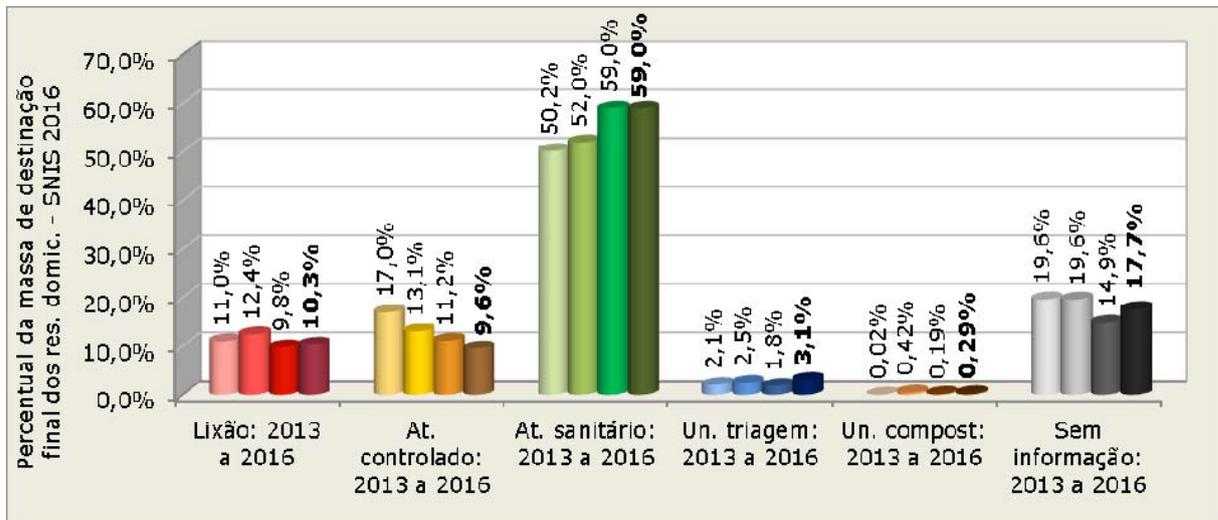
Conforme relatado em GRS (2013), a abordagem de projeto dessas estruturas sofreu alterações ao longo do tempo. A princípio, a concepção dos aterros sanitários era voltada somente para áreas de deposição final dos resíduos, mas aos poucos, essa concepção foi se moldando para uma abordagem mais moderna, na qual os aterros passam a ser considerados como uma tecnologia de tratamento dos resíduos, uma vez que ocorrem processos físicos,

químicos e biológicos. Ainda em referência ao Autor supracitado, quando bem operados, os aterros funcionam com reatores anaeróbicos, estabilizando a massa de resíduo depositada com o tempo, processo em que há liberação de metano, passível de ser aproveitado para geração de energia, aspecto que pode ser explorado em projeto, através de sistemas de captação dos gases gerados, ou ainda através da criação de células específicas para o material orgânico, com previsão de condições específicas para maximizar a geração de metano.

Jucá *et al.* (2014b) discorre que a mudança de abordagem dos aterros sanitários convencionais é explicada pelos aterros sanitários com geração de energia, que utilizam a drenagem dos gases gerados nos processos anaeróbicos e os encaminham, por meio de tubulações, bombeadas ou não, para unidades de queima e geração de energia. Nessa nova concepção de aterro, que funcionam como digestores anaeróbios, a biodegradação dos resíduos é estimulada e monitorada (através das condições de projeto e operação, composição dos resíduos e composição microbiológica dos nutrientes presentes na massa de resíduos). Essa abordagem, além do aproveitamento energético do biogás, tem como meta a redução do volume aterrado, otimizando áreas e reduzindo custos operacionais.

No âmbito brasileiro, como podemos observar na Figura 2, que remete a massa dos municípios participantes da pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), as iniciativas de aproveitamento dos resíduos, através de unidades de triagem e compostagem ainda são incipientes, havendo a predominância dos aterros sanitários, e das áreas desaprováveis tecnicamente e ambientalmente, como os lixões e aterros controlados.

Pela Figura 2, observa-se que no período de 2013 a 2016 houve uma ampliação da massa enviada para aterros sanitários, acompanhada de uma redução da massa enviada para aterros controlados, passa de 11,2% para 9,6%, evolução pouco representativa para as necessidades brasileiras, além do fato dos lixões terem aumentado de 9,8% para 10,3% de 2015 para 2016. É plausível resguardas quanto a esses dados, pois o número de municípios “Sem Informação” é bem elevado, e cresceu significativamente de 2015 para 2016.

Figura 2 - Percentuais de massa e respectivas destinações, SNIS-2016

Fonte: (BRASIL, 2018).

Na Figura 3 e 4, que remetem à disposição final dos resíduos sólidos urbanos, em função da quantidade de municípios participantes e da massa depositada, pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), também há a indicação que os aterros sanitários são a solução de tratamento predominante para os resíduos sólidos em todo o território nacional, acompanhada da massiva presença de lixões e aterros controlados, principalmente nas regiões norte e nordeste.

Assim, apesar dos dados da figura 2 (que remetem a massa depositada) indicarem uma ligeira melhoria do cenário brasileiro de 2013 para 2016, com aumento dos aterros sanitários, redução dos aterros controlados, e valores oscilando em torno de 10% para lixões, os dados reportados na figura 3 (que remete a número de municípios) apontam que de 2015 para 2016 houve uma redução do número de municípios com destinação final ambientalmente correta, tendência confirmada na Figura 4 (que remete a massa depositada).

Figura 3 - Quantidade de municípios por tipo de disposição final adotada

Disposição Final	Brasil 2015	2016 - Regiões e Brasil					
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	2.244	92	458	161	822	706	2.239
Aterro Controlado	1.774	112	500	148	644	368	1.772
Lixão	1.552	246	836	158	202	117	1.559
Brasil	5.570	450	1.794	467	1.668	1.191	5.570

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2016).

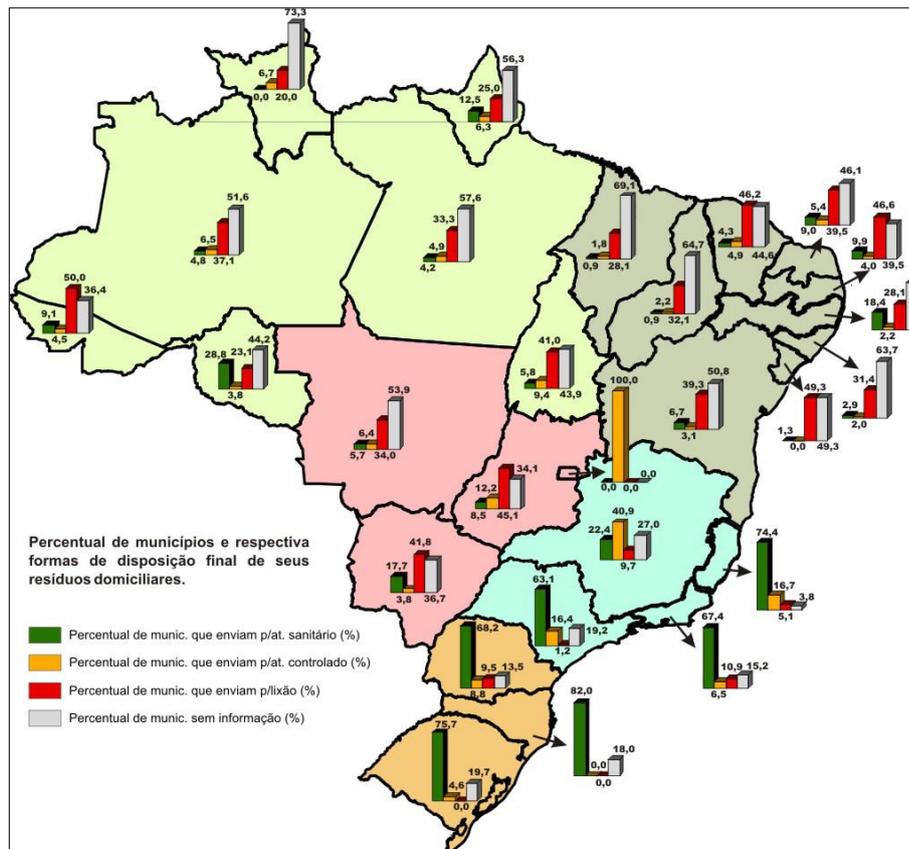
Figura 4 - Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia)



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2016).

Na Figura 5, são apresentados os dados referentes às formas de deposição dos resíduos sólidos no solo praticadas no Brasil, que remete ao percentual de municípios participantes da pesquisa do SNIS-2016. Uma parcela significativa dos municípios participantes da pesquisa encontra-se na parcela “Sem informação”, em especial nas regiões Norte e Nordeste, que indicando o despreparo da maioria dos municípios brasileiros na gestão dos resíduos. Além disso, é preocupante a quantidade de resíduos que são depositados em aterros controlados e lixões, que de acordo com a PNRS, nem deveriam existir mais, mas ainda são uma realidade marcante da deposição final dos resíduos sólidos no país, e de forma mais expressiva nas regiões Norte e Nordeste.

Figura 5 - Unidades de disposição no solo, SNIS-RS 2016



Fonte: (BRASIL, 2018).

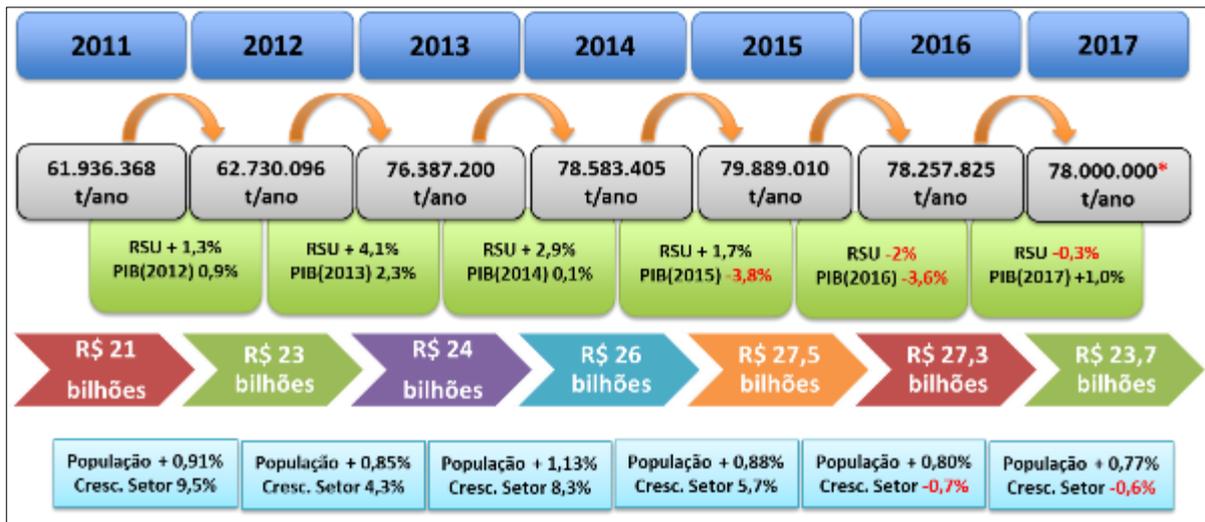
3.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com Jucá *et al.* (2014b), a geração de resíduos dos municípios é influenciada, entre outros fatores, pelo número de habitantes e pela riqueza do município, sendo que a determinação dessa geração é fundamental para a correta escolha e dimensionamento da estrutura de coleta, triagem, valorização e tratamento adotado. Dessa forma, podemos realçar que a geração de resíduos per capita depende de fatores culturais, nível e hábito de consumo, renda, clima e características populacionais, que podem variar até mesmo dentro de uma mesma comunidade, e até mesmo, fazendo com que surjam diferenciações entre as regiões administrativas das cidades, e dentro dos próprios bairros.

O Autor supracitado discute ainda, a partir de uma linha temporal correlacionando o PIB, o crescimento populacional e a geração Brasil, conforme ilustrado na Figura 6, que a geração de resíduos está relacionada com o desenvolvimento econômico, onde a taxa de aumento da geração de resíduos acompanha o ritmo de crescimento do PIB, sendo um fato também constatado em regiões, estados e municípios do Brasil. E ressalta que a geração dos

resíduos não está ligada somente aos fatores destacados, mas também a gestão e ao gerenciamento dos resíduos pelo poder público municipal, que é capaz de implementar ações que incentivem a redução de resíduos, conforme a diretrizes na PNRS, bem como seu aproveitamento.

Figura 6 - Números dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil (pós 2010)



Fonte: (JUCÁ, 2018). Dados obtidos do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012 a 2016 – ABRELPE e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Valores Estimados

Para Soares (2011) é natural que com o crescimento populacional haja o aumento da quantidade de resíduos gerados, mas que esse não é um fator suficiente na análise da geração, deve-se avaliar as mudanças de hábitos da população, que são produtos do modelo de produção e consumo adotados. A Autora ainda aponta a importância da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo IBGE, e destaca alguns pontos importantes com a precariedade de informações de geração de resíduos nos pequenos municípios, que geralmente não dispõe de balanças para a pesagem dos resíduos depositados.

Em análise aos dados das PNSBs de 2000 e 2008, Romani e Segala (2014) reportam que houve um acréscimo bastante acentuado na quantidade de resíduos domiciliares coletados, e que este fato pode estar associado tanto ao aumento populacional, como um aumento da geração média per capita de resíduos. As Autoras apontam ainda que a geração dos resíduos é concentrada nas cidades, na qual reside a maioria da população brasileira, havendo assim, uma disparidade acentuada entre áreas urbanas e rurais, além de uma diversificação de padrões de geração ao longo das regiões do país.

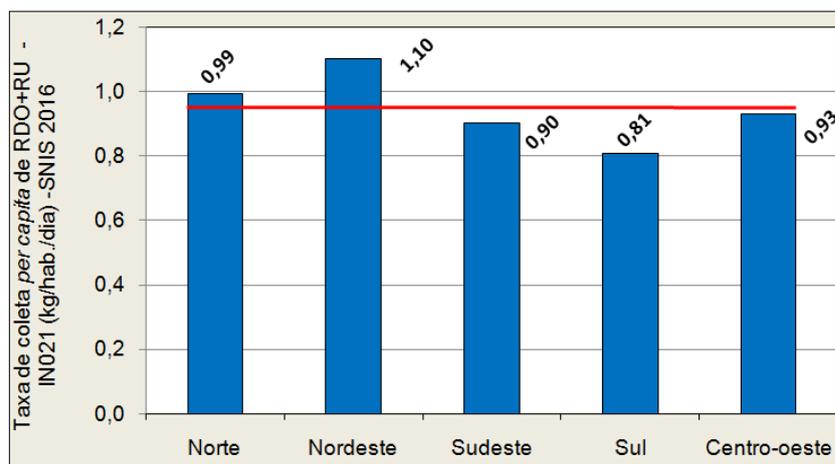
As observações das Autoras citadas anteriormente podem ser constatadas no último Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, referente ao ano de 2016, que divulga

anualmente a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), onde podemos constatar através das Figuras 7 e 8 a disparidade na geração dos resíduos ao longo do território nacional.

Na Figura 7 ilustra-se a massa coletada per capita dos municípios participantes da pesquisa do SNIS-2016 segundo região geográfica, na qual é visível a variação na taxa de coleta per capita dos RSU ao longo das regiões do país. O valor médio nacional é de $0,94 \pm 0,17$ kg/hab./dia, tendo como valor máximo o da região Nordeste, 17% maior do que o indicador médio, enquanto o valor mínimo correspondente ao da região Sul é também 17% menor, implicando distâncias simétricas entre os extremos e o valor do indicador médio nacional. Esses resultados contradizem o aspecto econômico e de consumo, mas apontam para utilização de outras formas de tratamento pela região Sul, desviando os resíduos gerados, bem como diferenças na quantificação e composição dos resíduos destinados aos aterros.

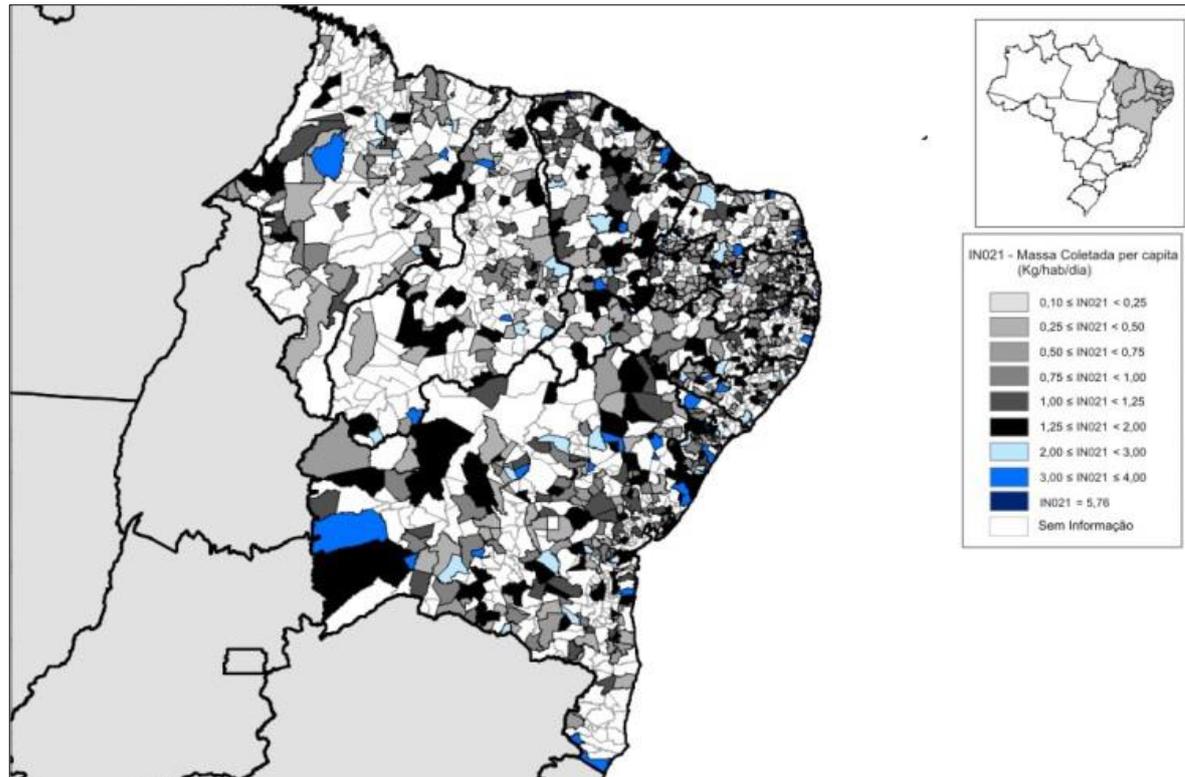
Já na Figura 8, temos uma janela do cenário da massa de resíduo coletada no Nordeste, que similar aos resultados apresentados no cenário nacional, apresenta uma variabilidade significativa entre os estados, e até mesmo entre as cidades nordestinas. O valor médio da taxa de resíduo coletado no Nordeste é de 1,10 kg/hab./dia, com valor médio de 1,18 kg/hab./dia no estado do Piauí. No cenário Nordestino, é preocupante a quantidade de municípios classificados como “Sem Informação”, uma vez que a geração per capita é um parâmetro fundamental para a delimitação do manejo dos resíduos sólidos dos municípios.

Figura 7 - Massa coletada per capita segundo região geográfica, SNIS-RS 2016



Fonte: (BRASIL, 2018).

Figura 8 - Espacialização da massa coletada per capita da Região Nordeste, SNIS-RS 2016



Fonte: (BRASIL, 2018).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Monteiro *et al.* (2001) aborda que as características dos resíduos sólidos urbanos podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades.

Soares (2011) reitera raciocínio do Autor anterior, e o complementa defendendo que as características dos RSU se modificam ao decorrer dos anos, fato que remete à necessidade de programas periódicos de caracterização dos resíduos gerados, a fim de ajustar e otimizar o gerenciamento dos resíduos sólidos a essas transformações. Esses programas de caracterização devem envolver investigações das características biológicas, químicas e físicas, sendo que esse último grupo é essencial em toda e qualquer caracterização de resíduos, uma vez que orienta a investigação das demais características e influencia em diversos aspectos da gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Nesse sentido, a PNRS recomenda que na elaboração de todo e qualquer plano voltado para os resíduos sólidos seja realizado o diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização, esses planos podem ser de gerenciamento ou gestão, e devem ser elaborados por todos os municípios. Assim, Romani e

Segala (2014) recomendam que a caracterização física dos resíduos deve incluir índices de geração, densidade, peso específico e composição gravimétrica, dentre outros parâmetros, que podem ser descritos da seguinte maneira:

- Geração per capita (kg/hab/dia): relaciona a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente e o número de habitantes de determinada região;
- Composição gravimétrica: apresenta percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduos sólidos analisada;
- Peso específico aparente (kg/m³): peso dos resíduos sólidos soltos em função do volume ocupado, livremente, isento de compactação;
- Teor de umidade: quantidade de água presente nos resíduos sólidos em função de seu peso;
- compressibilidade: grau de compactação ou redução do volume que a massa de resíduos pode sofrer;

A composição gravimétrica consiste na determinação do percentual em massa de cada um dos componentes em relação ao peso total de uma determinada amostra de resíduos sólidos analisada. Jucá *et al.* (2014b) e Habitzreuter (2008), apontam que ela é fundamental para o dimensionamento e operação dos aterros sanitários, visto que tal composição tem uma estreita relação com as propriedades geomecânica dos RSU, bem como os parâmetros básicos dos projetos de drenagem de gases, percolados e previsão de recalques, potencial de contaminação e estabilidade de taludes.

A relevância da composição gravimétrica é reforçada também por Jucá *et al.* (2014a), ao tratar da importância desse tipo de estudo, uma vez que permite identificação do potencial de valorização do resíduo, a partir da determinação das frações recicláveis, passíveis de comercialização (desde que haja mercado), matéria orgânica passível de utilização para produção de compostos orgânicos e indicador de potencial de aproveitamento energético, bem como outras frações passíveis de alguma forma de reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético.

No entanto, Alcântara (2007) aponta que o nível de detalhamento dessa composição, varia de acordo com objetivo a ser atingido, em que, para municípios de grande porte, recomenda-se que o estudo seja segmentado por bairro, ou setor de coleta, de maneira a otimizar as alternativas tecnológicas empregadas e o sistema de tarifação, para as distintas realidades presentes no município. Tal recomendação é reiterada no trabalho de Maciel (2009), através da indicação que há uma grande diferença na composição dos resíduos, principalmente em função

do grau de desenvolvimento socioeconômico da localidade, fato corroborado pelo trabalho de Silva (2015).

Devido à inexistência de um padrão normativo nacional para as tipologias de material que devem ser contempladas em uma composição gravimétrica, e em função da infinidade de materiais que podem existir em uma amostra de RSU, existem diversas proposições quanto às categorias que devem ser contempladas, que impactam de forma decisiva na utilização dessa composição gravimétrica.

A classificação proposta por Tchobanoglous *et al.* (1993), por exemplo, na qual considera-se apenas materiais orgânicos e materiais inorgânicos, pode ser útil para o dimensionamento de uma usina de compostagem, mas será inútil para o dimensionamento de unidade de triagem de recicláveis. As categorias/classes mais comuns nas composições gravimétricas estão indicadas na Tabela 2, conforme estudo do Monteiro *et al.* (2001).

Tabela 2 - Componentes mais comuns da composição gravimétrica

COMPONENTES MAIS COMUNS DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA		
Matéria orgânica	Papel	Vidro claro
Ossos	Papelão	Vidro escuro
Couro	Borracha	Metal ferroso
Madeira	PET	Metal não-ferroso
Pano/trapos	Agregado fino	Alumínio
Plástico maleável	Cerâmica	Plástico rígido

Fonte: (MONTEIRO *et al.*, 2001).

A composição gravimétrica pode variar bastante entre localidades, basicamente em função de características socioeconômicas e padrões de consumo, na Tabela 3 é apresentada a gravimetria dos resíduos sólidos urbanos de alguns países, sendo possível verificar diferenças nos percentuais, principalmente em relação a fração de orgânicos, no entanto, destaca-se que o percentual de orgânicos ficou sempre inferior a 50%.

Tabela 3 - Composição gravimétrica simplificada dos RSU em diversos países

Países (Cidades)	Matéria Orgânica (%)	Papel/Papelão (%)	Plástico (%)	Vidro (%)	Metal (%)	Outros (%)
Estados Unidos	29,0	35,6	7,3	8,4	8,9	10,8
Japão	22,2	31,1	15,5	13,8	6,4	10,6
Reino Unido	23,4	33,9	4,2	14,4	7,1	17,0
Itália	42,1	22,3	7,2	7,1	3,0	18,3

Fonte: (MACIEL, 2009)

A composição gravimétrica média do Brasil é apresentada na Tabela 4, na qual podemos verificar a predominância de matéria orgânica (51,5%), em detrimento das demais frações, resultados que divergem bastante da composição gravimétrica média de alguns países desenvolvidos, apresentadas na Tabela 4, onde temos um maior percentual de frações recicláveis, como metais, plásticos e papel, evidenciando assim que o percentual de matéria orgânica da composição gravimétrica média do Brasil é bem elevado.

No entanto, é prudente cautela no uso dos valores reportados por IPEA (2012), uma vez que reportam-se ao cenário brasileiro no período de 2000 a 2008, e desde então a conjuntura econômica e os padrões de consumo se alteraram bastante. Então, por exemplo, trabalhos como Jucá *et al.*(2015), realizado no Distrito Federal, Silva (2015), realizado em Recife, e Soares (2011), realizado no Rio de Janeiro, já reportam valores médios de orgânicos variando de 30 a 37%

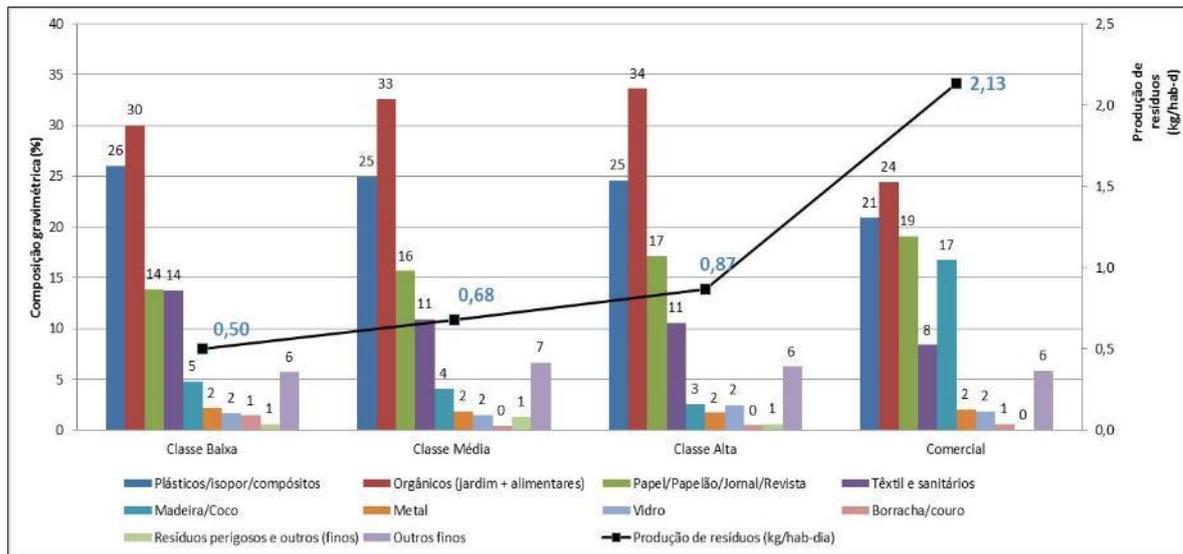
Tabela 4 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil

Materiais	Participação %	Quantidade	
		2000 t/dia	2008 t/dia
Matéria orgânica	51,4	76.634,5	94.309,5
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Papel, papelão e tetrapak	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico	13,5	20.191,1	24.847,9
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
Total coletado	100,0	149.094,3	183.481,5

Fonte: (IPEA, 2012)

Na Figura 9, apresentam-se os resultados da composição gravimétrica e geração per capita dos resíduos gerados na cidade de Recife, agrupados de acordo com a classe econômica, evidenciando assim, a tendência de aumento na geração de resíduos com a melhoria da qualidade de vida, bem como um aumento das frações recicláveis.

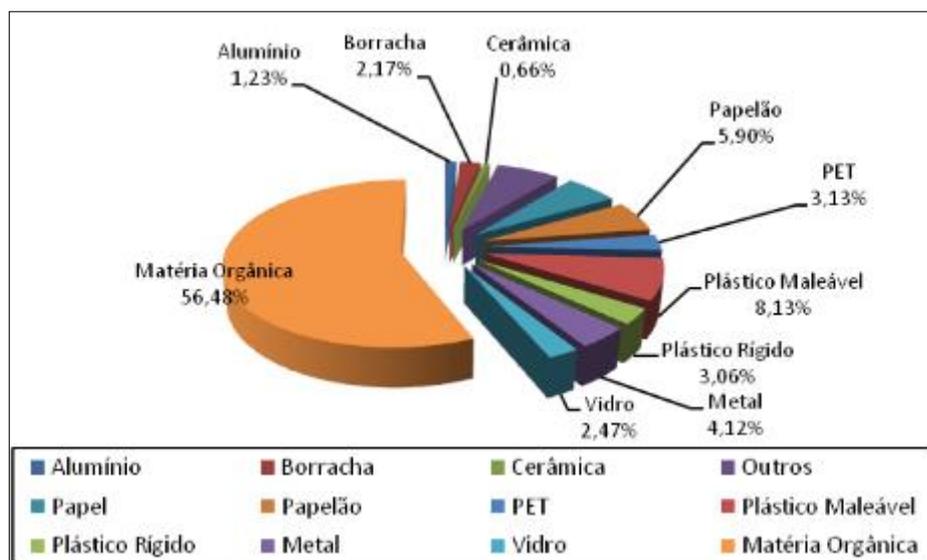
Figura 9 - Produção de resíduos e composição gravimétrica média dos resíduos gerados em Recife



Fonte: (JUCÁ *et al.*, 2014a).

Para o estado do Piauí, um estudo realizado por Piauí (2011a) indicou que a composição gravimétrica média dos resíduos sólidos do estado, ilustrada na Figura 10, apresenta-se bem próxima da composição gravimétrica média apresentada por IPEA (2012) e Maciel (2009), com o percentual de orgânicos bem próximos da média nacional de 51,4%, indicada em IPEA (2012).

Figura 10 - Composição gravimétrica dos resíduos piauienses

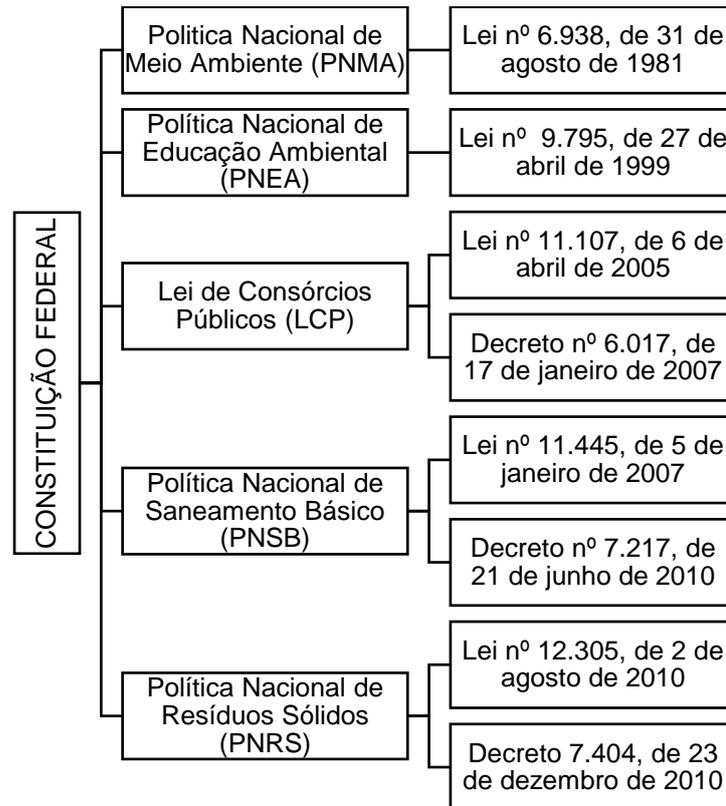


Fonte: (PIAUI, 2011a).

Um aspecto que deve ser reforçado, diz respeito à diferença de metodologias adotada nos trabalhos de caracterização gravimétrica, que pode ser observada nas referências utilizadas, uma vez que em IPEA (2012), Maciel (2009), Jucá *et al.* (2014a) e PiauÍ (2011a) utilizaram categorias diferentes para apresentar a composição gravimétrica, dificultando bastante as comparações de resultados. Uma possível explicação para essas diferenças é a diferença de aproveitamento e mercado (comercialização) de cada região, por exemplo, as frações “plástico” e “papel” devem ser detalhadas para atender as exigências do mercado local ou regional.

3.4 ASPECTOS LEGAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O arcabouço jurídico-institucional, detalhado na Figura 11, que regulamenta a temática dos resíduos sólidos no Brasil é fundamentado na Constituição Federal, e articula-se com as temáticas de meio ambiente e saneamento básico. Romani e Segala (2014) e Jucá *et al.* (2013) elencam como principais marcos legais a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que integra a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), regulamentada pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), instituída pela Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, e com a Lei de Consórcios Públicos (LCP), lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.

Figura 11 - Arcabouço Legal da Gestão dos RSU no Brasil

Fonte: Adaptado de Jucá *et al.*(2013) e Silva (2015).

Para Romani e Segala (2014) a Constituição Federal de 1988 proporcionou avanços à medida que institui a descentralização das esferas de governo (União, Estados, Municípios e Distrito Federal), e através do art.23 estabelece as competências entre elas, permitindo assim, conforme o art.30, que os municípios passassem a ter autonomia para a gestão de determinadas matérias, dentre as quais podemos destacar os serviços públicos de interesse local, como por exemplo, os serviços de saneamento básico. Outro aspecto da constituição que é relevante a gestão dos RSU diz respeito à atribuição da responsabilidade pela qualidade ambiental ao poder público e a coletividade, conforme discriminado no Art. 225.

A Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, busca compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico-social com o equilíbrio ecológico e com a preservação da qualidade do meio ambiente, e tem como principal contribuição o enquadramento da destinação de resíduos sólidos como atividade potencialmente poluidora e utilizadora de recursos ambientais (em seu anexo VII), e a definição do princípio do poluidor pagador (art. 3, inciso IV), que possibilita a obrigatoriedade do poluidor/gerador a recuperar e/ou indenizar danos

causados e o usuário a contribuir pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos (art. 4, inciso VII).

A Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA, define educação ambiental, e se propõe a incentivar a participação individual e coletiva na conservação do meio ambiente, além de priorizar o desenvolvimento de programas de educação ambiental para o consumo sustentável, estando assim alinhada com a gestão dos resíduos sólidos urbanos.

A Política Nacional de Saneamento Básico - PNSB, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento, de forma a regular o setor para que as atividades respeitem a saúde pública e a proteção do meio ambiente. Nessa legislação, os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são definidos como um o conjunto de atividades (serviços, infraestrutura e instalações) de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos e oriundos dos serviços de conservação e limpeza urbana.

A PNSB delimita vários princípios fundamentais a serem observados na prestação dos serviços de saneamento, dentre os quais, destacam-se a eficiência e a sustentabilidade econômica, assim os serviços públicos de saneamento básico terão, sempre que possível, a sustentabilidade econômico-financeira assegurada mediante remuneração pela sua prestação ou disponibilização, determinação em consonância com princípio do poluidor pagador instituído na PNMA.

Segundo Jucá *et al.* (2014b), a PNSB estabelece os pilares dos serviços de saneamento básico, além de indicar alternativas para o enfrentamento, dentre as quais destacam-se as soluções consorciadas. Essas soluções consorciadas são reguladas pela Lei de Consórcios Públicos (LCP), que institui os consórcios públicos, que aparecem como alternativas para a viabilização da prestação dos serviços de saneamento básico no cenário de descentralização administrativa brasileiro – onde os municípios, principalmente os de menor porte, não possuem recursos necessários para atender a todas suas atribuições – conciliando uma escala adequada para as políticas públicas sem desconsiderar a autonomia dos entes envolvidos, além de garantir a jurídica dessas cooperações, à medida que passam a ser regidas por leis específicas.

O marco legal mais recente da área de resíduos sólidos é a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS, sendo o primeiro a ter como foco específico os resíduos, tratados até o momento em um contexto mais amplo, associado aos serviços de saneamento básico e a proteção do meio ambiente, incorpora vários princípios já incorporados pelos marcos anteriormente citados.

A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados,

Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Os princípios da PNRS são: prevenção e precaução; poluidor- pagador e protetor-recebedor; uso da visão sistêmica nas questões relativas à gestão dos resíduos sólidos; desenvolvimento sustentável; ecoeficiência; cooperação entre as diferentes esferas do poder público, setor privado e demais segmentos da sociedade; responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis como um bem de valor socioeconômico (com vistas na geração de trabalho, renda e que promova cidadania); respeito às diversidades locais e regionais; direito da sociedade à informação e ao controle social, e da razoabilidade e a proporcionalidade.

A PNRS estabelece como objetivos além da proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, aspectos como a hierarquização das prioridades na gestão dos resíduos, sendo estabelecida na seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A gestão integrada de resíduos sólidos também figura como objetivo da PNRS, por meio da articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira, bem como o incentivo à indústria da reciclagem e o estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto, com priorização da integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Ainda em referência ao documento supracitado, outro objetivo que deve ser destacado é a garantia de sua sustentabilidade operacional e financeira, através da adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem os custos dos serviços prestados, limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, concomitante com o estabelecido com PNSB.

A PNRS traz também os instrumentos por meio dos quais ela deve ser implementada, 18 no total, sendo os mais relevantes: Acordos Setoriais, Educação Ambiental, incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas, os incentivos (fiscais, financeiros e creditícios), Estudos de Regionalização, os planos de resíduos sólidos (Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Plano Intermunicipais de Resíduos Sólidos e Planos Estaduais de Resíduos Sólidos), Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos (Sinir), a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, e o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos.

Dessa maneira, em análise ao texto da PNRS, é notório o incentivo aos arranjos institucionais, através da criação de planos de resíduos sólidos (nacional, estaduais, municipais e intermunicipais), na integração e articulação com a PNMA, PNEA, PNSB e LCP, na articulação da União, Estados, Distrito Federal e os municípios, no Sistema Nacional de Informações sobre a gestão dos resíduos sólidos (como forma de avaliação das metas no plano) e no estabelecimento de acordos setoriais firmados entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, com abrangência nacional, regional, estadual ou municipal.

Em relação aos sistemas de incentivo, delimitados na PNRS, podemos destacar: o incentivo fiscal, financeiro e creditício; o estabelecendo prioridade nas contratações governamentais para os materiais reciclados e recicláveis, voltados para o atendimento de bens, serviços e obras; a obtenção de recursos financeiros federais para os Estados e Municípios que elaborarem seus planos, tendo prioridade os Municípios adeptos aos sistemas de consórcios e/ou coleta seletiva; a atribuição ao poder público municipal, na forma de lei municipal, a responsabilidade para instituir os incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva e o incentivo à criação e o desenvolvimento de associações ou outra forma de cooperação de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis.

Leite (2015), aborda que a PNRS trouxe grandes contribuições para a gestão dos resíduos sólidos, trazendo consigo os conceitos de: responsabilidade compartilhada, à medida que traz todos os atores públicos (governo federal, governo estadual e municipal) para estarem lado a lado com fabricantes, consumidores, importadores e o consumidor final, de modo que todos desempenhem seu papel na melhoria do meio ambiente; substituição do conceito de lixo pelo conceito de resíduo, importante medida de inversão de valores, pois o que antes era visto como o fim do processo produtivo, comercial e/ou consumo se torna o início de uma nova cadeia produtiva, a partir da introdução da possibilidade de reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético, sendo assim um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

No mesmo sentido, Jucá *et al.* (2013) defende que com a instituição da PNRS houve estabelecimento de uma nova política de gestão de resíduos sólidos, que demonstra a preocupação com a coleta e destinação dos resíduos, e visa a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, à atribuição de responsabilidades aos geradores e ao poder público e à determinação dos instrumentos econômicos aplicáveis. E em uma análise a PNRS, o Autor alerta que a PNRS não observou as assimetrias existentes no Brasil, em especial na gestão e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, e que apesar de prever diretrizes voltadas para

a coleta, tratamento e disposição, além de formas de reduzir a produção desses resíduos, sua existência ainda não foi suficiente para conseguir influenciar de forma efetiva, em curto prazo, uma mudança na realidade dos municípios brasileiros.

A posição final do Autor supracitado é corroborada por Leite (2015), que em seu texto explica que o ente governamental que possui o papel decisivo no sucesso da PNRS são os municípios, e estes, salvo raras exceções, não estão preparados (pessoal qualificado, recursos econômicos e tecnicamente) para encarar o desafio, e em uma análise dos municípios brasileiros, cerca de 80% desses municípios são de pequeno e médio porte, e sobrevivem da ajuda e transferência de recursos do Governo Federal e Estadual através do Fundo de Participação dos Municípios, além dos recursos obrigatórios para a Saúde e Educação.

3.5 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

De acordo com a Constituição Federal, é competência comum da união e de seus constituintes (estados, distrito federal e municípios) a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição, e nesse contexto compete aos municípios legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana.

Nesse sentido, Jucá *et al.* (2014b), aponta que a geração, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos estão relacionados não apenas à população ou PIB de uma região, estado ou município, mas também à gestão e ao gerenciamento dos resíduos pelo poder municipal, que é capaz de implementar ações que incentivem a redução de resíduos ou o aproveitamento de resíduos.

O Autor supracitado alerta ainda, para a confusão no emprego dos termos gestão e gerenciamento, frequentemente utilizados para descrever os aspectos políticos, institucionais, administrativos, operacionais, financeiros, sociais e ambientais, envolvidos direta ou indiretamente com os resíduos. No entanto, a gestão dos RSU tem uma abrangência maior, podendo ser aplicada aos níveis nacional, estadual e municipal, já o gerenciamento dos RSU tem uma abrangência mais específica (local), ficando a cargo das municipalidades.

A PNRS prescreve que a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos devem observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. E discrimina os termos gestão e gerenciamento da seguinte forma:

Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento. (BRASIL, 2010a).

Gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010a).

Na execução de qualquer atividade, seja no setor público ou privado, se faz necessário seguir certas diligências, geralmente já delimitadas em algum modelo anterior, chamado de modelo de gestão, de maneira a atingir resultados satisfatórios. Nesse contexto, Monteiro *et al.* (2001) elenca na Tabela 5 os principais tipos de modelos institucionais disponíveis no âmbito do sistema de limpeza urbana no Brasil, que inclui a gestão dos resíduos sólidos, uma vez que a prestação deste serviço compete ao Sistema de Limpeza Urbana.

Tabela 5 - Modelos Institucionais de gestão de resíduos

MODELOS	DESCRIÇÃO DOS MODELOS
Concessão	Na concessão, a concessionária planeja, organiza, executa e coordena o serviço, podendo inclusive terceirizar operações e arrecadar os pagamentos referentes à sua remuneração, diretamente junto ao usuário/beneficiário dos serviços. As concessões, em geral, são objeto de contratos a longo termo que possam garantir o retorno dos investimentos aplicados no sistema.
Terceirização	A terceirização consolida o conceito próprio da administração pública, qual seja, de exercer as funções prioritárias de planejamento, coordenação e fiscalização, podendo deixar às empresas privadas a operação propriamente dita.
Consórcio	O consórcio caracteriza-se como um acordo entre municípios com o objetivo de alcançar metas comuns previamente estabelecidas. Para tanto, recursos – sejam humanos ou financeiros – dos municípios integrantes são reunidos sob a forma de um consórcio.

Fonte: (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Jucá *et al.* (2014b), embasado pelo relatório anual de 2011 da PPIAF (Private Infrastructure Advisory Facility) aponta que de acordo com a visão do poder público, os modelos de gestão dos resíduos sólidos, baseado na ótica do Poder Público, podem ser realizados por via da administração pública, de forma direta ou indireta; por meio da gestão pública consorciada; e mediante a delegação à iniciativa privada, por meio de concessão, parceria público-privada (PPP), permissão, autorização ou terceirização, conforme indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Formas de Gestão dos Resíduos Sólidos

FORMA DE GESTÃO	MODALIDADES	
Gestão Pública própria	Administração direta	
	Administração indireta	Autarquia
		Empresa pública
		Sociedade de economia mista
Gestão Pública Consorciada	Consórcio público	
	Convênio associativo	
Gestão Pública Delegada	Concessão	Consórcio público
		PPP – concessão patrocinada;
		PPP – concessão administrativa
		Concessão urbanística.
	Permissão	
Autorização ou Terceirização		

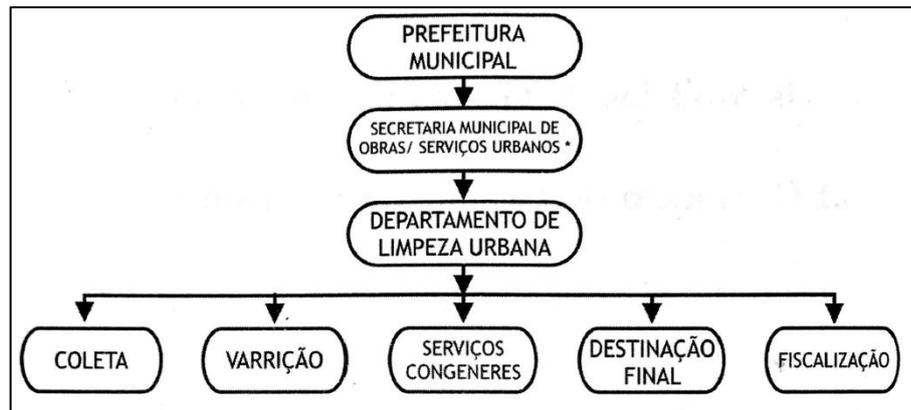
Fonte: Adaptado de Jucá *et al.* (2014b).

Ao instituir a PNRS, uma nova política que reconhece os resíduos como um bem econômico de valor social, o governo aplicou o conceito da responsabilidade compartilhada, exigindo uma alteração no olhar sobre os resíduos sólidos, que passaram a ser vistos de forma circular. Posição corroborada por Jucá *et al.* (2014b), ao defender que para o alcance das metas estabelecidas pela PNRS, deve-se haver a diversificação dos métodos/tecnologias aplicados na coleta, tratamento e disposição final dos resíduos, balanceando as dimensões técnica, econômica, ambiental e institucional para as peculiaridades locais, fato que leva a um novo modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.

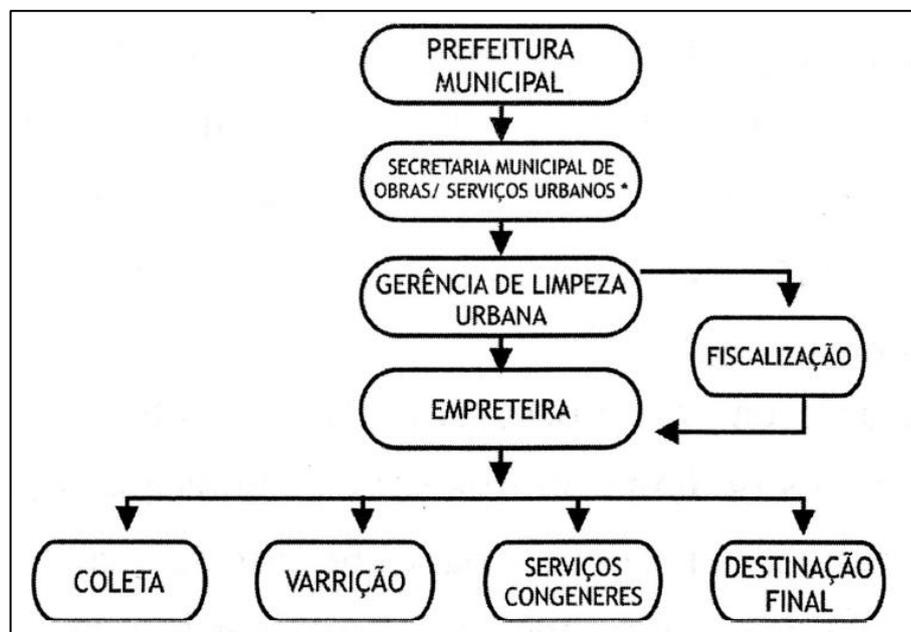
Dessa forma, se fez necessário à adoção de um modelo de gestão integrada para o cumprimento dos preceitos da PNRS, definido por Mesquita Júnior (2007) como “um conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais capaz de orientar a organização do setor”.

Para Jucá *et al.* (2014b), a PNRS e as legislações correlatas indicam a preferência por uma ação integradas dos diversos entes federativos, com incentivo aos arranjos institucionais, e possibilidade de integração entre a área pública e a privada, na forma de arranjos setoriais e Parcerias Público-Privadas (PPP). Assim, a gestão dos serviços e manejo dos resíduos sólidos devem ser pensados e implementados por meio dos arranjos institucionais, na forma mais adequada para a aplicabilidade e sustentabilidade das tecnologias, com foco na: gestão colegiada, controle externo e divisão de responsabilidades.

De acordo com Lima (2003), o modelo de gestão predominante nas cidades brasileiras é o modelo de gestão convencional, caracterizado pela prestação dos serviços de limpeza urbana pelo próprio município, com a inserção ou não de empresas terceirizadas no processo de gestão dos RSU, conforme ilustrado nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 - Modelo de Gestão/Gerenciamento Convencional

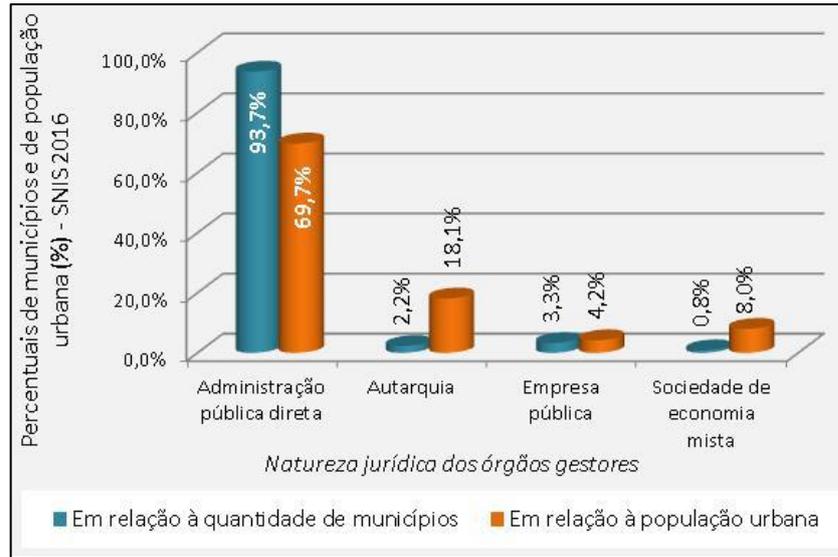
Fonte: (LIMA, 2003).

Figura 13 - Modelo de Gestão/Gerenciamento com Privatização

Fonte: (LIMA, 2003).

A indicação de Lima (2003) é confirmada na última pesquisa no SNIS, no qual se relatam que a administração pública direta (através de suas secretarias, departamentos, coordenadorias ou setores) se constitui, de forma indiscutível, como a natureza jurídica mais presente nos órgãos gestores desses serviços nos municípios brasileiros, conforme ilustrado na Figura 14.

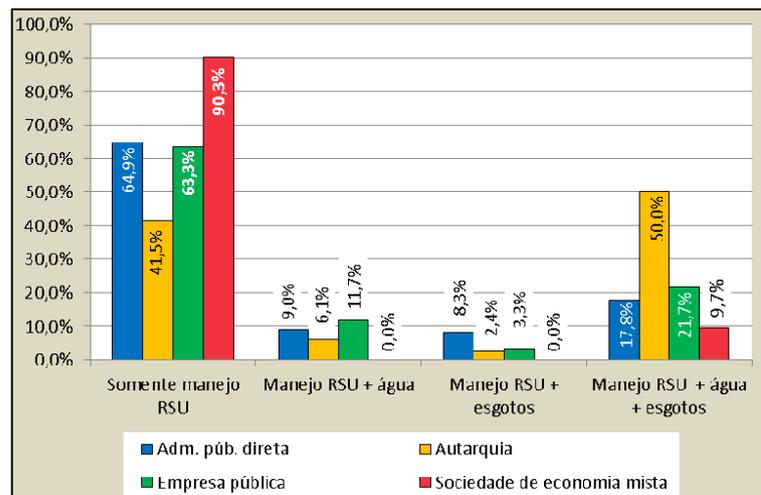
Figura 14 - Natureza jurídica do órgão gestor dos RSU – SNIS-RS, 2016



Fonte: (BRASIL, 2018).

Outro aspecto relevante em relação à pesquisa do SNIS, diz respeito ao percentual de órgãos gestores do manejo de RSU que também são responsáveis por outros serviços de saneamento básico (como abastecimento de água e tratamento de esgoto), ilustrado na Figura 15, na qual podemos observar que a maior parte dos órgãos gestores de RSU trabalham apenas com o manejo dos RSU, um número significativo de órgão trabalham também com os outros serviços de saneamento.

Figura 15 - Gestão compartilhada com outros serviços de saneamento, SNIS-RS, 2016



Fonte: (BRASIL, 2018).

3.6 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA

Um dos principais instrumentos previstos na PNRS são os planos de resíduos sólidos, dentre os quais, além do plano nacional de resíduos sólidos, ainda contempla planos a nível estadual, intermunicipal e municipal, conforme ilustra-se na Tabela 7. De acordo com Lima (2014), esses planos serão condição para estados e municípios terem acesso a recursos da União para empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos e também para serem beneficiados por incentivos e financiamentos de entidades federais.

Tabela 7 - Planos de Resíduos Sólidos

Plano de Resíduo Nacional Lei nº 12.305/2010. Art. 15º	A União elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 anos, a ser atualizado a cada 4 (quatro) anos.
Plano de Resíduo Estadual Lei nº 12.305/2010. Art. 16º	A elaboração de plano estadual de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta lei, é condição para os Estados terem acesso a recursos da União, ou por elas controlados, destinados ao empreendimento e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.
Plano de Resíduo Municipal Lei nº 12.305/2010. Art. 18º	A elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamento de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

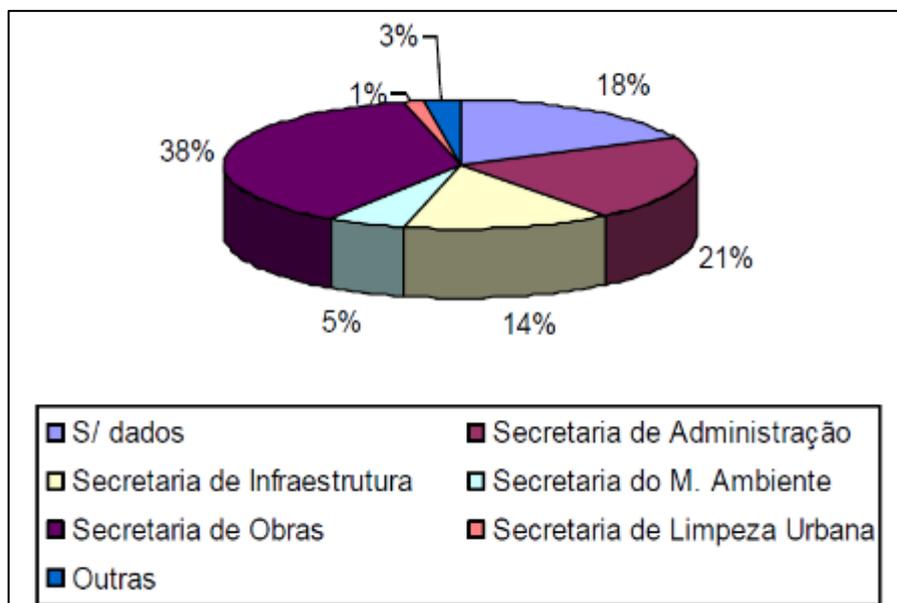
Fonte: Adaptado de Lima (2014).

De acordo com MMA (2017), no contexto da PNRS, é necessário que os governos estaduais desempenhem um papel de liderança, através da elaboração dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS). Esses planos são destinados a organizar e dar as diretrizes gerais de gestão para os municípios integrantes de cada Unidade Federativa, e quando couber, os estados também têm a responsabilidade pela elaboração dos planos microrregionais de resíduos sólidos, bem como dos planos de regiões metropolitanas ou de aglomerações urbanas.

No cenário nacional, diversos estados ainda não possuem o PERS, dentre os quais podemos incluir o estado do Piauí. No entanto, existem estudos de regionalização dos resíduos sólidos para o estado, realizados pela Secretaria das Cidades do Estado do Piauí, em convênio com o Ministério do Meio Ambiente. Esse estudo foi dividido em dois volumes: no volume I foi realizado um levantamento de antecedentes históricos e um diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos no estado do Piauí, já no volume II é realizada uma proposta de regionalização para a gestão e manejo de RSU para o Estado.

Em relação ao diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos no Estado do Piauí, constatou-se que os dirigentes municipais dispensam pouca atenção à gestão de resíduos sólidos, com raras exceções, além de não contarem com a aplicação de uma sistematização de planejamento, controle e fiscalização referente à execução dos serviços de limpeza urbana, de maneira que o planejamento é eminentemente empírico (PIAUÍ, 2011a). Em geral, a operacionalização dos serviços de manejo de resíduos é executada por um departamento vinculado à secretaria de obras, conforme podemos visualizar na Figura 16.

Figura 16 - Órgão da Administração Municipal responsável pelos serviços de limpeza urbana



Fonte: (PIAUÍ, 2011a)

No Piauí os principais dispositivos legais dos municípios para a gestão dos resíduos sólidos urbanos são os Códigos de Postura e as Leis Orgânicas dos Município. Os serviços de limpeza urbana são executados pelos próprios municípios, seja de forma direta ou indireta, através de terceirização total ou parcial dos serviços de capina e varrição, coleta e transporte, cabendo às prefeituras a maior responsabilidade pela gestão e manejo da limpeza urbana (PIAUÍ, 2011a).

MMA (2018) indica que o conteúdo mínimo para os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos- PMGIRS são previstos na PNRS (no art. 19, incisos I a XIX). Nesse sentido os municípios podem contemplar em seus Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB (disciplinados pela Lei nº 11.445/2007) o conteúdo mínimo estabelecido pela PNSB no eixo de resíduos sólidos.

Nesse sentido, Teresina não possui um PMGIRS propriamente dito, mas sim um PMSB que contempla os conteúdos previstos na PNRS. O PMSB de Teresina foi instituído pela Lei nº 4.973, de 26 de dezembro de 2016, que definiu os objetivos e metas para o PMSB de Teresina, e foi regulamentado pelo Decreto nº 17.644, de 23 de março de 2018.

Em relação à temática de resíduos sólidos, a Lei nº 4.973 estabelece que o PMSB de Teresina tem como objetivo “ampliar a área de cobertura e eficiência dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, com ênfase no encerramento de lixões, na redução, no reaproveitamento e na reciclagem de materiais, por meio da inclusão socioeconômica de catadores”.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) tem por objetivo a universalização do serviço público de saneamento básico, abrangendo os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais.

No PMSB de Teresina, verifica-se que em relação ao eixo de resíduos sólidos urbanos, os objetivos específicos estão bem alinhados com PNRS, ao estimular melhorias nos serviços de acordo com a realidade local, o planejamento da ampliação progressiva do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda a estes serviços, e as ações que visem redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequada dos resíduos e busca de mecanismos que visem à sustentabilidade dos serviços.

De acordo com SEMPLAN (2015), o manejo dos resíduos e a limpeza urbana em Teresina são de competência da Prefeitura, tendo como operador a SEMDUH juntamente com as Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDU's), na zona urbana, e a Superintendência de Desenvolvimento Rural (SDR) na zona rural. A prestação de serviços de limpeza urbana do sistema integrado de limpeza pública do município de Teresina é realizada através de terceirização, e compreende a coleta de resíduos sólidos urbanos, sistemas complementares de limpeza urbana, operação e monitoramento do aterro controlado municipal, localizado no bairro Santo Antônio.

Na figura 17 é apresentada a evolução da coleta de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina de 2010 a 2016, a partir de dados fornecidos pela SEMDUH. É possível observar que em média são gerados 16.000 t/mês de RSD com variação significativa ao longo dos meses do ano, destacadas pela escala de cor, que varia de vermelho (maior geração) à verde (menor geração).

Além disso, a geração total anual de resíduos sólidos domiciliares apesar de apresentar uma tendência de crescimento contínuo, na série temporal 2010-2016, sofreu uma redução

significativa do ano de 2015 para 2016, -6,08%, em função dos aspectos econômicos e de consumo, fato também observado na série temporal de Jucá (2018).

Figura 17 - Resíduos Sólidos Domiciliares Coletados em Teresina

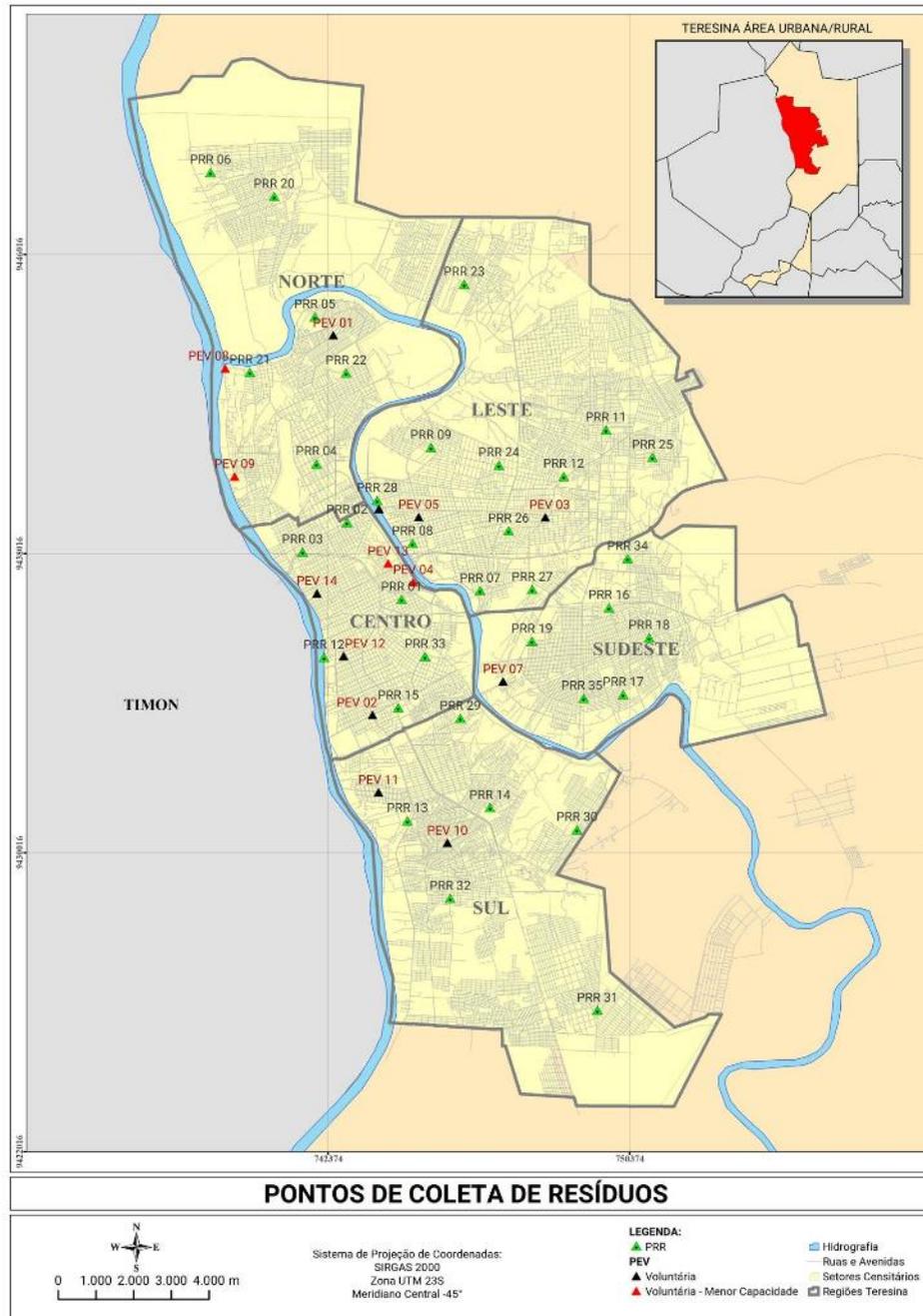
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
JAN	16.363,28	15.959,99	17.046,23	16.391,38	17.141,46	17.444,72	17.433,23
FEV	14.226,59	15.316,65	15.919,47	14.303,55	15.098,28	15.331,53	15.641,01
MAR	16.343,94	16.771,12	17.472,04	15.083,58	16.721,30	17.791,20	16.508,82
ABR	15.501,72	16.175,57	15.563,41	17.156,99	16.667,78	17.043,49	16.105,01
MAI	15.188,77	16.565,80	16.582,23	16.636,94	17.686,52	18.092,82	16.041,82
JUN	14.785,04	14.948,85	15.305,89	14.987,58	15.611,97	16.167,08	15.337,37
JUL	14.235,71	14.589,23	15.302,86	16.049,24	16.106,63	16.865,67	14.758,95
AGO	13.759,15	15.833,59	15.965,52	15.882,95	15.440,36	16.998,53	16.045,40
SET	13.756,87	15.017,49	15.154,84	15.693,21	16.653,08	17.130,25	15.303,24
OUT	15.148,83	15.972,92	16.375,67	16.562,04	17.251,89	17.544,57	16.150,17
NOV	16.420,09	16.780,15	15.653,20	16.547,85	16.703,33	16.853,33	16.423,46
DEZ	17.055,83	17.308,96	15.544,80	16.943,90	17.756,97	17.938,96	16.983,25
TOTAL	182.785,82	191.240,32	191.886,16	192.239,21	198.839,57	205.202,15	192.731,73
% de Crescimento	-	4,63%	0,34%	0,18%	3,43%	3,20%	-6,08%
Médio	15.232,15	15.936,69	15.990,51	16.019,93	16.569,96	17.100,18	16.060,98

Fonte: Autor, a partir de SEMDUH (2016).

Ainda em referência ao Autor supracitado, na composição do sistema de limpeza urbana, existem os Pontos de Transbordo (PT), Ponto de Recebimento de Resíduo (PRR), que são pontos de destinação intermediários dos resíduos coletados, que recebem 66.620,48 toneladas/ano, conforme a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação, em 2013. São disponibilizados 35 Pontos de Recebimento de Resíduo (PRR), ilustrados na Figura 18, que recebem resíduos de construção e demolição, podas de árvores, capina e varrição, além de móveis usados. Esses materiais são recolhidos e encaminhados o Aterro Público de Teresina, evitando assim a disposição irregular desses resíduos nas vias públicas e terrenos abandonados.

E direcionado para a coleta seletiva a cidade conta atualmente com 14 Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos recicláveis, conforme ilustrado na Figura 18, com o objetivo de incentivar a coleta seletiva, que na sua grande maioria, é feita por catadores autônomos que são fornecedores de empresas ou depósitos particulares.

Figura 18 - Localização dos PEV's e PRR's de Teresina



Fonte: Adaptado de SEMPLAN (2015).

SEMPPLAN (2015) aponta que em seu último levantamento foram detectados seis depósitos, que recebem 60 toneladas de material por mês, os quais são reciclados e/ou revendidos para centros recicladores fora de Teresina. Já no Plano Municipal de Saneamento Básico de Teresina é reportado o levantamento de Pierot (2009), indicado na Tabela 8, no qual podemos observar o interesse dos depósitos de materiais recicláveis, sendo possível verificar que essas empresas apresentam maior interesse pelas frações de ferro, plásticos, papel, papelão, alumínio e vidro.

Tabela 8 - Relação de empresas compradoras de material reciclável em Teresina

Depósitos	Ferro	Papel	Plástico	Papelão	Alumínio	Baterias de Veículos	Antimônio	Cobre	Metais	Vidro	Pet	Borracha
Agropil	x				x	x		x				
Alisson Material Reciclável		x	x	x						x	x	
Depósito “O Luis”			x									
Inaplas			x									
J. Ricardo		x	x	x	x						x	
Latapil	x	x	x				x	x		x		
O Bené			x									
O Tota	x				x	x	x					
Organização Piauiense Ltda										x	x	
Papinor		x	x	x								
PH Reciclagem	x		x		x	x				x	x	
Reciclapi		x	x	x	x							
SAMPIL		x	x									x
Sol Nascente		x		x								
SP Soares					x							
Sucata O Benedito	x	x	x	x	x	x				x		
Sucata O Feitosa		x	x	x	x							
Sucata O Luís	x	x	x	x								
Sucatão	x							x	x			
Sucatinha “O Santana”		x	x							x		
TeqnoI			x									
Comercial Lima de Metais									x			
Teresina Metais						x			x			

Fonte: Adaptado de Teresina (2018).

Para SELUR (2017), Teresina apresentou um Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana de 0,518, resultado melhor que no ano de 2016, quando o município obteve um ISLU de 0,512, no entanto tal ISLU ainda classifica o município de Teresina na classificação “D”, segunda pior do ISLU, constituído de classes de “A” e “E”. Analisando os resultados obtidos por dimensões, verifica-se o seguinte cenário para a capital piauiense:

- Dimensão R (Recuperação dos recursos coletados): obteve um indicador nulo, que corresponderia a uma classificação “E”, fator preocupante, e que indica a incipiência do aproveitamento dos resíduos gerados na capital, uma vez que essa dimensão tem como objetivo verificar o que os municípios têm feito com os resíduos coletados, em função da quantidade de resíduos tratados e/ou recuperados, e qual o seu grau de atendimento à PNRS com relação a esta temática;

- Dimensão S (Sustentabilidade financeira): de acordo com o resultado obtido, um indicador de 0,777, essa dimensão obteve uma classificação boa, que corresponderia a uma classificação “B”, sendo o segundo mais forte da gestão dos resíduos sólidos na capital. Essa dimensão tem como objetivo medir o grau de sustentabilidade financeira dos serviços de limpeza urbana (a partir da existência de arrecadação específica e do grau de comprometimento da receita municipal com os serviços de limpeza urbana);
- Dimensão I (Impacto ambiental): nessa dimensão, o município de Teresina obteve um indicador de 0,36, classificação ruim que corresponderia a uma classificação “E”, segunda pior do município nas dimensões analisadas, impulsionado principalmente pela destinação adotada pela cidade, o aterro controlado municipal.
- Dimensão E (Engajamento do município): dimensão com melhor desempenho no ISLU, na qual o município obteve um indicador de 0,795, valor que corresponderia a uma classificação “B”. O engajamento e a maturidade da sociedade são representados no ISLU por meio de dois indicadores que, combinados, mensuram na população o grau de desenvolvimento (IDH) e a extensão do atendimento do serviço (cobertura da coleta).

3.7 INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

No mapeamento de um problema, de acordo com Romani e Segala (2014) se faz necessário a consideração de múltiplas variáveis, acesso à informação e instrumentos para tratá-las. Dessa maneira, o planejamento e a formulação de políticas nas várias esferas de governo, devem ser subsidiados por indicadores.

Assim, o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2010) define como Indicadores as informações numéricas que relacionam pelo menos duas variáveis, sintetizando e simplificando dados e informações, facilitando a compreensão, a interpretação e a análise crítica de diferentes processos.

Jannuzzi (2009) considera os indicadores como uma medida geralmente quantitativa, utilizada para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato, fornecendo respostas a aspectos da realidade, ou a mudanças que estão ocorrendo, e podendo ser aplicado em pesquisas científicas, sob um cunho teórico, e para formulação de políticas públicas, sob um cunho pragmático.

Romani e Segala (2014) consideram que todo indicador deve atender a premissa básica de possuir a facilidade de compreensão para aqueles que irão utilizá-lo, e sua qualidade depende de alguns fatores, como por exemplo:

- Frequência de casos e o universo analisado;
- Precisão dos sistemas de informação empregados no registro, na coleta, e na transmissão dos dados;
- Capacidade de medir o que se pretende;
- Confiabilidade, ou seja, reprodução dos mesmos resultados quando aplicado em condições similares.

A lista dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) do Brasil é divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), seguindo as orientações da Organização das Nações Unidas (ONU). De acordo com a última publicação, IBGE (2015), esses indicadores podem ser organizados em quatro dimensões (Ambiental, Social, Econômica e Institucional). Segundo esse documento, essas dimensões podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- Dimensão ambiental, trata dos fatores de pressão e impacto, e está relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais a qualidade de vida das gerações atuais e em benefício das gerações futuras. Estas questões aparecem organizadas nos temas atmosfera, terra, água doce, oceanos, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento.
- Dimensão social, corresponde, especialmente, aos objetivos ligados à satisfação das necessidades humanas, a melhoria da qualidade de vida e a justiça social. Os indicadores abrangem os temas população, trabalho e rendimento, saúde, educação, habitação e segurança, e procuram retratar o nível educacional, a distribuição da renda, as questões ligadas à equidade e às condições de vida da população, apontando o sentido de sua evolução recente.
- Dimensão econômica, trata de questões relacionadas ao uso e esgotamento dos recursos naturais, da produção e gerenciamento de resíduos, uso de energia, e o desempenho macroeconômico e financeiro do País. É a dimensão que se ocupa da eficiência dos processos produtivos e das alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável de longo prazo. Os diferentes aspectos desta dimensão são organizados nos temas quadro econômico e padrões de produção e consumo.

- Dimensão institucional, diz respeito à orientação política, capacidade e esforço despendido por governos e pela sociedade na implementação das mudanças requeridas para uma efetiva implementação do desenvolvimento sustentável. Esta dimensão é desdobrada nos temas Quadro Institucional e Capacidade Institucional.

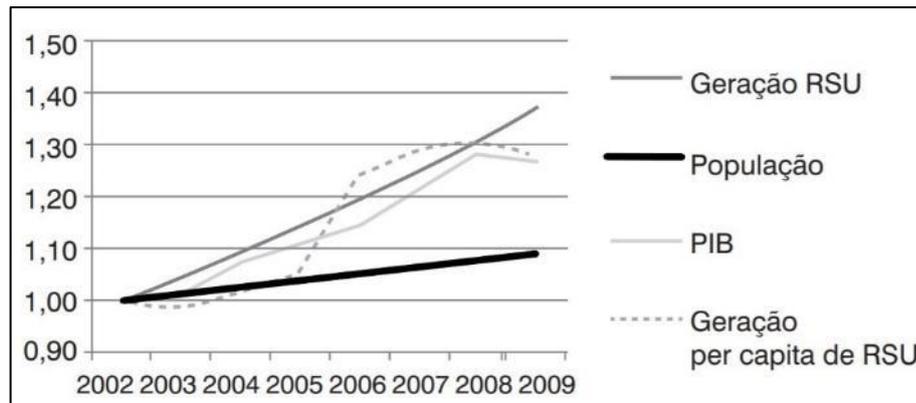
Um novo índice, determinado a partir da análise fatorial de indicadores de quatro dimensões (Engajamento do Município, Sustentabilidade Financeira, Recuperação dos Resíduos Coletados e Impacto Ambiental) vem sendo aplicado na área de resíduos sólidos, chamado de Índice de Sustentabilidade de Limpeza Urbana (ISLU), que de acordo com SELUR (2017) serve como um termômetro das cidades brasileiras aos preceitos da PNRS.

Buscando a aplicabilidade dos Indicadores na temática dos resíduos sólidos urbanos, Autores como Pinheiro (2010) apontam que o estudo dos indicadores que influenciam o fluxo dos resíduos sólidos urbanos contribui para melhorar diversos aspectos da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. Assim, Carvalho Júnior (2013), indica que diversos indicadores podem influenciar na temática, como a legislação, cultura, padrão de consumo, renda, escolaridade, aspectos climáticos, características populacionais, dentre outros.

O Autor supracitado realça ainda importância do padrão de vida na geração e composição dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que o consumo aumenta na medida em que os padrões médios aceitáveis pela sociedade são alterados por uma mudança cultural e/ou em razão do aumento do poder aquisitivo da população.

A influência do padrão de vida sobre a geração e composição dos RSU também é trabalhada nos estudos de Campos (2012), Jucá *et al.* (2014a) e Silva (2015). Esses Autores apontam a renda como fator prioritário e estimulante para produção de resíduos sólidos urbanos. Na Figura 19, de Campos (2012), é possível verificar que o PIB, que remete ao poder de compra e consumismo, apresenta um comportamento bem próximo à geração de resíduos, com um ajuste melhor que o da população. O mesmo padrão pode ser observado na Figura 6, na qual Jucá (2018) aponta a sensibilidade da geração de resíduos com a variação do PIB.

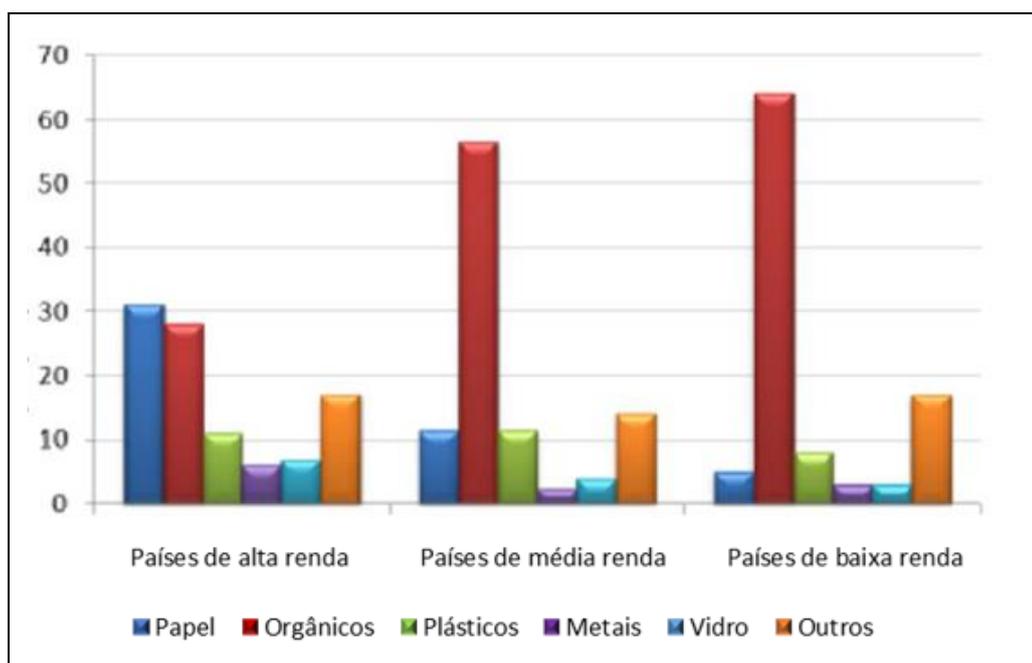
Figura 19 - Evolução da geração per capita de resíduos e do PIB no Brasil



Fonte: (CAMPOS, 2012).

Ambrosi (2012), a partir de uma pesquisa bibliográfica, conforme ilustrado na Figura 20, indica a aplicabilidade da composição gravimétrica como indicador, uma vez que se pode verificar diferenças de composição entre os países desenvolvidos, subdesenvolvidos, e em desenvolvimento, à medida que o teor de orgânicos decresce com a renda, e a fração de recicláveis aumenta. Resultados similares foram encontrados por Jucá *et al.* (2014a), Jucá *et al.* (2015), em estudos aplicados na cidade de Recife e Brasília, respectivamente. No caso do estudo de Recife, já mostrado na Figura 9, foi realizado um agrupamento dos setores de coleta da cidade de Recife segundo a Classe Socioeconômica, com resultado similar ao encontrado por Ambrosi (2012) para os países.

Figura 20 - Comparação da tipologia dos resíduos gerados com a renda dos Países



Fonte: (AMBROSI, 2012).

Silva (2015), baseado no preceito que a gestão dos resíduos sólidos urbanos deve ser trabalhada com foco nas particularidades locais, defende que o diagnóstico de indicadores gerenciais é imprescindível para o planejamento estratégico local, e destaca os seguintes indicadores: renda, característica da população, geração e gravimetria dos resíduos.

Romani e Segala (2014) apontam que de acordo com a PNRS, cabe ao município à produção de indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos que possam mensurar o desempenho desses serviços, tanto do ponto de vista operacional, como também do econômico, do social, do ambiental, entre outros.

Para Giacomini Filho (2008) aponta que a quantidade de resíduos sólidos urbanos constitui um importante indicador de consumismo na sociedade, e pode ser estudado através de três fatores básicos: análise dos resíduos sólidos domiciliares, produção per capita e geração dos resíduos segundo a renda social. Atrelado a isso, Carvalho Junior (2013) reporta que o padrão de vida, fator mais preponderante na geração e composição dos resíduos sólidos urbanos, também pode ser avaliado a partir de outros indicadores, como o consumo de energia elétrica, consumo de água e geração de esgoto, uma vez que esses serviços, geralmente estão presentes de forma efetiva nas áreas mais ricas dos municípios brasileiros.

Alguns estudos já testaram a validade desses indicadores, dentre os quais podemos citar o trabalho de Onofre (2011), que correlacionou a geração de resíduos domiciliares com alguns indicadores de consumo, como o consumo de água e energia elétrica per capita na cidade de João Pessoa, na Paraíba, a partir de entrevistas aplicadas em 210 domicílios, atingindo bons resultados ao estimar a geração de resíduos a partir do indicador de consumo de água.

Carvalho Júnior (2013) em um estudo aplicado a cidade de Fortaleza, no Ceará, determinou que a geração de resíduos, de forma hierárquica, está correlacionada com os seguintes indicadores: consumo de energia elétrica, PIB a preços correntes, consumo de água tratada, o tempo, IDH e a população urbana.

Em contrapartida, Medeiros *et al.* (2015), que também estudou estimativas de geração de resíduos em João Pessoa, na Paraíba, a partir dos dados levantados por bairro, obteve fortes correlações entre massa coletada de RSD per capita e consumo de energia per capita, índice de alfabetização e índice de renda domiciliar.

Analisando o cenário internacional, vários estudos remetem a aplicação de indicadores para compreensão da geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares, com a utilização de indicadores socioeconômicos (educação, renda, população, PIB e ocupação), indicadores de consumo (energia, água e despesas domésticas) ou ainda através da área construída das

residências, urbanização, arborização e infraestrutura urbana. Alguns desses trabalhos são comentados a seguir.

Johnstone e Labonne (2004), usando um banco de dados de séries temporais dos resíduos sólidos em países que fazem parte da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), confirmaram a relação dos indicadores econômicos e demográficos com a geração de resíduos sólidos domiciliares. Em relação aos indicadores demográficos, os Autores verificaram que proporção de crianças, a composição e tamanho do agregado familiar apresentam correlação negativa com a geração de resíduos, já a população, densidade e grau de urbanização correlacionaram-se positivamente com a geração de RSD.

Já em relação aos indicadores econômicos, os Autores supracitados, relatam que o nível de renda e a geração de resíduos apresentam correlações quase perfeitas. As taxas de geração foram relativamente inelásticas no que diz respeito às despesas de consumo final das famílias. Os Autores indicam que os resultados encontrados são similares a diversos outros estudos realizados a nível de domicílio, comunidade ou país.

Liu e Wu (2010) estudaram os indicadores que influenciam a geração dos RSU na China através da análise estatística multivariada de 12 indicadores: PIB, PIB per capita, população urbana, aglomerados urbanos, urbanização, área construída, infraestrutura urbana, área arborizada, renda per capita urbana, despesa per capita, despesa por domicílio e consumo de energia per capita. Essas variáveis podem ser agrupadas em cinco grupos, que remetem ao nível de desenvolvimento econômico, a população, ao nível de construção urbana, aos padrões de vida de moradores urbanos e ao consumo de energia. O estudo apontou que dos 12 indicadores analisados, três dimensões necessários para explicar 99,1% da variância da geração de resíduos na China, sendo elas: urbanização, desenvolvimento urbano e o consumo de energia.

Senzige (2014), estudando os indicadores que influenciam a geração e composição de resíduos sólidos em áreas urbanas da Tanzânia, determinou que a condição socioeconômica (geralmente medida por uma combinação educação, renda e ocupação) é um fator determinante no estudo das taxas de geração e na composição de resíduos sólidos, ou seja, classes socioeconômicas diferentes geram resíduos de diferentes composições, e exibem características diferentes.

Olayungbo e Fadare (2014) estudaram os indicadores socioeconômicos que afetam a geração de resíduos sólidos domiciliares em alas selecionadas na região central do governo local, na Nigéria. O estudo revelou que o gênero, escolaridade, ocupação, tamanho da família, renda familiar e tipo de habitação são importantes indicadores socioeconômicos que afetam a geração de resíduos sólidos domiciliares. Os indicadores ocupação, escolaridade, renda familiar

e tamanho da família foram os indicadores mais significantes na geração de resíduos sólidos domiciliares, sendo os dois primeiros com correlação negativa, e os dois últimos com correlação positiva. O estudo concluiu que existem variações no nível de geração de resíduos sólidos domiciliares em diferentes condições socioeconômicas.

Bruce *et al.* (2016) estudando os sistemas de gestão de resíduos sólidos em Alberta e Colúmbia Britânica, no Canadá, utilizou os indicadores como geração de resíduos, renda familiar, geração de resíduos residenciais, nível de escolaridade, geração de resíduos não residenciais e PIB. O estudo apontou que a renda familiar anual tem relação positiva com geração de resíduos residenciais em ambas as províncias, assim como a proporção de cidadãos educados. O produto interno bruto foi positivamente relacionado à geração de resíduos não residenciais em Alberta, e negativamente relacionado no Colúmbia Britânica, sendo que a correlação, positiva ou negativa, foi determinada em função da atividade econômica principal dessas cidades.

Trang *et al.* (2017) realizou um estudo no Vietnã buscando compreender os efeitos dos fatores socioeconômicos sobre a geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares, para isso, testou os indicadores: número de habitantes por domicílio, consciência ambiental, escolaridade e renda. Nesse estudo, indicou-se uma correlação negativa da geração de RSD com a melhoria do padrão de vida e com o nível de conscientização ambiental, e positiva com a quantidade de habitantes por domicílio. O indicador escolaridade não apresentando correlação significativa com a geração de resíduos. O estudo indicou também um decréscimo da fração orgânica com a melhoria da qualidade de vida, comportamento associado a um aumento das frações recicláveis (papel, PET e plástico).

3.8 RELAÇÃO ENTRE GERAÇÃO E COBRANÇA DOS SERVIÇOS DO MANEJO DOS RSD

3.8.1 Importância da Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD

Antes da promulgação da PNRS, a PNSB já previa a sustentabilidade econômica como um princípio básico da prestação dos serviços de saneamento básico, sendo alcançado, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços. Pela PNSB essa remuneração serve para manutenção, investimento e ampliação dos serviços prestados, bem como inibir o consumo supérfluo e desperdício de recursos.

Dentre os princípios da PNRS, o conceito do poluidor-pagador merece um destaque especial no contexto da gestão dos resíduos sólidos domiciliares, pois além da sua importância na sustentabilidade financeira do sistema, deve ser destacado seu caráter educativo, uma vez que sua aplicação faz com que potenciais poluidores sejam conscientizados, e que os usuários do desse serviço reflitam sobre seu padrão de consumo e como poderia reduzir seus custos.

Nesse sentido o princípio do poluidor-pagador, à medida que obriga o poluidor a arcar com os custos necessários à diminuição, eliminação ou neutralização do dano causado, provoca no indivíduo a internalização do seu papel na proteção ambiental, além proporcionar a distribuição justa dos custos da poluição (CEARÁ, 2014).

Canotilho (2011) defende que só através da cobrança os poluidores serão motivados a repensar seu padrão de consumo, uma vez que através da aplicação do princípio do poluidor-pagador só lhe resta as opções de poluir e pagar ao Estado, readaptar consumo para pagar menos, e no caso das empresas, investir em tecnologia que torne seu processo produtivo mais eficiente, gerando assim menos resíduos.

A PNRS estabelece a obrigatoriedade dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) terem em seu conteúdo um sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços. Antes da sustentabilidade financeira da gestão do manejo de resíduos sólidos, a cobrança no manejo dos resíduos sólidos domiciliares tem um caráter educativo fazendo com que os usuários internalizem as externalidades negativas das suas ações e atuem como agentes ativos nesse processo.

3.8.2 Aplicabilidade de Taxa nos Serviços de Manejo dos RSD

A Constituição Federal e o Código Tributário Nacional permitem que os estados e municípios por meio de lei que instituem taxas pela utilização, efetiva ou potencial de serviços públicos prestados ao contribuinte ou postos à sua disposição, desde que esses serviços atendam a natureza contraprestacional, sendo específico e divisível.

Em uma análise da aplicabilidade das taxas em decorrência de prestação de serviços públicos relacionados à limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, determina a possibilidade da aplicabilidade, uma vez que as seguintes condições são atendidas (CEARÁ, 2014):

- O serviço de coleta de RSU tem natureza contraprestacional, uma vez que é coletado e disponibilizado a população, sendo estabelecidos circuitos de coleta que atendem ao contribuinte de acordo com uma frequência de coleta determinada pela gestão municipal;
- É específico, pois se bem aplicado, segundo parâmetros claros, o contribuinte é capaz de identificar por qual serviço está pagando;
- E também é divisível; através das residências é possível a identificação dos usuários do serviço que será remunerado mediante o pagamento da taxa.

Onofre (2011) discute sobre as formas de cobrança e os parâmetros utilizados para a estimativa do resíduo produzido. Nesse trabalho, discute-se que pelo princípio do poluidor-pagador, o valor pago deve ser proporcional ao dano provocado. No entanto, em se tratando de resíduos sólidos seria de difícil operacionalização a aferição do resíduo produzido por cada domicílio. Dessa forma, tanto no Brasil como a nível internacional, é de praxe a utilização de equações para estimativa do resíduo gerado por residência, podendo ser aplicado parâmetros como IPTU, consumo de água, área construída, categoria do imóvel, dentre outros. Nessa aproximação, reside a fragilidade jurídica da remuneração da coleta dos resíduos urbanos, pois quase sempre essa taxa é vinculada a um serviço público efetivo, como o abastecimento de água.

O Autor supracitado relata que no âmbito nacional existem diversas discussões acerca da legalidade da aplicação conjunta da taxa, sendo debatidos principalmente os aspectos relacionados ao direito do consumidor, à constitucionalidade e ao código tributário. Por exemplo, a prática de associar a taxa de coleta de RSU à conta de energia ou ao boleto de IPTU, gerou decisões tanto a favor, e também contrárias.

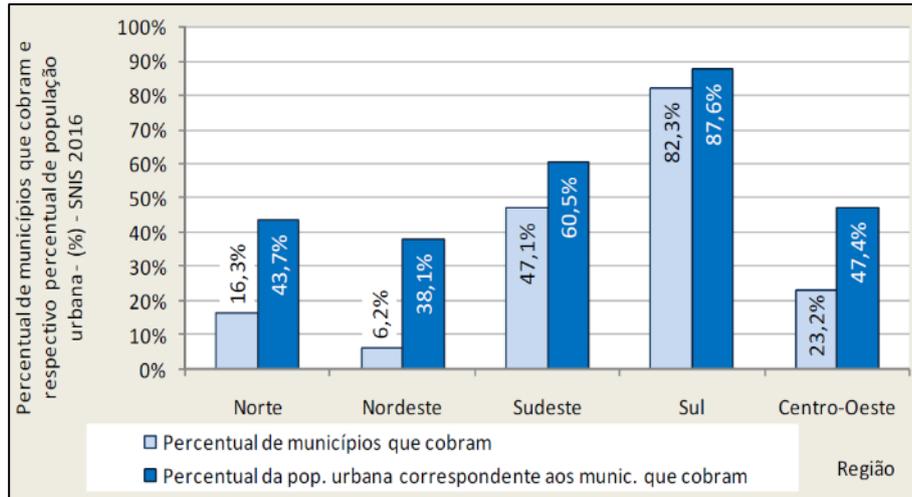
Em razão dessas discussões, houve duas ações importantes do Supremo Tribunal Federal (STF). Na primeira, Súmula Vinculante nº 19, no ano de 2009, ficou estabelecido que

a taxa cobrada exclusivamente em razão dos serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis, não viola o artigo 145, II, da Constituição Federal que determina a legalidade dos municípios cobrarem taxas para prestação de serviços públicos específicos e divisíveis postos à disposição da sociedade. Já em 2010, o STF editou a sumula vinculante nº29 que considera constitucional a adoção, no cálculo do valor de taxa, de um ou mais elementos da base de cálculo próprio de determinado imposto, desde que não haja integral identidade entre uma base e outra.

3.8.3 Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD

De acordo com dados do SNIS 2016, que abrangeu 66% dos municípios brasileiros, percebe-se que nos últimos anos não houve um aumento significativo do percentual dos municípios com cobrança do serviço regular de coleta domiciliar, com valor estacionário em 43,1% dos municípios participantes da pesquisa.

No entanto, em função da imensidão territorial do Brasil, o percentual dos municípios que cobram o serviço de coleta regular de resíduos tem variação significativa na comparação entre as regiões do país, conforme ilustrado na Figura 21, no qual podemos observar resultados muito bons para a região Sul, mais de 80% dos municípios cobram pelo sistema, de forma a manter a sustentabilidade financeira. Os piores resultados são observados na região Nordeste, onde apenas 6,2% dos municípios, participantes da pesquisa do SNIS 2016, cobram pelo sistema. Tais resultados têm consequências diretas nos dados já apresentados para a taxa de cobertura do serviço de coleta e na destinação dos resíduos, uma vez que não há sustentabilidade financeira para a manutenção e investimento na ampliação dos serviços relacionados ao manejo de resíduos sólidos.

Figura 21 - Resultado por região da cobrança pelos serviços de Manejo de RSU

Fonte: (BRASIL, 2018).

Em consulta ao SNIS 2016 é possível verificar que dos 1.580 municípios que discriminaram a forma de cobrança desses serviços, 86,1% dos municípios praticam a inserção de taxa específica no boleto do IPTU, seguido pela inserção no serviço de abastecimento de água, em 9,6% dos municípios. Apenas 3,2% dos municípios, que informaram a forma de cobrança da taxa, indicaram a cobrança em boleto específico.

A nível internacional destaca-se a taxa de serviços de gestão de RSU aplicada em Lisboa, Portugal. No Diário da República Portuguesa (2014) é detalhado o Regulamento Geral de Taxas, Preços e Outras Receitas do Município de Lisboa, onde se descreve que a tarifa aplicada na gestão dos RSU é função do consumo de água faturada, e na falta dos dados de faturamento a estimativa dos resíduos gerados é feita em função do consumo médio tendo por referência os utilizadores com características similares, no âmbito do território municipal, verificado no ano anterior.

De acordo com o IPEA (2012) entre os países da Comunidade Europeia a cobrança dos serviços de coleta é realizada através da taxa PAYT (*“Pay-as-you-throw”*), que traduzida significa *“pague pelo que descarta”*. Esse sistema tem como base o volume (ou em alguns casos o peso) dos resíduos descartados, considerando o custo marginal de coleta e destinação final aplicada.

Ainda no ano de 2014, observou-se que no Brasil a cobrança pelo manejo dos RSU é majoritariamente atrelada, de alguma forma, ao IPTU. São poucos os exemplos em que a base de cálculo utilizada é a quantidade de resíduo gerada (CEARÁ, 2014). Realidade ainda verificada de acordo com os dados do SNIS 2016.

IPEA (2012) aponta que na taxa recolhida pelo IPTU não se aplica o princípio do poluidor-pagador, uma vez que não há vinculação ao volume de resíduo gerado, e assim não há o caráter educativo que incentiva os agentes produtores de resíduos a mudarem de comportamento.

Nesse sentido, qualquer cobrança que não utilize a quantidade de resíduo gerado como base de cálculo estará cumprindo a PNRS apenas de forma parcial, pois garante a sustentabilidade financeira do sistema, mas não educa/conscientiza o usuário a adequar seu padrão de consumo. Quando o princípio do poluidor-pagador não é aplicado não há a redução dos resíduos sólidos, reutilização e reciclagem (CEARÁ, 2014).

Assim, de acordo com o Autor supracitado, quando a cobrança não incorpora o princípio do pagador-poluidor, não há a mudança de comportamento do usuário, e a consequente redução e aproveitamento dos resíduos. Cria-se assim uma gestão que apesar de arrecadar, não trabalha a potencialidade da redução dos custos.

Já em relação aos parâmetros utilizados para a cobrança, Ventura e Shibasaki (2016) realizaram uma pesquisa da forma de cobrança dos serviços de manejo de resíduos sólidos no Brasil na qual foi constatado a utilização da tarifação vinculada a parâmetros como: pavimentação, imóvel edificado, área do terreno, área construída do imóvel, número de contribuintes, bairro/distância do imóvel, preço do serviço de tratamento, massa gerada de resíduos, consumo de água, coleta de esgoto, frequência de coleta e categoria do imóvel.

3.8.4 Cobrança dos Serviços de Manejo dos RSD em Teresina

Na cidade de Teresina, recentemente foi instituída a Taxa de Serviços de Coleta, Transporte e Disposição Final de Resíduos Sólidos Domiciliares (TCRD), por meio Lei nº 4.974, de 26 de dezembro de 2016. Essa taxa é calculada considerando-se o valor estimado da prestação de serviços e o potencial de geração anual de resíduos na edificação, sendo lançada em conjunto com o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Na notificação de lançamentos são indicados os elementos de cada tributo e os valores correspondentes.

Em Teresina, a TCRD é cobrada apenas dos imóveis residenciais cujo valor venal ultrapasse R\$45.000,00 (quarenta e cinco mil reais). Nessa Classificação são seguidos os critérios de avaliação imobiliária da Secretaria Municipal de Finanças, cabendo a ressalva que o imóvel só estará isento se o seu proprietário nele resida e não possua outro imóvel no Município.

A metodologia de cálculo do TCRD é detalhada na Tabela 10, na qual podemos observar que existem duas equações para a determinação do Potencial de Geração de Resíduos (PGR), dependendo da faixa de área construída do imóvel. Na Tabela 9 é possível verificar a variação dos índices utilizados na PGR, que variam de acordo com as características do imóvel, nesse caso foram delimitados as imóveis residências e os comerciais.

Assim, verifica-se que o PGR não contempla características socioeconômicas (tampouco o número de habitantes por domicílio) e de consumo dos domicílios, que como exposto nos capítulos anteriores são importantes previsores da geração e composição dos resíduos. Logo o PGR torna-se bastante “limitado” ao ignorar o complexo mosaico urbano da cidade de Teresina, marcado por profundas disparidades.

Além disso, por essa legislação, conforme discriminado na Tabela 10, que o custo anual dos manejos dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Teresina, de acordo com a cobrança do IPTU de 2018 é de R\$ 183,89 por tonelada.

Tabela 9 - Índices da PGR

Índice	Imóvel	
	Residencial	Comercial e Prestador de Serviço
C_1	0,09	0,12
C_2	0,04	0,06
γ	0,25	0,25
N	365	365

Fonte: Adaptado de PMT (2018).

Tabela 10 - Metodologia de cálculo da TCRD

Determinação do Potencial de Geração de Resíduos - PGR	
Imóveis maiores que 500 m ²	$PGR = A * C_1 * \gamma * N$
Imóveis menores que 500 m ²	$PGR = [(500 * C_1) + (A - 500) * C_2] * \gamma * N$
PGR = Potencial de geração de resíduos anuais, expresso em kg; A = Área da edificação, expresso em m ² ; C ₁ , C ₂ = Coeficiente de geração de resíduos, expresso em l/m ² ; γ = Densidade aparente dos resíduos, expresso em kg/l; N = Número de dias por ano.	
TCRD	
$TCRD = \frac{PGR * PSEER}{3000}$	
PGR = Potencial de geração de resíduos anuais, expresso em kg; PSEER = Preço Unitário do Serviço, corresponde ao valor unitário referencial, relativo ao preço dos serviços de coleta, remoção e disposição final dos resíduos sólidos, expresso em reais por tonelada (R\$183,89).	

Fonte: Adaptado de PMT (2018).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.9.1 Estatística descritiva

Para Field (2009) para um dado ser bem descrito é necessário a obtenção da média, moda, mediana, desvio padrão, variância e amplitude. Mas antes disso, devem ser analisadas as seguintes hipóteses:

- Distribuição normal dos dados: assume-se que os dados foram obtidos de uma ou mais populações normais. Nesse sentido, se as amostras se aproximam de uma distribuição normal, é razoável assumir que as populações também serão.
- Homogeneidade da variância: nesse caso assume-se que as variâncias devem ser as mesmas para as diferentes populações sendo consideradas. Assim, as amostras devem possuir variâncias próximas, uma vez que foram retiradas de populações com a mesma variância.
- Dados por intervalo: nessa hipótese, assume-se que os dados devem ser mensurados na mesma escala, ou seja, a distância entre os pontos da sua escala deve ser constante em todas as partes da escala.
- Independência: Essa hipótese considera que comportamento de um participante não influencia o comportamento de outro, ou seja, os dados de participantes diferentes são independentes.

A normalidade dos dados dever ser verificada. Nesse sentido, Landau e Everitt (2004) e Field (2009) recomendam que para amostras com menos de 50 dados seja empregado o teste de Shapiro-Wilk, no qual se a significância for maior que 0,05 assume-se que a amostra é paramétrica, ou seja, tem distribuição normal, e para significância menor que 0,05 assume-se que a distribuição é não-paramétrica, ou seja, não possui distribuição normal.

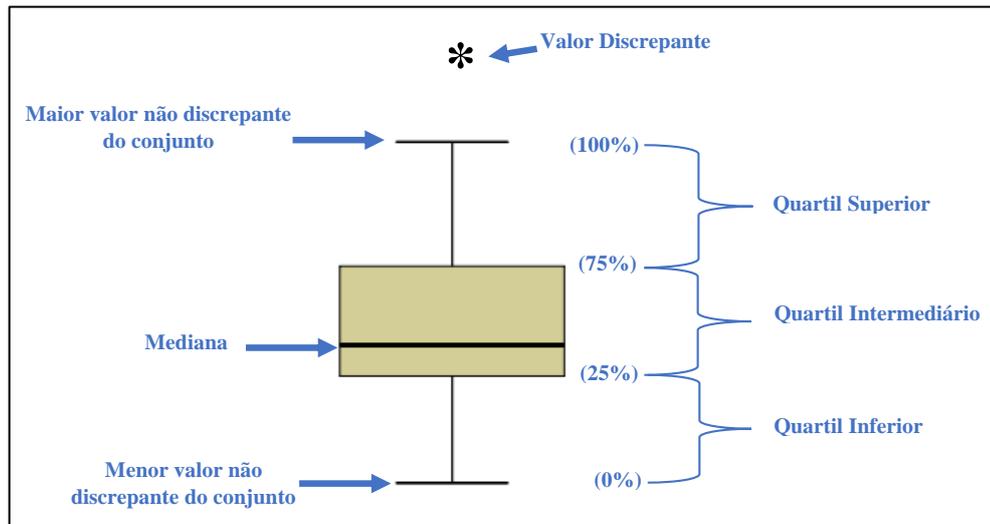
Field (2009) recomenda que sejam verificadas a assimetria e a curtose, que devem ser nulas em uma distribuição normal. Quanto mais distantes esses valores estiverem de zero, maior a indicação que os dados não possuem distribuição normal, sendo assim necessária a padronização dos valores, ou seja, transforma-los em escores-z.

Todos os autores anteriormente citados, recomendam que na estatística descritiva sejam apresentados os diagramas de caixa, ilustrado na Figura 22, que representam entre outros aspectos a variância da variável, com a indicação da distribuição dos dados, onde uma linha na parte inferior do Diagrama de Caixa indicada o menor escore, uma linha na parte superior indica o maior escore, e uma linha mais grossa na parte central indica a mediana. Nesses diagramas

também são representados os valores discrepantes, que são valores atípicos, ou seja, apresentam um grande distanciamento dos demais valores.

Nos Diagramas de Caixa também são mostrados os quartis, da seguinte maneira: (i) o quartil superior é delimitado pela distância entre a linha mais superior com a aresta superior do box; (ii) o quartil intermediário é delimitado pela distância entre as arestas superior e inferior, e (iii) o quartil inferior é delimitado pela aresta inferior do box e a linha mais inferior.

Figura 22 - Componentes do Diagrama de Caixa



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.9.2 Correlação estatística

De acordo com Field (2009) uma correlação é uma medida do relacionamento linear entre variáveis, expresso estatisticamente através de um coeficiente de correlação. Assim, as variáveis podem: (i) estar positivamente relacionada, (ii) não estar relacionadas de forma alguma ou (iii) elas podem estar negativamente relacionadas.

A partir da normalidade da amostra é feita a escolha do coeficiente de correlação a ser empregado, sendo os mais comuns: coeficiente de Pearson, coeficiente de Spearman e coeficiente de Tau de Kendall. Wright (2002) indica que a correlação de Pearson é recomendada na suposição de normalidade bivariada para as duas variáveis testadas, e no caso de os dados violarem a suposição paramétrica, recomenda-se que seja realizado os testes não-paramétricos, coeficiente de Spearman e coeficiente de Tau de Kendall, sendo este último indicado apenas para pequenas amostras.

Para Field (2009), o coeficiente de correlação é uma medida padronizada de um efeito observado, sendo usado como uma medida do tamanho de efeito, e tem como valores de referência: valores de $\pm 0,1$ representam um efeito pequeno; $\pm 0,3$, um efeito médio e $\pm 0,5$, um efeito grande.

Landau e Everitt (2004) e Field (2009) a correlação deve ser analisada em conjunto com a significância estatística, ou seja, que a probabilidade dessa correlação ser aleatória (“um golpe de sorte”). Nesse sentido, quanto menor esse valor da significância, melhor a qualidade da correlação, onde, em geral convencionam-se qualquer valor de probabilidade abaixo de 0,05 como sendo estatisticamente significativo, sendo assim considerado como um indicativo de um efeito genuíno da correlação.

3.9.3 Análise de Componentes Principais (ACP)

Para Hair *et al.* (2009), a Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica de análise fatorial, é uma abordagem estatística que pode ser usada para analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicá-las em termos de fatores, ou seja, essa técnica condensa a informação contida em um conjunto de variáveis originais em um conjunto simplificado de variáveis estatísticas com perda mínima de informação. É uma técnica indicada quando a meta principal é a redução de dados, pois considera a variância total, ao invés da variância única.

Buscando uma simplificação do conceito de ACP, Neto (2004) e Field (2009) explicam essa técnica a partir de um sistema cartesiano, onde os pontos no espaço são as variáveis originais, e os eixos cartesianos são os componentes principais, e cada ponto pode ser descrito em termos de X, Y e Z. Dessa forma, de acordo com sua localização, os dados têm valores medidos diferentes, ou seja, um ponto pode ter componente X muito maior que a componente Y, logo o eixo X “explicaria” melhor esse ponto, sendo então esse dado agrupável a outros pontos que apresentem o mesmo comportamento. Assim, cada componente principal pode ser entendido como uma combinação linear de todas as variáveis originais.

De acordo com Neto (2004) as variáveis originais de ACP possuem a mesma importância estatística entre si, enquanto que as componentes principais têm importância estatística decrescente, cabendo então à análise que quais componentes explicam e simplificam o problema analisado.

Field (2009) indica que essa técnica é altamente indicada quando: (i) se deseja entender a estrutura de um conjunto de variáveis, (ii) construir um questionário para medir uma variável

subjacente e (iii) reduzir um conjunto a um tamanho mais manejável, enquanto se retém o máximo possível da informação original.

No processo de ACP, Landau e Everitt (2004) e Field (2009) recomenda que se deve escolher um número de componentes para resumir adequadamente um conjunto de dados multivariados, ou seja, se os primeiros fatores extraídos representam grande parte da variância total das variáveis observadas, eles podem ser utilizados para fornecer um resumo conveniente dos dados e simplificar as análises subsequentes.

3.9.4 Regressão Linear

Miles e Shevlin (2001) indicam que apesar da correlação ser uma ferramenta útil para avaliar o poder de predição das variáveis, apenas no modelo de regressão se pode avaliar o poder preditivo dos dados de forma a se atingir um modelo de previsão de valores. O Autor considera que de acordo com o número de variáveis podemos ter o modelo de regressão simples e o modelo de regressão múltipla, sendo que este último busca prever um resultado a partir de diversas variáveis previsoras.

Neto (2004) aponta que a regressão linear múltipla é uma técnica utilizada para se estabelecer uma relação entre um conjunto de variáveis independentes com uma variável dependente, a partir de uma relação matemática, de forma a se produzir uma equação para predição de valores da variável dependente a partir da entrada de valores das variáveis independentes.

Em relação ao modelo de regressão múltipla, Field (2009) trata as variáveis dependentes como saída ou resultado, e as variáveis independentes como previsores, e justifica esses termos a partir da natureza de uma pesquisa correlacional, as variáveis são mensuradas simultaneamente sem um controle restrito, ou seja, não há um controle das variáveis independentes para medir o efeito na variável dependente.

Dessa forma Landau e Everitt (2004) aponta que o resultado de uma regressão remete a um ajuste de dados para a predição de algum tipo de comportamento, e remete a uma das respostas possíveis, ou seja, todo modelo de regressão vai estar associado a um erro.

Field (2009) aponta que o modelo de regressão múltipla, é basicamente o mesmo da regressão simples, exceto que para cada predictor extra que for incluído, um coeficiente é adicionado. Dessa maneira deve-se tomar cuidado com os previsores a serem utilizados porque os coeficientes de regressão dependem deles, assim, um bom modelo deve atender duas condições: (i) representar bem os dados e (ii) ser generalizável a outras amostras.

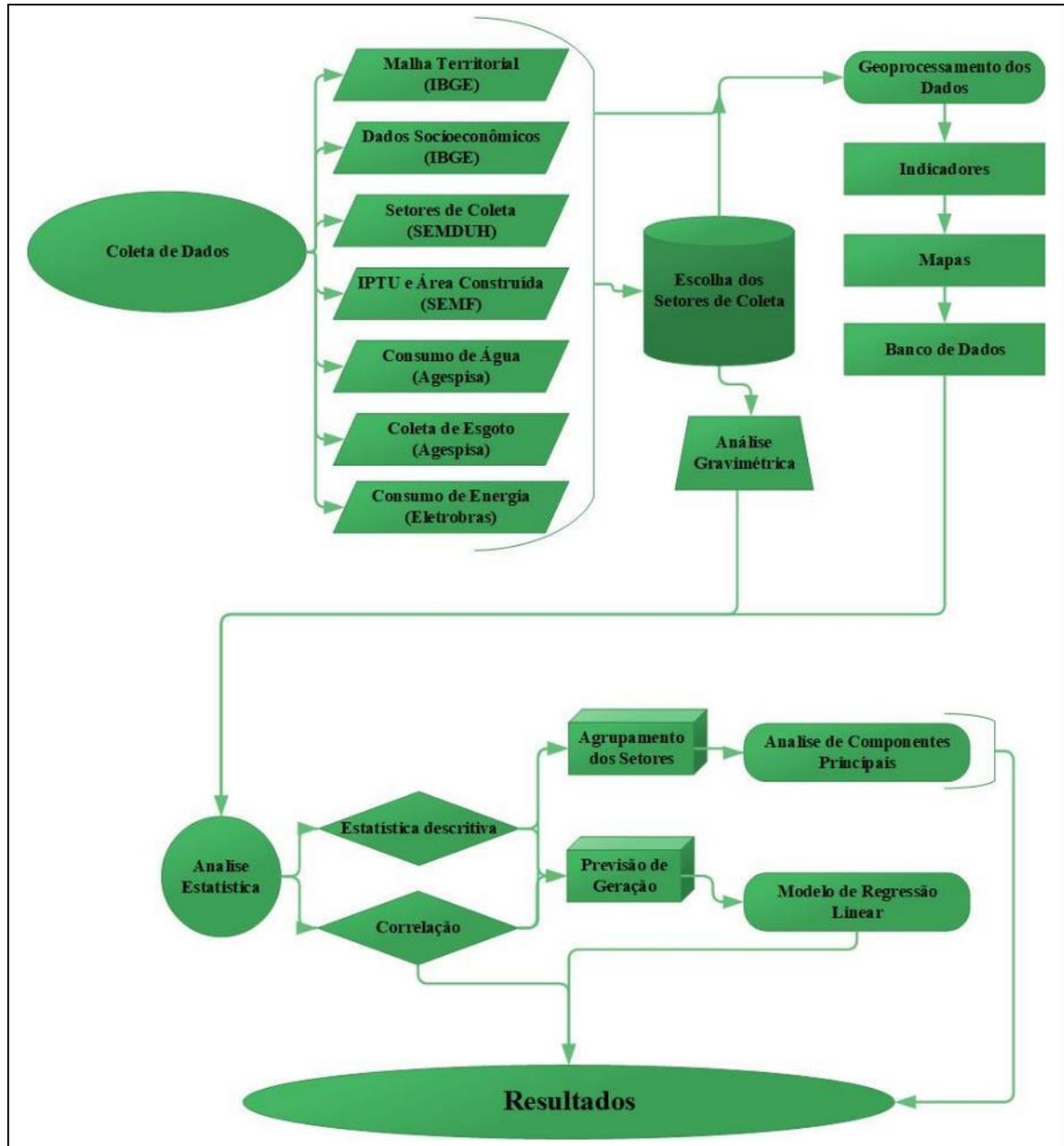
Miles e Shevilin (2001) indicam que uma das principais formas de se avaliar a qualidade de uma regressão é através dos resíduos, que indicam o erro que está presente no modelo, ou seja, indica as diferenças entre os valores previstos pelo modelo e os valores observados na amostra. Assim, para termos um bom modelo, os resíduos devem aderir perfeitamente aos dados, ou seja, todos os pontos estarão sobre a linha de regressão.

4 METODOLOGIA

Para melhor compreensão do procedimento metodológico, é apresentado na Figura 23 um fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa. Nesse fluxograma em um primeiro momento são apresentados os dados coletados (e os respectivos órgãos responsáveis), que além de subsidiar a escolha dos setores de coleta, foram submetidos à geoprocessamento para a extração dos indicadores de gestão. Concomitante a essa atividade, também houve uma atividade de campo para a obtenção da composição gravimétrica desses setores.

De posse dos indicadores e da composição gravimétrica dos setores, foi realizada a apresentação direta dos resultados, seguida de uma análise estatística, que teve por objetivo dois pontos principais: agrupar os setores de coleta selecionado, em distritos de características comuns, em um primeiro momento de acordo com os indicadores de gestão, e em seguida pela composição gravimétrica; e, a partir dos indicadores levantados, propor uma equação de previsão de geração per capita dos resíduos.

Figura 23 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa



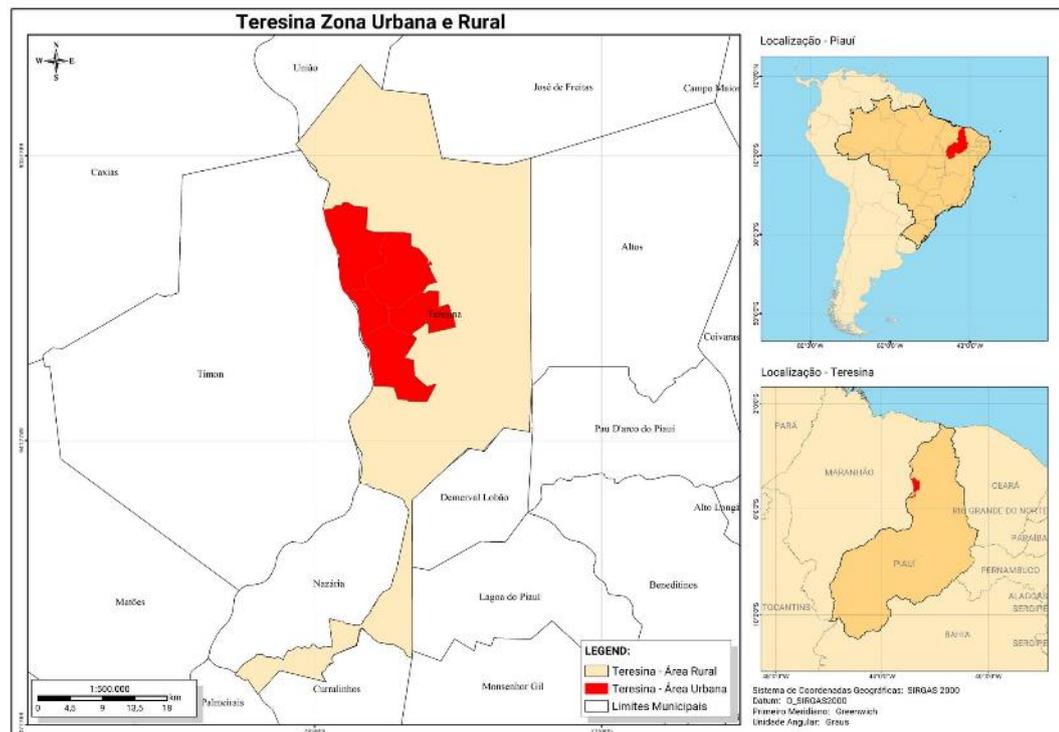
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Localização

A cidade de Teresina é a capital do Estado do Piauí, situado geograficamente no Meio-Norte ou Nordeste ocidental do Brasil, tendo como limites o oceano atlântico ao Norte, os Estados do Ceará e de Pernambuco a Leste, Bahia e Tocantins ao Sul e o estado do Maranhão a Oeste, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Mapa de Localização da Cidade de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.2 Perfil Municipal

De acordo com o IBGE (2018), no último censo demográfico, no ano de 2010, Teresina possuía uma população de 814.230 habitantes, em uma área de 1.392 km², correspondente a 0,55% da área do estado do Piauí, sendo 83% dessa área rural e 17% urbana, como delimitado na Figura 23. A população estimada para o ano de 2017 foi de 850.198 habitantes, indicando assim uma taxa de crescimento em relação ao ano de 2010 de 0,43%.

Na Tabela 11 é apresentada a evolução da população de Teresina, pela qual podemos observar que a taxa de crescimento populacional vem sofrendo uma queda ao longo dos anos, acompanhada de um crescimento da população urbana e redução da população rural, impulsionado pelo o avanço do perímetro urbano em direção às áreas periféricas.

Tabela 11 - Informações Populacionais de Teresina

Período	População Total (hab)	População Urbana (%)	População Rural (%)	Densidade Demografica (hab/km²)	Taxa de Crescimento (no período)
1970	220.487,00	82,10%	17,90%	121,88	4,45%
1980	371.988,00	91,10%	10,20%	205,63	5,70%
1991	599.272,00	92,90%	7,10%	329,58	4,38%
2000	715.360,00	94,70%	5,30%	425,58	1,96%
2010	814.230,00	94,30%	5,70%	584,94	1,31%
2017*	850.198,00	-	-	-	0,43%

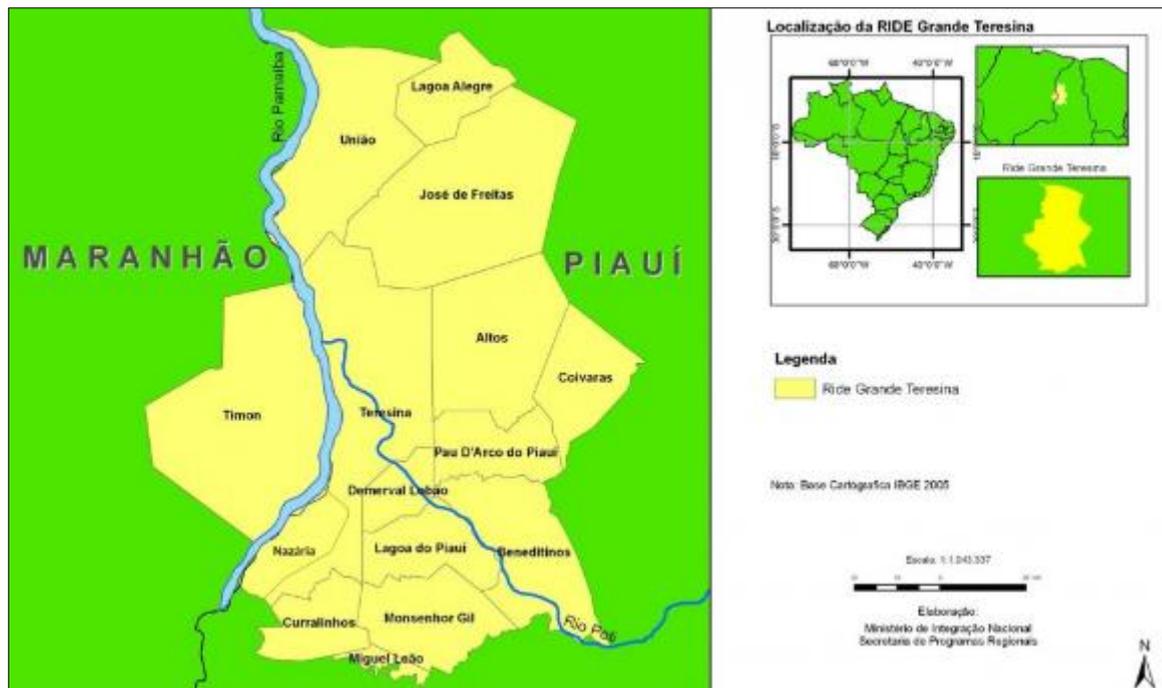
*Dados estimados pelo IBGE

Fonte: Adaptado de Teresina (2016), com dados de IGBE (2018).

Teresina possui um caráter metropolitano, sendo um polo atrativo, tanto como centro comercial, como também como centro prestador de serviços, em especial nas áreas de saúde e educação, com raio de influência em quase toda a Região Norte e Nordeste do país. Fato que impulsionado a criação da Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) Grande Teresina, pela Lei Complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001, a qual foi regulamentada pelo Decreto nº 4.367, de 9 de setembro de 2002, que além de Teresina engloba mais 13 municípios do Piauí (Altos, Beneditinos, Coivaras, Currealinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Pau D'Arco do Piauí, Teresina e União) e um do Estado do Maranhão (Timon) (BRASIL, 2013).

Na Figura 25, ilustra-se a localização dos municípios integrantes da RIDE Grande Teresina.

Figura 25 - RIDE Grande Teresina



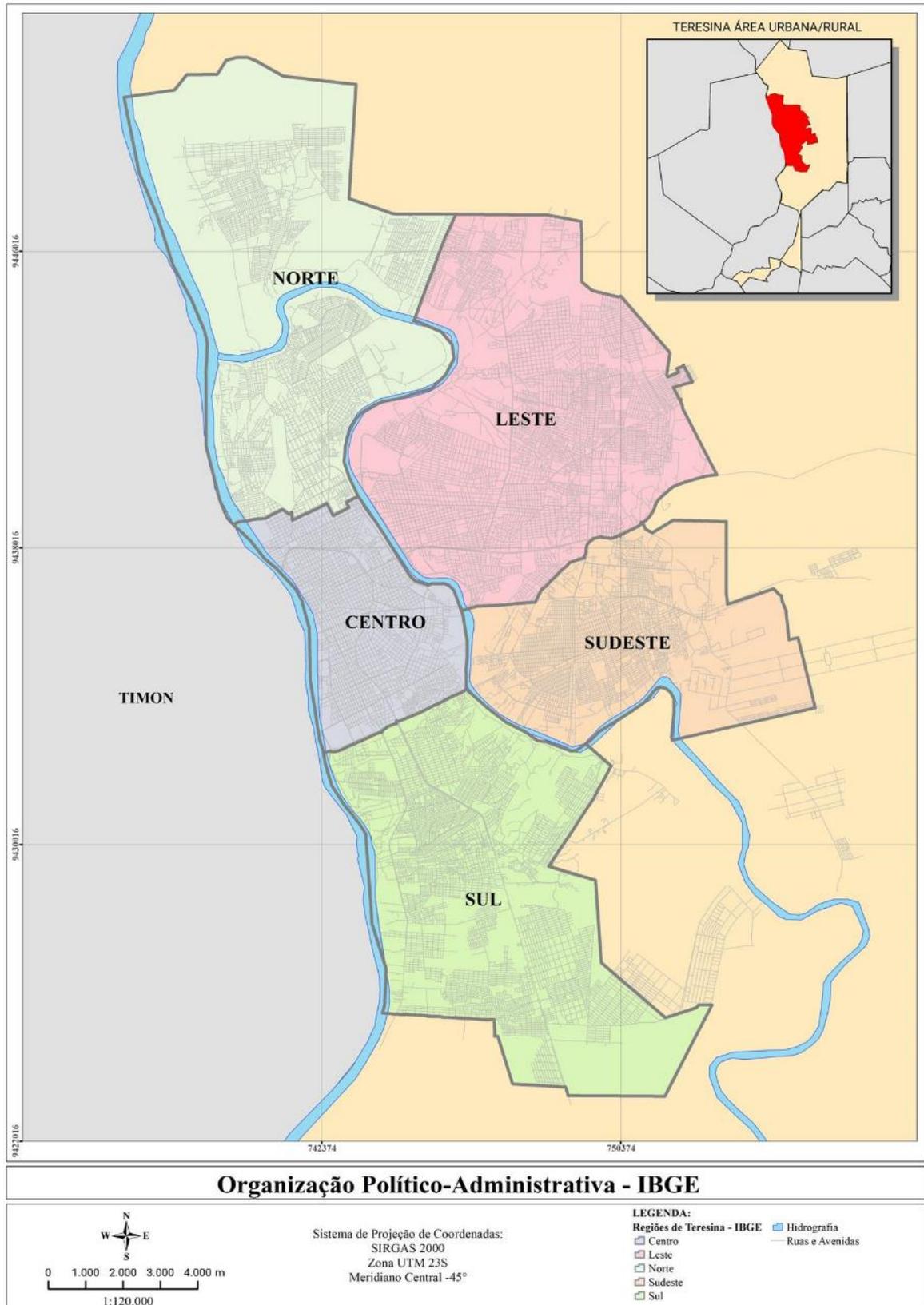
Fonte: (BRASIL, 2013).

Nesse sentido, Teresina, por ser o núcleo dessa RIDE, possui uma população flutuante significativa que deve ser delimitada nas políticas públicas da cidade. Além disso, toda a estrutura administrativa do Governo do Estado do Piauí concentra-se em Teresina, aumentando a preocupação com a população transitória.

No diagnóstico da infraestrutura socioeconômica e cultural da cidade de Teresina, realizado em 2016 pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN), apontou-se que nas últimas três décadas houve um aumento populacional de cerca de 100%, correspondente a um crescimento absoluto de 462.826 habitantes, que não foi acompanhado pelos investimentos necessários em infraestrutura e serviços urbanos, construindo para o atual cenário de baixos índices nos serviços de saneamento, mobilidade urbana e infraestrutura.

De acordo com a classificação adotada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, indicada em IBGE (2010b), a cidade de Teresina divide-se em cinco regiões político-administrativas (Norte, Centro, Leste, Sudeste e Sul), conforme ilustrado na Figura 26, divisão que é adotado nos censos demográficos e demais estudos do órgão.

Figura 26 - Organização Político-Administrativa de Teresina, IBGE



Fonte: Elaborado pelo Autor.

De acordo com SEMPLAN (2016) a capital piauiense possui um mosaico urbano complexo, resultado de sua ocupação gradativa, onde cada região vivenciou diferentes circunstâncias e momentos políticos, e assim, o perfil dos aglomerados urbanos de Teresina foi definido com o tempo, e necessitam de abordagens diferenciadas. Nesse sentido, por motivos administrativos, a área urbana de Teresina foi dividida em quatro regiões (Centro/Norte, Sul, Leste e Sudeste), conforme descrito na Tabela 12, cada uma delas ficando sob a responsabilidade político-administrativa de uma Superintendência de Desenvolvimento Urbano (SDU), criadas através da Lei N° 2.960 e 2.965, de 26 de dezembro de 2000, com a finalidade de colocar os serviços prestados mais próximos da população teresinense.

Nesse sentido, em razão do complexo mosaico urbano da capital piauiense, a SEMPLAN, no diagnóstico da infraestrutura socioeconômica e cultural da cidade de Teresina, uma das contribuições da Agenda 2030 – pactuação entre poder público e sociedade das metas locais para o desenvolvimento sustentável de capital, alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), traz um plano de metas e ações para a construção de cidades sustentáveis para as pessoas –, aponta a necessidade de dividir as regiões administrativas da cidade de Teresina de modo a se obter delimitações geográficas que guardem entre si menores distâncias e maiores semelhanças e que, por essas razões, merecem intervenções diferenciadas do poder público, conforme ilustrado na Figura 27.

Na Figura 27, podemos observar que as regiões administrativas de Teresina foram subdivididas da seguinte forma: Leste (Leste I, Leste II e Leste III), Sul (Sul I e Sul II), Centro/Norte (Norte I, Norte II e Centro) e Sudeste (Sudeste I e Sudeste II). Totalizando assim 10 subzonas.

Vale destacar que apesar da a classificação proposta pela SEMPLAN, em SEMPLAN (2016), ser bastante plausível, possui espacialização conflitante com a divisão territorial utilizada pelo IBGE nos censos demográficos, ilustrada na Figura 26, na qual a cidade de Teresina possui cinco regiões (Centro, Sul, Leste, Sudeste e Norte).

No trabalho foi adotada a setorização proposta por SEMPLAN (2016), por apresentar unidades como características socioeconômicas e ocupacionais mais homogêneas, sendo assim necessário um tratamento das informações socioeconômicas do IBGE para ajusta-las na base adotada pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT).

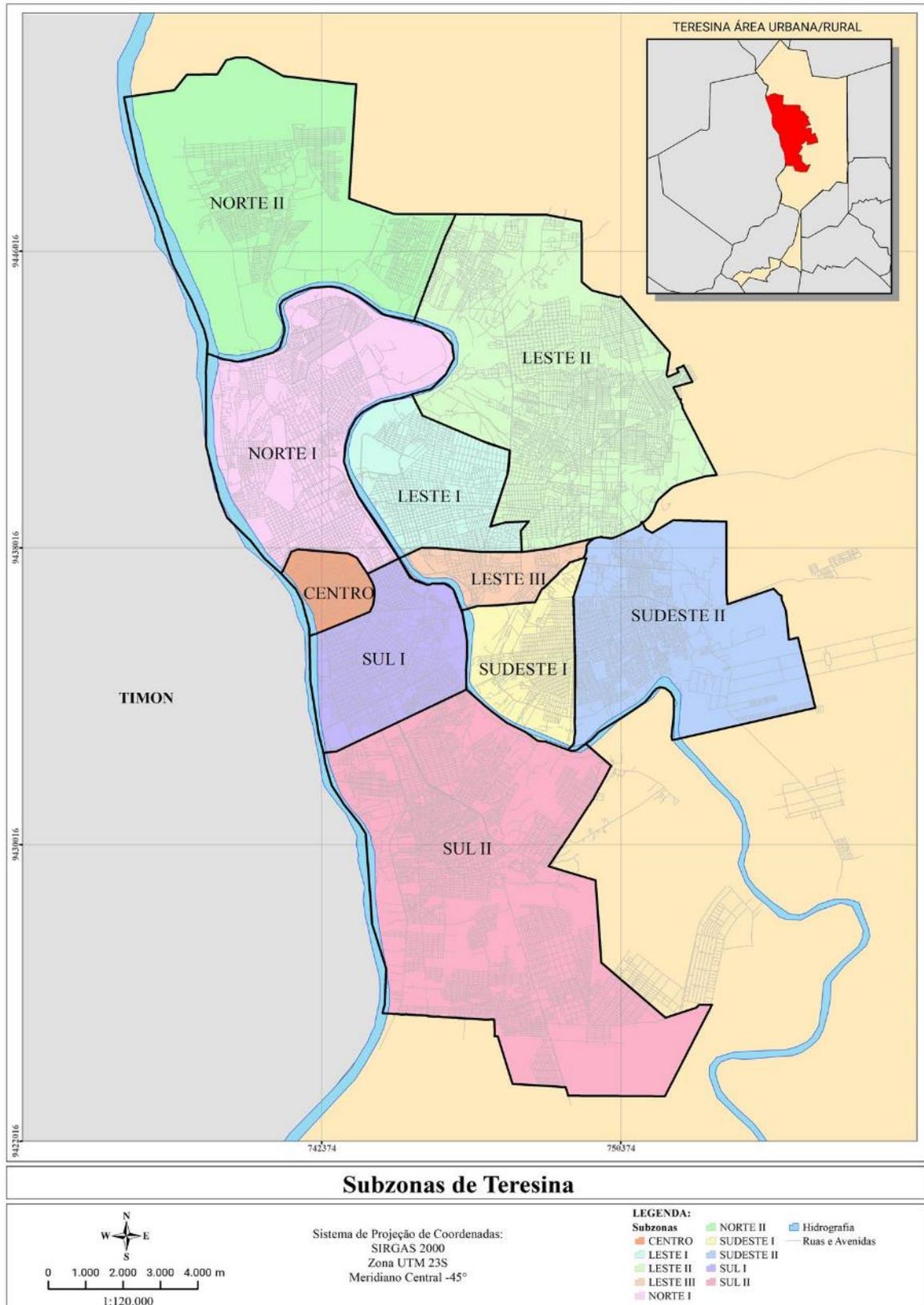
Tabela 12 - Regiões Administrativas de Teresina

REGIÃO ADMINISTRATIVA	Nº DE BAIROS	ÁREA TERRITORIAL	POPULAÇÃO RESIDENTE	DENSIDADE DEMOGRÁFICA	BAIROS
SDU Sul	35 (trinta e cinco); 28,5% do total;	68,88 km ² ; 28,7% da AU*;	237.059 pessoas; 30,9% da PU**;	3.441,62 hab/km ²	Angélica, Angelim, Areias, Bela Vista, Brasilar, Catarina, Cidade Nova, Cristo Rei, Distrito Industrial, Esplanada, Lourival Parente, Macaúba, Monte Castelo, Morada Nova, Nossa Senhora Das Graças, Parque Jacinta, Parque Juliana, Parque Piauí, Parque São João, Parque Sul, Pedra Miúda, Piçarra (Também incluso na SDU Centro Norte), Pio XII, Portal da Alegria, Promorar, Redenção, Saci, Santa Cruz, Santa Luzia, Santo Antônio, São Lourenço, São Pedro, Tabuleta, Três Andares, Triunfo e Vermelha.
SDU Leste	29 (vinte e nove); 23,6% do total;	62,87 km ² ; 26,2% da AU*;	167.443 pessoas; 21% da PU**;	2.663 hab/km ²	Árvores Verdes, Campestre, Cidade Jardim, Fátima, Horto, Ininga, Jóquei, Morada Do Sol, Morros, Noivos, Novo Uruguai, Pedra Mole, Piçarreira, Planalto, Porto Do Centro, Recanto Das Palmeiras, Samapi, Santa Isabel, Santa Lia, São Cristóvão, São João, Satélite, Socopo, Tabajaras, Uruguai, Vale Do Gavião, Vale Quem Tem, Verde Lar e Zoobotânico.
SDU Sudeste	19 (dezenove); 15,4% do total;	36,69 km ² ; 15,3% da AU*;	134.119 pessoas; 17,5% da PU**;	3.655 hab/km ²	Beira Rio, Bom Princípio, Colorado, Comprida, Extrema, Flor Do Campo, Gurupi, Itararé, Livramento, Novo Horizonte, Parque Ideal, Parque Poti, Redonda, Renascença, São Raimundo, São Sebastião, Tancredo Neves, Todos Os Santos E Verde Cap.
SDU Centro/Norte	40 (quarenta); 32,5% do total;	71,51 km ² ; 29,8% da AU*;	228.906 pessoas; 29,8% da PU**;	3.201 hab/km ²	Acarape, Aeroporto, Água Mineral, Alegre, Alto Alegre, Aroeiras, Bom Jesus, Buenos Aires, Cabral, Centro, Chapadinha, Embrapa, Frei Serafim, Ilhotas, Itaperu, Jacinta Andrade, Mafrense, Mafuá, Marquês, Matadouro, Matinha, Memorare, Mocambinho, Monte Verde, Morro Da Esperança, Nova Brasília, Olarias, Parque Alvorada, Parque Brasil, Piçarra (Também Incluso Na SDU Sul), Pirajá, Por Enquanto, Poti Velho, Primavera, Real Copagre, Santa Maria, Santa Rosa, São Joaquim, Vila Operária e Vila São Francisco.

*PU – População Urbana; **AU – Área Urbana

Fonte: adaptado de SEMPLAN (2016).

Figura 27 - Subzonas de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

As subzonas delimitadas em SEMPLAN (2016), ilustradas na Figura 27, podem ser descritas da seguinte forma:

- a. Subzona Leste I: concentra o maior poder aquisitivo e melhor infraestrutura urbana da cidade, sendo a mais antiga da zona Leste, se destaca pela predominância da oferta de serviços de saúde e educação pela iniciativa privada, bem como um diversificado mercado com lojas refinadas, restaurantes, boates, empresas de prestação de serviço, escritórios de profissionais liberais;
- b. Subzona Leste II: área da zona Leste de ocupação recente, inicialmente povoada por pessoas mais carentes através de invasões e parcelamentos de grandes lotes de terra, sem a devida infraestrutura urbana. Atualmente é crescente a ocupação pela classe média e alta, impulsionada principalmente pelo ramo imobiliário que começou a implantar loteamentos urbanos com a infraestrutura necessária;
- c. Subzona Leste III: é a mais recente da zona leste, a princípio as residências instaladas na área eram simples e geminadas, com comércio simples, mas com o tempo, surgiram os loteamentos direcionados a classe média alta, o que contribuiu para mudar o perfil socioeconômico do bairro, bem como a construção de importantes polos de entretenimento, educação e comércio;
- d. Subzona Centro: abriga o centro comercial da cidade, palácio do governo do município, concentrando grande parte dos serviços públicos, assim como polos de educação e saúde;
- e. Subzona Norte I: área mais antiga e tradicional da cidade, possui boa infraestrutura urbana, energia elétrica, água domiciliar, transporte coletivo, escolas, estrutura de assistência à saúde, melhor estrutura de segurança, mais oportunidades de empregos, tendo como limites os rios, a zona leste e o centro da cidade;
- f. Subzona Norte II: ocupação mais recente da zona norte, fruto da incorporação, recente, de áreas rurais. Serviu preferencialmente para receber conjuntos habitacionais populares, tendo também sofrido ocupação de diversas áreas por moradores sem teto. Possui uma infraestrutura urbana deficitária, com fornecimento precário de energia elétrica, abastecimento de água potável, sistema de segurança, estrutura de assistência à saúde e a educação. Também não possui estrutura para gerar oportunidades de emprego;

- g. Subzona Sul I: ocupação mais antiga da zona sul, com melhor infraestrutura urbana. População de melhor renda familiar, contando com uma estrutura de assistência à saúde e a educação, bem como diversas oportunidades de empregos no comércio varejista, nas atividades de prestação de serviços, na educação – com a instalação de diversas instituições de ensino superior –, na saúde, com diversos investimentos em clínicas e Hospitais, e na indústria;
- h. Subzona Sul II: área de ocupação recente, mesclando diversas condições de vida, onde aqueles que vivem nos conjuntos habitacionais usufruem de uma melhor infraestrutura urbana do que aqueles que, de forma precária, vivem nas vilas e favelas. O principal eixo de expansão dessa região são os leitos das rodovias BR-316 e PI-130, que propiciaram a mobilização e o surgimento de diversos conjuntos residenciais, loteamentos populares, vilas e favelas;
- i. Subzona Sudeste I: área mais antiga da zona sudeste, iniciado de forma rápida pela construção do conjunto Dirceu Arcoverde, e seguido de um processo de ocupação lento e heterogêneo, gerando diferenças na densidade populacional e nos diferentes níveis de infraestrutura urbana, fazendo com as ocupações mais recentes, sejam muito dependentes do conjunto Dirceu Arcoverde. Nessa região está a maior estrutura, com equipamentos de prestação de serviços à saúde, educação e assistência social;
- j. Subzona Sudeste II: nasceu da expansão da zona sudeste, com a incorporação de vastas áreas da zona rural ao perímetro urbano, seja através de invasões, ou conjuntos habitacionais do governo. A estrutura de oferta da educação, saúde e assistência social tem melhorado, mas a população ainda continua com fortes vínculos com as estruturas públicas instaladas no grande Dirceu.

4.1.3 Caracterização da Coleta

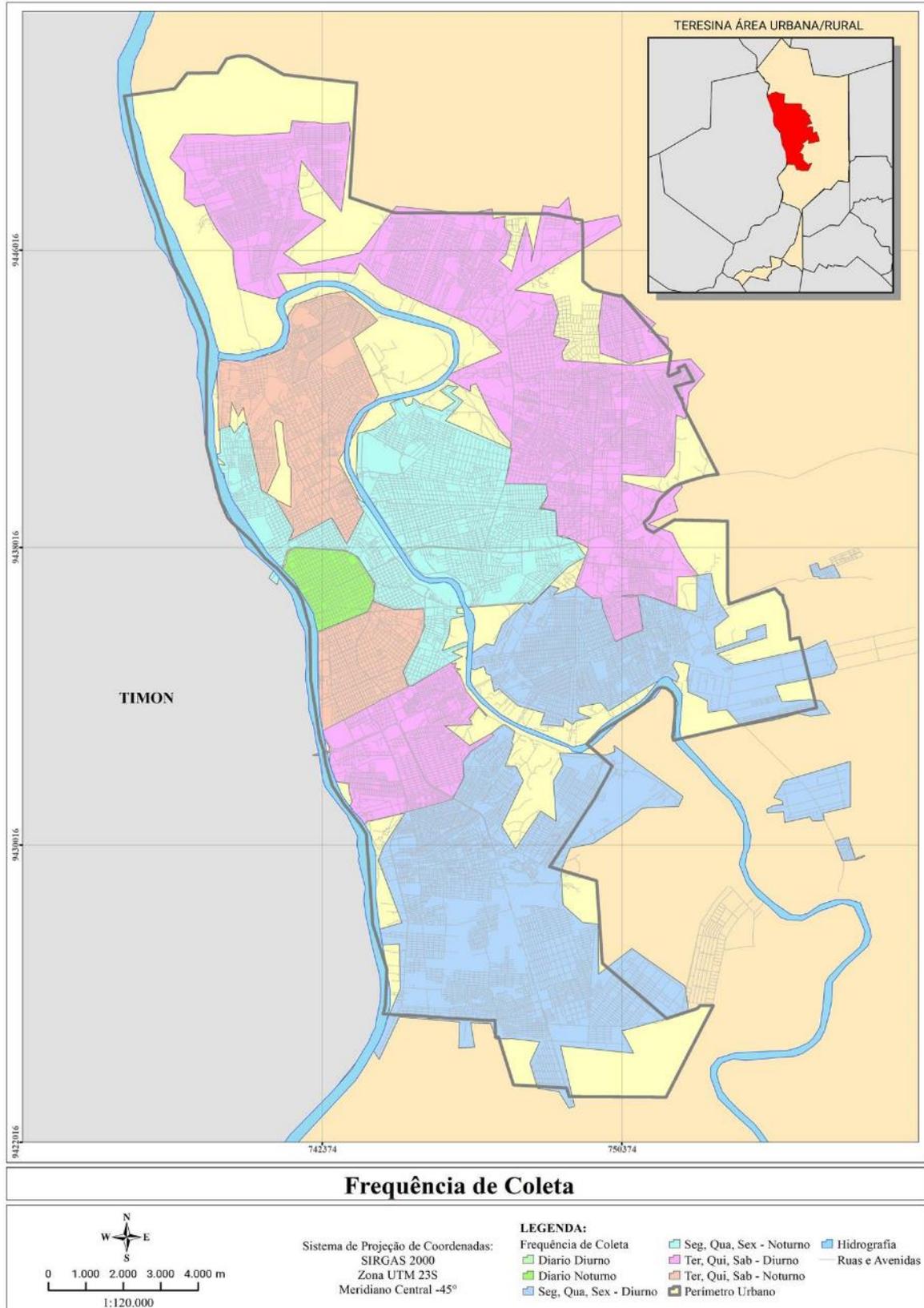
A coleta dos resíduos sólidos domiciliares em Teresina durante a execução da pesquisa era realizada por uma empresa terceirizada, sob supervisão da Coordenação Especial de Limpeza Pública (CELIMP), pertencente à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH).

A coleta dos resíduos domiciliares da cidade de Teresina é do tipo indiferenciada porta-a-porta empregando uma frota 28 caminhões compactadores de capacidade de 12m³. Cada caminhão fica responsável por um setor durante um turno, perfazendo geralmente duas viagens para atender toda a rota de coleta.

O Plano de coleta da capital é composto por 88 setores de coleta convencional, agrupados em 4 seções de frequência: seção I (diurno, as terças, quintas e sábados), seção 2 (diurno, as segundas, quartas e sextas), seção III (noturno, terças, quintas e sábados) e seção IV (noturno, segundas, quartas e sextas), com a observação que alguns bairros como Morada Nova, João Emilio Falcão, e a região do Centro de Teresina possuem coleta diária.

Na Figura 28, ilustram-se as seções de frequência da cidade de Teresina. Cabe destacar que os setores pertencentes à seção I iniciam-se pela numeração 01 (ex.: 01-XX), os setores pertencentes a seção II, iniciam-se pela numeração 02 (ex.:02-XX) e assim por diante. Todas as informações foram coletadas junto a CELIMP em maio/2017, e representavam a realidade da coleta na época da realização da pesquisa. Os responsáveis pelo órgão mantêm um acompanhamento e atualização constantes dessas informações, inclusive incorporando novas áreas aos bairros.

Figura 28 - Seções de Frequência de Coleta



Fonte: Elaborado pelo próprio Autor.

4.2 GEOPROCESSAMENTO

Para Souza (2017) as técnicas de geoprocessamento permitem o levantamento de dados de unidades geográficas dos municípios, que no caso da gestão municipal dos resíduos sólidos urbanos, auxiliam no diagnóstico de problemas, no projeto e planejamento, na tomada de decisão, na execução de ações e na medição de resultados. Nesse sentido, o geoprocessamento aponta a localização geográfica das informações alfanuméricas (Indicadores), transformando-as em informações geográficas que auxiliem em tomadas de decisão com precisão, que de um modo geral permitem uma visão compartilhada entre características populacionais, aspectos socioeconômicos, produção, consumo e descartes dos RSU.

O Autor supracitado recomenda que as informações alfanuméricas sejam apresentadas através de mapas temáticos, elaborados a partir do cruzamento de banco de dados com bases geográficas referenciadas a uma malha padrão do espaço geográfico, que no caso brasileiro é fornecida pelo IBGE, a mesma utilizadas nos recenseamentos nacionais.

Para isso, é necessário o estabelecimento de elementos de ligação entre o banco de dados (que contém as informações alfanuméricas) e as bases geográficas (que contém as unidades geográficas), para que a partir do cruzamento dessas informações haja a espacialização dos informações desejadas, montando assim os mapas temáticos.

No entanto, geralmente existem incompatibilidades entre a delimitação geográfica e a informação alfanumérica (referenciada no geoprocessamento como atributo), ou entre a abrangência do dado e a representação final do atributo – por exemplo, uma situação que renda é fornecida por quadra, mas deseja-se obter a renda por bairro. Nesse sentido Pebesma (2018) recomenda o uso da técnica de sobreposição de mapas, que combina recursos espaciais de uma camada do mapa com as propriedades do atributo (numérico) de outro.

O geoprocessamento foi realizado com auxílio do software ArcGIS 10.6, adotando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS 2000 – estabelecido como novo Sistema de Referência Geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) pela Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005. Adotou-se o sistema de coordenadas cartesianas Universal Transversa de Mercator (UTM), na zona do Fuso 23S, que é o indicado entre os fusos 48° W e 42 ° W, hemisférios norte e sul.

4.3 SELEÇÃO DOS SETORES PARA A PESQUISA

Para a seleção dos setores desta pesquisa, inicialmente foram analisadas as seguintes informações disponibilizadas pela SEMDUH: mapas das microrregiões atendidas por cada rota de resíduos executada pela empresa terceirizada de coleta, mapa das frequências de coleta de resíduos, plano de coleta com o agrupamento das seções. Em seguida, foi realizado um levantamento de informações referentes às características específicas da população residente nessas microrregiões, tais como indicadores de padrões socioeconômicos, densidade demográfica e de estabelecimentos comerciais e domiciliares, visando principalmente abranger rotas de coleta de resíduos advindas de populações com classes socioeconômicas distintas, e de zonas geográficas específicas de maneira que todas as subzonas de Teresina fossem representadas.

As informações relacionadas ao número de habitantes e domicílios, densidade demográfica e renda média mensal dos domicílios foram obtidas em IBGE (2010), através dos resultados do universo por setor censitário, na base de informações do Censo Demográfico 2010. Notadamente, em virtude da diferença de bases geográficas, foi necessário o tratamento das informações da base do IBGE, discretizando-a para a base utilizada no mapa dos setores de coleta da capital.

Os bairros foram categorizados seguindo uma proposta de Jucá *et al.* (2014), na qual, de acordo com a renda mensal, temos quatro classes socioeconômicas: classe A (mais de dez salários mínimos), B (de cinco a dez salários), C (de dois a cinco salários) e D (até dois salários). A classificação do bairro em comercial ou residencial foi definida com base na lei complementar n° 3.560, de 20 de outubro de 2006, que trata do zoneamento urbano da cidade de Teresina.

Nesse sentido, foram selecionadas 31 rotas de coleta, conforme ilustrado na Figura 29, valor amostral que corresponde a 39,56% da população urbana de Teresina, com representatividade de todas as subzonas elencadas no planejamento da SEMPLAN. O fator de escolha preponderante dos setores foi a cobertura de bairros com maior representatividade no contexto das subzonas. Os bairros cobertos pelos setores de coleta selecionados são indicados na Tabela 13, e suas características são discriminadas na Tabela 14.

A limitação em 31 setores se deu a partir dos recursos disponíveis, pois, uma vez que eram necessários levantamentos de campo (composição gravimétrica) foi necessário trabalhar com um quantidade exequível de setores.

Tabela 13 - Setores Selecionados e Bairros Contemplados

Setores	Bairros
01-03	Alto da Ressureição e Lot. Frei Damiano
01-15	Parque Brasil I, II E III e Vila Francisca Trindade
01-21	Vila N. S. da Paz, Conj. Redenção, Vila Jerusalém e Parte do Bairro Três Andares
01-27	Tabuleta, Santa Luzia, Lot Hugo Prado e Parque Rodoviário
01-35	Santa Isabel, Novafapi, Ladeira do Uruguai, Vila Santa Joana D'arc, Gurupi
01-41	Parque Universitário, Vale do Gavião, parte do Satélite, parte dos Morros, parte do Cidade Leste, Lot. Porto do Centro e Vila Firmino Filho
01-45	Conj. Jacinta Andrade e parte da Santa Maria da Codipi
02-04	Vila Irmã Dulce, Conj. Esplanada e Lot. Sete Estrelas
02-08	Conjunto Promorar
02-10	Conjunto Parque Piauí e Vila Nova
02-14	Portal da Alegria, Teresina Sul, Palitolândia e Vila da Glória
02-20	Conjunto Dirceu
02-26	Loteamento Manoel Evangelista, Parque Poty, Lot. Firmino Filho, Conjunto São Paulo, Vila Araguaia e Renascença I
02-30	Parque Jurema, Conj. Dirceu II, Vila Verde e Vila Pantanal
02-36	Conjunto Vamos Ver o Sol, Vila Tiradentes, Parque Sul e Povoado Alegria
03-01	Vila Mocambinho II e III, Loteamento Mocambinho, Residencial São José, Parte do Conjunto Mocambinho, Vila Firmino Filho
03-05	Conj. Santa Sofia, Bom Jesus, Buenos Aires
03-09	Bairro Aeroporto, Primavera II, Conjunto Ipase I e II
03-15	Bairro Mafrense, Olarias, Vila Apolônia e Poti Velho
03-17	Parte do Monte Castelo, Piçarra, Conj. São Raimundo
03-21	Vila Nova Parnaíba, Vermelha, São Pedro
04-06	Parte do Morada do Sol e parte do Horto Florestal
04-16	Parte do São Cristóvão e parte do Santa Isabel
04-18	São João, Recanto das Palmeiras e Vila Mandacaru
04-20	Bairro dos Noivos, São João, Parte do Jóquei
04-22	Piçarra e Ilhotas
04-26	Acarapé, parte do Matadouro, Pirajá, Vila Santo Afonso, Conjunto Cintia Portela
04-30	Parte do São Cristóvão e parte do Jóquei
04-32	Cabral e Ilhotas
05-01	CENTRO NORTE/ Zona Norte, circuito que compreende entre Av. Miguel Rosa, Magalhães Filho, Areolino de Abreu e Avenida Maranhão
05-05	CENTRO SUL/ Zona Norte, circuito que compreende os seguintes limites, Av. Maranhão, Rua Paissandu, Rua M Filho, Avenida Joaquim Ribeiro

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor, a partir de informações fornecidas pela SEMDUH

Na Tabela 14 são mostradas as características gerais dos setores selecionados para a pesquisa, especializados na Figura 29. Com isso observa-se todas as Subzonas da cidade de Teresina, mostradas na Figura 27 foram representadas, em um primeiro por seus bairros típicos,

e em seguida pelos bairros periféricos, ou seja, limítrofes com outras subzonas ou na região de expansão da subzona. Nesse sentido, pela Tabela 14, além da representação de todas as subzonas, temos a representação de todas as classes socioeconômicas, estabelecendo assim a representatividade necessária ao modelo.

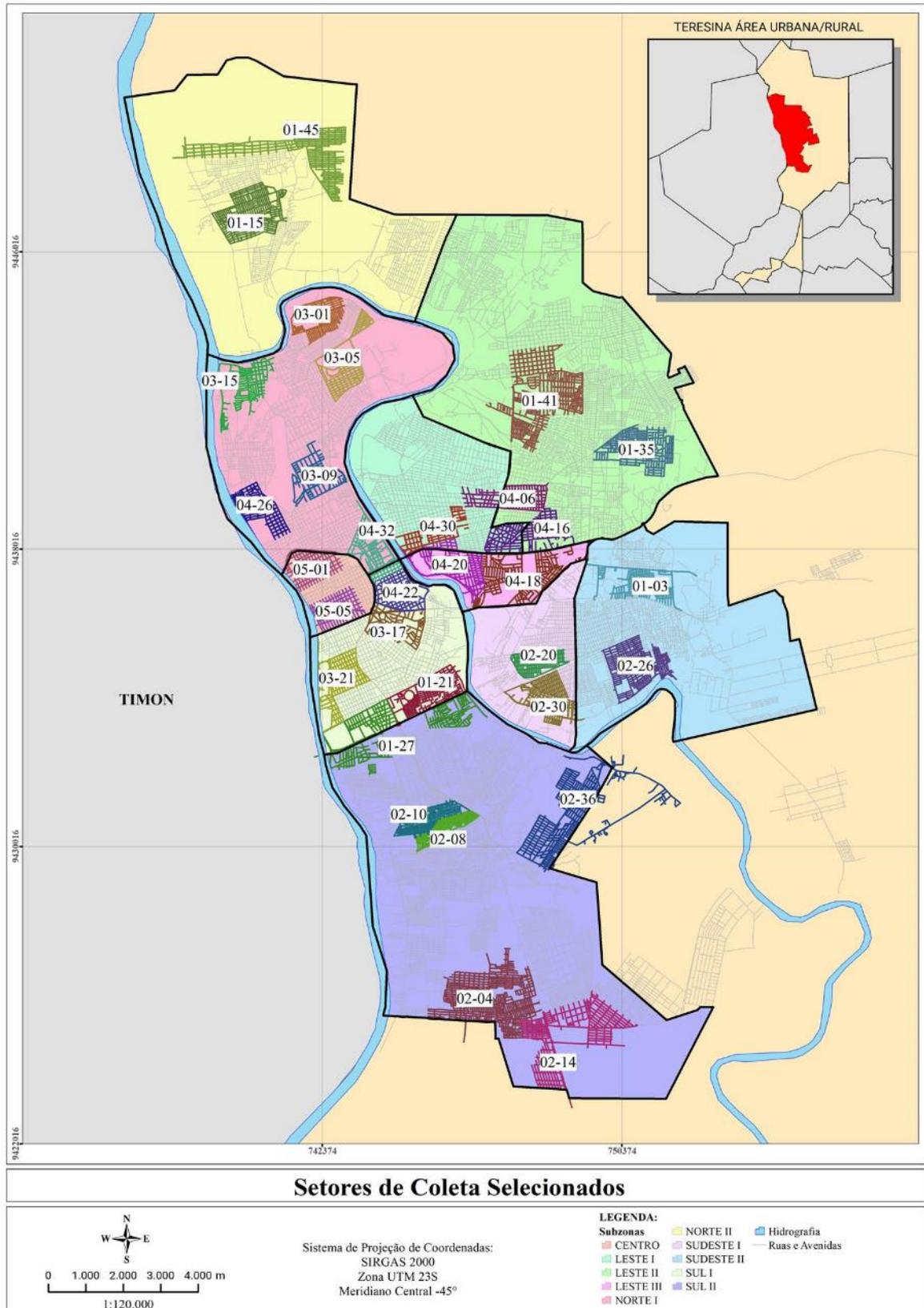
Tabela 14 - Características dos setores selecionados

Setores	Perfil dos Setores				
	Região Administrativa	Subzona	Nível Econômico	Característica	Frequência
01-03	Sudeste	Sudeste II	Classe D	ZR ¹	T-Q-S (D)
01-15	Centro/Norte	Norte II	Classe D	ZR ¹	T-Q-S(D)
01-21	Sul	Sul I	Classe D	ZR ¹	T-Q-S(D)
01-27	Sul	Sul I	Classe C	ZR ¹ e ZC ²	T-Q-S(D)
01-35	Leste	Leste II	Classe D	ZR ¹	T-Q-S(D)
01-41	Leste	Leste II	Classe D	ZR ¹	T-Q-S(D)
01-45	Centro/Norte	Norte II	Classe D	ZR ¹	T-Q-S(D)
02-04	Sul	Sul II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-08	Sul	Sul II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-10	Sul	Sul II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-14	Sul	Sul II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-20	Sudeste	Sudeste I	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-26	Sudeste	Sudeste II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-30	Sudeste	Sudeste I	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
02-36	Sul	Sul II	Classe D	ZR ¹	S-Q-S(D)
03-01	Centro/Norte	Norte I	Classe D	ZR ¹	T-Q-S (N)
03-05	Centro/Norte	Norte I	Classe D	ZR ¹	T-Q-S (N)
03-09	Centro/Norte	Norte I	Classe C	ZR ¹	T-Q-S (N)
03-15	Centro/Norte	Norte I	Classe D	ZR ¹	T-Q-S (N)
03-17	Sul	Sul I	Classe C	ZR ¹	T-Q-S (N)
03-21	Sul	Sul I	Classe C	ZR ¹	T-Q-S (N)
04-06	Leste	Leste II	Classe B	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-16	Leste	Leste I	Classe B	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-18	Leste	Leste III	Classe C	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-20	Leste	Leste III	Classe B	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-22	Sul	Sul I	Classe B	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-26	Centro/Norte	Norte I	Classe C	ZR* e ZC ²	S-Q-S (N)
04-30	Leste	Leste I	Classe A	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
04-32	Centro/Norte	Norte I	Classe C	ZR ¹ e ZC ²	S-Q-S (N)
05-01	Centro/Norte	Centro	Classe C	ZC ²	DIARIO (N)
05-05	Centro/Norte	Centro	Classe C	ZC ²	DIARIO (N)

1 – ZR: Zona Residencial; 2 – ZC: Zona Comercial;

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 29 - Setores de Coleta Selecionados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.4 INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

O levantamento das informações socioeconômicas (renda e população) foi realizado com base nos resultados do universo do recenseamento de 2010, IBGE (2010a) e IBGE (2010b), que apresentam as características da população e dos domicílios, a partir da análise espacial dos dados dos setores censitários urbanos abrangidos pelos setores de coleta selecionados para a pesquisa, conforme indicado na Figura 30. De acordo com IBGE (2011), esses setores são a menor unidade territorial de área contínua utilizada para realizar os censos demográficos. Suas dimensões são adequadas para atender a operacionalidade e assegurar a cobertura total do território nacional.

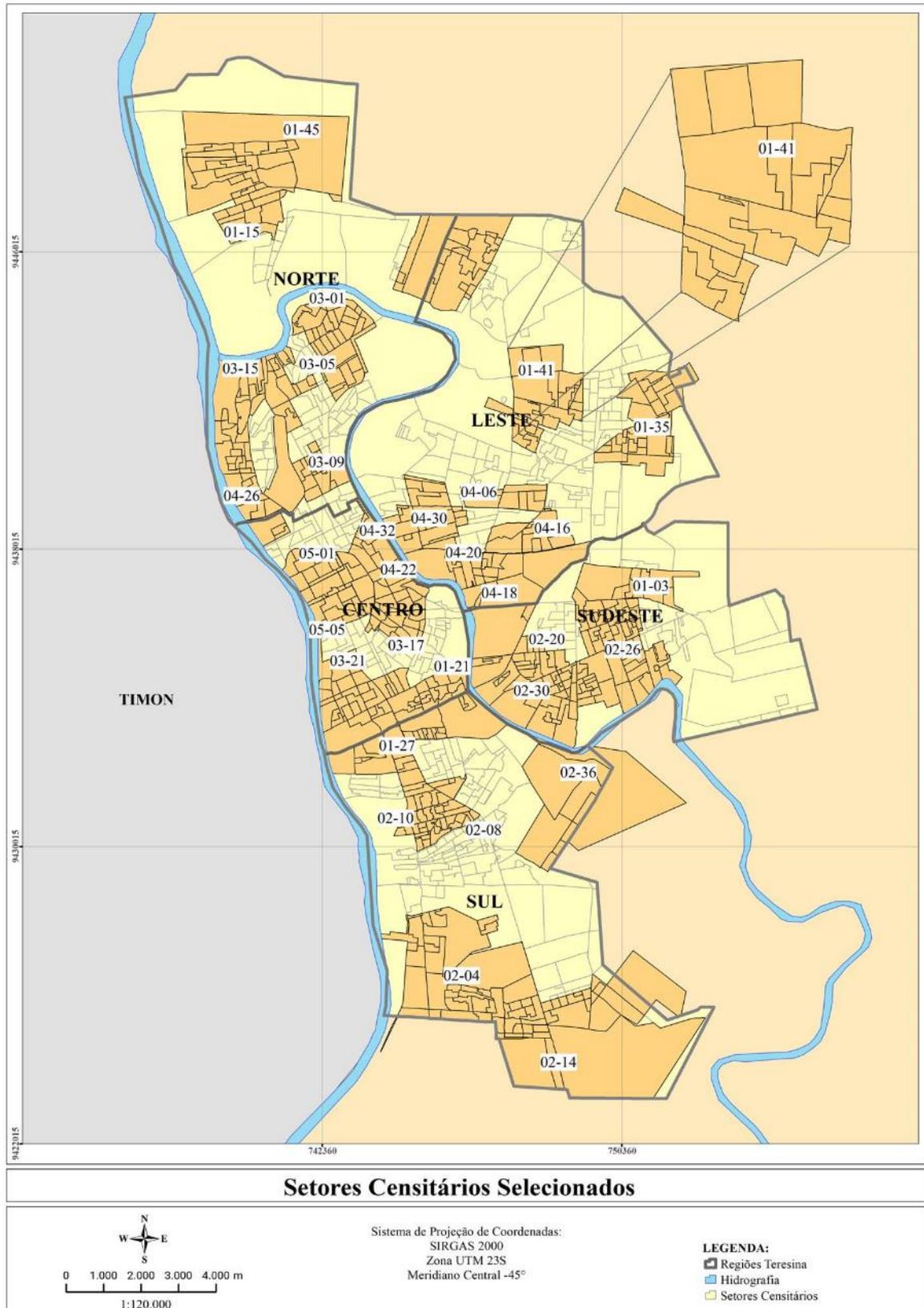
Para Jucá *et al.* (2014) os setores censitários se apresentaram como a alternativa mais adequada para a realização dos levantamentos socioeconômicos aproximados nas dimensões das rotas de coleta, pois se tratam de unidades básicas de coleta de dados adotadas nos recenseamentos com limites físicos identificáveis em campo.

Dessa forma, na página eletrônica do IBGE são disponibilizados os resultados da base de informações dos setores censitários do Piauí (resultados do universo), IBGE (2010a), em Tabelas que possuem as informações censitárias identificadas com um código de georreferenciamento, que permite a espacialização dessas informações, a partir da incorporação dessas Tabelas na malha de setores censitários, IBGE (2010b), disponível na página eletrônica do IBGE no formato *shapefile* (shp), através de um software de tratamento de informações geográficas. Neste trabalho foi utilizado o software ArcGIS 10.6.

Para fins deste estudo, as variáveis selecionadas para análise detalhada foram renda domiciliar média e número de moradores por domicílios particulares nas áreas das rotas, posto que estas compõem os indicadores socioeconômicos mais relevantes em relação às demais no que concerne a produção de resíduos em ambiente metropolitano. De acordo com a Base de informações do Censo Demográfico 2010 (Resultados do Universo por setor censitário), IBGE (2011), essas informações foram extraídas a partir dos seguintes códigos: V002 (população) e V005 (renda domiciliar média) disponíveis na planilha “Básico_PI.xls”.

Na Figura 30, ilustram-se os setores censitários de Teresina, com a indicação por rota de coleta dos setores censitários selecionados, no qual podemos observar que um setor de coleta vai ser composto por vários setores censitários, que nem sempre apresentam ajuste perfeito, cabendo assim ajustes dos dados por proporção de área de interseção.

Figura 30 - Setores Censitários dos Setores de Coleta Selecionados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No software ArcGIS realizou-se a princípio a superposição do mapa dos setores de coleta com o mapa da malha dos setores censitários, já com os dados socioeconômicos incorporados ao arquivo, e a partir disso, procedeu-se com o recorte e ajuste da base censitária para a base dos setores de coleta selecionados. Nesse processo, procurou-se agrupar setores censitários, de maneira a cobrir toda a área dos setores de coleta, e uniformizar os indicadores socioeconômicos para esses setores.

4.4.1 População

Esse indicador foi obtido a partir do somatório dos valores da população residente em domicílios particulares permanentes (V002) de todos os setores censitário que compõe o mosaico de cada setor de coleta. Nos casos onde, apenas uma parcela do setor censitário pertencia ao setor de coleta, o valor de contribuição foi determinado através de uma proporção em função da área de interseção.

Com isso foi determinado a população por rota de coleta, referenciada ao ano de 2010, assim se fez necessário a atualização desses dados para o ano de 2017 através da estimativa populacional do IBGE para este ano. E a partir dos dados da população por setor de coleta foi possível calcular também a densidade demográfica (hab/km²), através da divisão da população total pela área do setor em km², calculada através do software ArcGIS.

4.4.2 Renda

A renda foi avaliada segundo dois aspectos, renda domiciliar média, fornecida por setor censitário no censo 2010, e renda per capita, um valor derivado da renda domiciliar e da população total dos setores de coleta selecionados. Em ambos os casos o indicador foi corrigido para o ano de 2017 através do IPCA (Índice de Preços ao Consumidor) de acordo com a metodologia do IBGE.

Assim, a Renda Domiciliar média foi obtida a partir da determinação do valor médio (ponderado pela área) do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (V005) de todos os setores censitários que compõem o mosaico de cada setor de coleta. Nos casos onde apenas uma parcela do setor censitário pertencia ao setor de coleta, o valor de contribuição permaneceu o mesmo, uma vez que remete a um valor médio.

Já a renda per capita média foi obtida depois da determinação da população e da renda domiciliar média, sendo determinada pela divisão do somatório do produto da renda domiciliar média e do número de domicílios permanentes (V001) pela população do setor de coleta. No cálculo desse indicador, todos os setores censitários já estavam ajustados no mosaico do setor de coleta, logo não houve problemas com ajuste de setores censitários.

Na análise da renda domiciliar e per capita dos setores censitários, de forma identificar as classes sociais, foi empregado o agrupamento proposto pela classificação da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), da Presidência da República, ilustrada na Tabela 15, com valores corrigidos de acordo com o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor) considerando o período de janeiro/2013 a janeiro/2017.

Tabela 15 - Categorização das classes sociais

	Grupo	Renda per capita	Renda familiar (pai, mãe e 2 filhos)
Baixa	Extremamente pobre	Até R\$ 107,8	Até R\$ 431,2
	Pobre, mas não extremamente pobre	Até R\$ 215,6	Até R\$ 862,3
	Vulnerável	Até R\$ 387,2	Até R\$ 1.549,0
Média	Baixa classe média	Até R\$ 586,8	Até R\$ 2.347,4
	Média classe média	Até R\$ 853,0	Até R\$ 3.412,0
	Alta classe média	Até R\$ 1.356,0	Até R\$ 5.424,0
Alta	Baixa classe alta	Até 3.320,0	Até R\$ 13.280,80
	Alta classe alta	Acima de 3.320,0	Acima de R\$ 13.280,80

Fonte: adaptado de SAE (2013).

4.4.3 IPTU e Área Construída

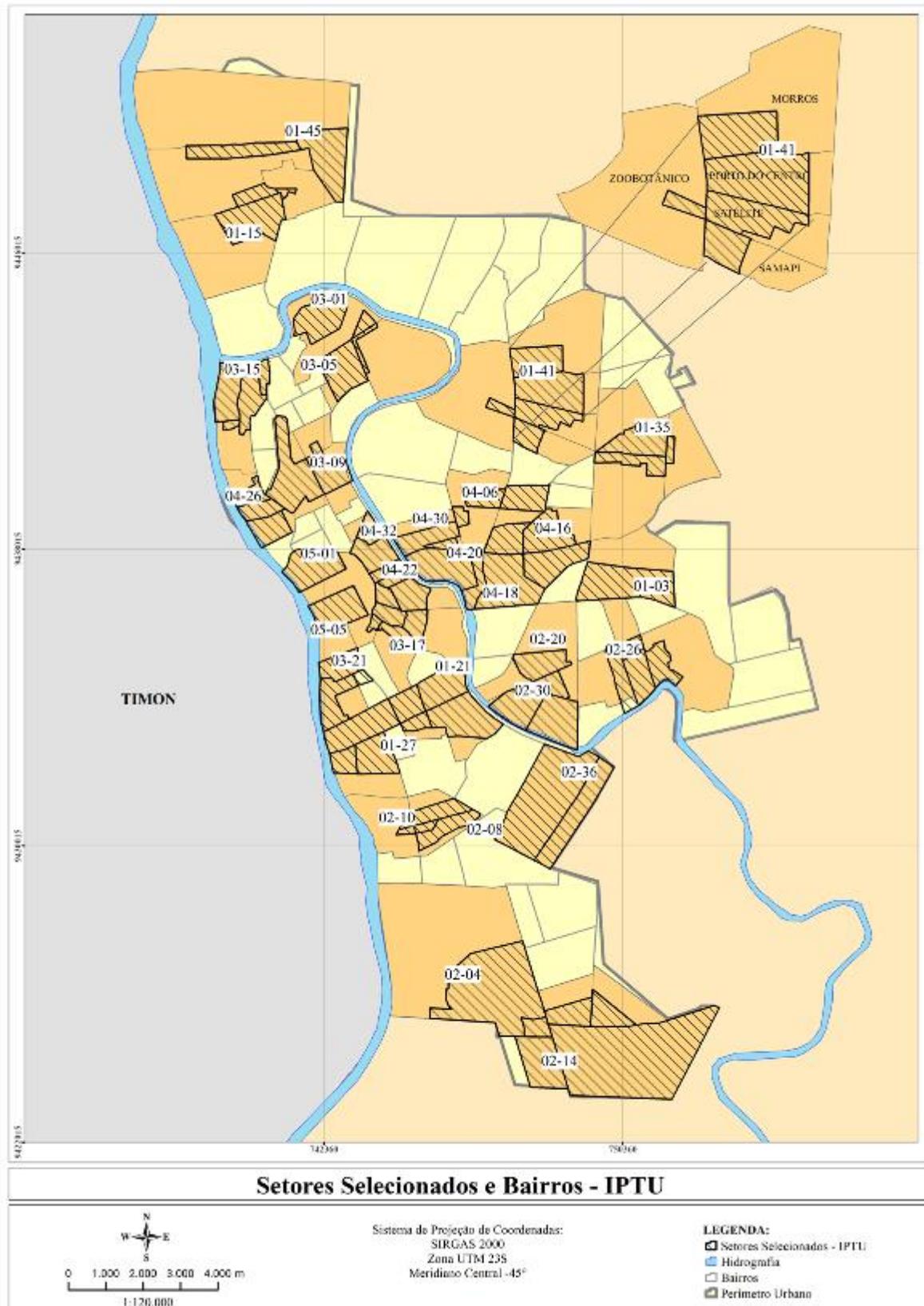
Esse indicador foi levantado a partir da informação do IPTU residencial médio por bairro de Teresina, fornecido pela Secretaria Municipal de Finanças de Teresina (SEMF). Cabe destacar que os dados foram solicitados de forma mais detalhada, no entanto, o órgão responsável alegou que esse era o detalhamento máximo permitido por questões de sigilo fiscal do contribuinte.

Os dados de IPTU, por bairro, fornecidos pela SEMF apresentam as seguintes limitações: (i) no levantamento do valor médio foram computados apenas valores válidos, ou seja, como a prefeitura municipal de Teresina tem a isenção de IPTU, boa parte, das residências, não foram incluídas nesse valor médio, e o percentual de imóveis utilizados não foi informado; (ii) os dados remetem apenas a imóveis residências, ou seja, não incluem terrenos e imóveis comerciais e/ou industriais.

Similar ao ocorrido para as demais indicadores, conforme ilustrado na Figura 31, foi feita uma base de informações geográficas dos bairros de Teresina com a informação do IPTU residencial médio, em R\$. Essa base foi sobreposta com a base dos setores de coleta selecionados, de forma que foram identificados os bairros que formam cada setor de coleta, sendo então o valor médio do setor de coleta determinado pela média ponderada do valor médio dos bairros.

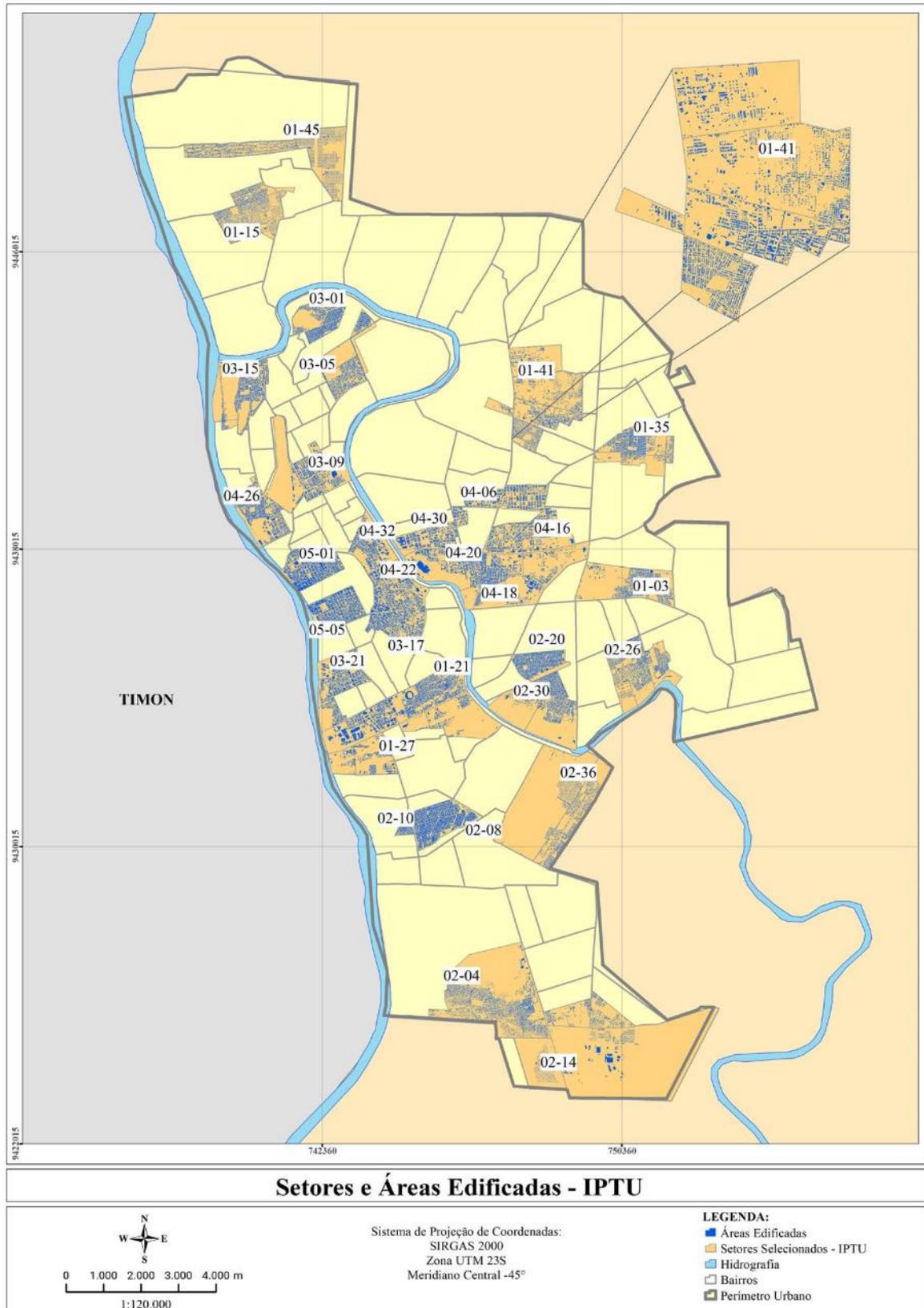
De forma a estabelecer um controle dos valores do IPTU, foi levantado qual seria a área construída média dos setores de coleta de Teresina, a partir de um banco de dados geográficos da área construída por lote de Teresina, informação fornecida pela Cartografia da SEMF. Assim, similar ao realizado para os demais indicadores, foi feito o tratamento desses dados no ArcGIS, conforme ilustrado na Figura 32, de forma a delimitar todos os lotes pertencentes a cada setor de coleta selecionado, e então através do Microsoft Excel foi determinada a área construída média dos imóveis residenciais de cada setor de coleta selecionado para a pesquisa, em m².

Figura 31 - Setores de Coleta Selecionados e Bairros utilizados - IPTU



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 32 - Setores de Coleta Selecionados – Área construída



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.5 INDICADORES DE CONSUMO

4.5.1 Consumo de água e Coleta de esgoto

O levantamento dos dados para compor os indicadores de consumo de água e coleta de esgoto se deu a partir de uma consulta a companhia de Águas e Esgotos do Piauí (AGESPISA), que na época da realização da pesquisa era responsável pela prestação desses serviços, em Teresina. A Agespisa forneceu o mapa dos distritos operacionais da cidade de Teresina, ilustrado na Figura 33, que são basicamente unidades territoriais de área contínua, utilizadas pela empresa para controle e gestão dos serviços prestados, bem como o relatório de consumo de água e geração de esgoto (em m³/mês) dessas unidades no período de janeiro/2016 a março/2017.

Cabe destacar a metodologia utilizada pela Agespisa na obtenção dos valores de coleta de esgoto, que não é efetivamente medido, mas sim estimado de acordo com um índice do consumo de água, determinado pela resolução n° 020/2017 da Agência Municipal de Regulação de Serviços Públicos de Teresina (ARSET), que varia de acordo com a faixa de consumo e classificação da residência, variando de 50%, para residências sociais, a 80% para áreas imóveis comerciais, industriais e públicos.

Os valores de coleta de esgoto sofrem influência da cobertura do sistema de coleta de esgoto, ou seja, os setores que tem cobertura total da rede de esgotamento sanitário apresentam a proporção coleta de esgoto e consumo de água igual ao índice da ARSET, já os setores que apresentam cobertura parcial de rede de coleta de esgoto têm uma depreciação da relação coleta de esgoto e consumo de água, sendo assim inferior ao índice da ARSET. Além disso, em alguns distritos, a exemplo dos bairros Jóquei, Fátima e Ilhotas, muitas residências/edifícios utilizam a captação de água subterrânea, logo, esse consumo não é incorporado às informações da Agespisa, nesses distritos o consumo de Água (levantando pela Agespisa) é inferior à coleta de esgoto.

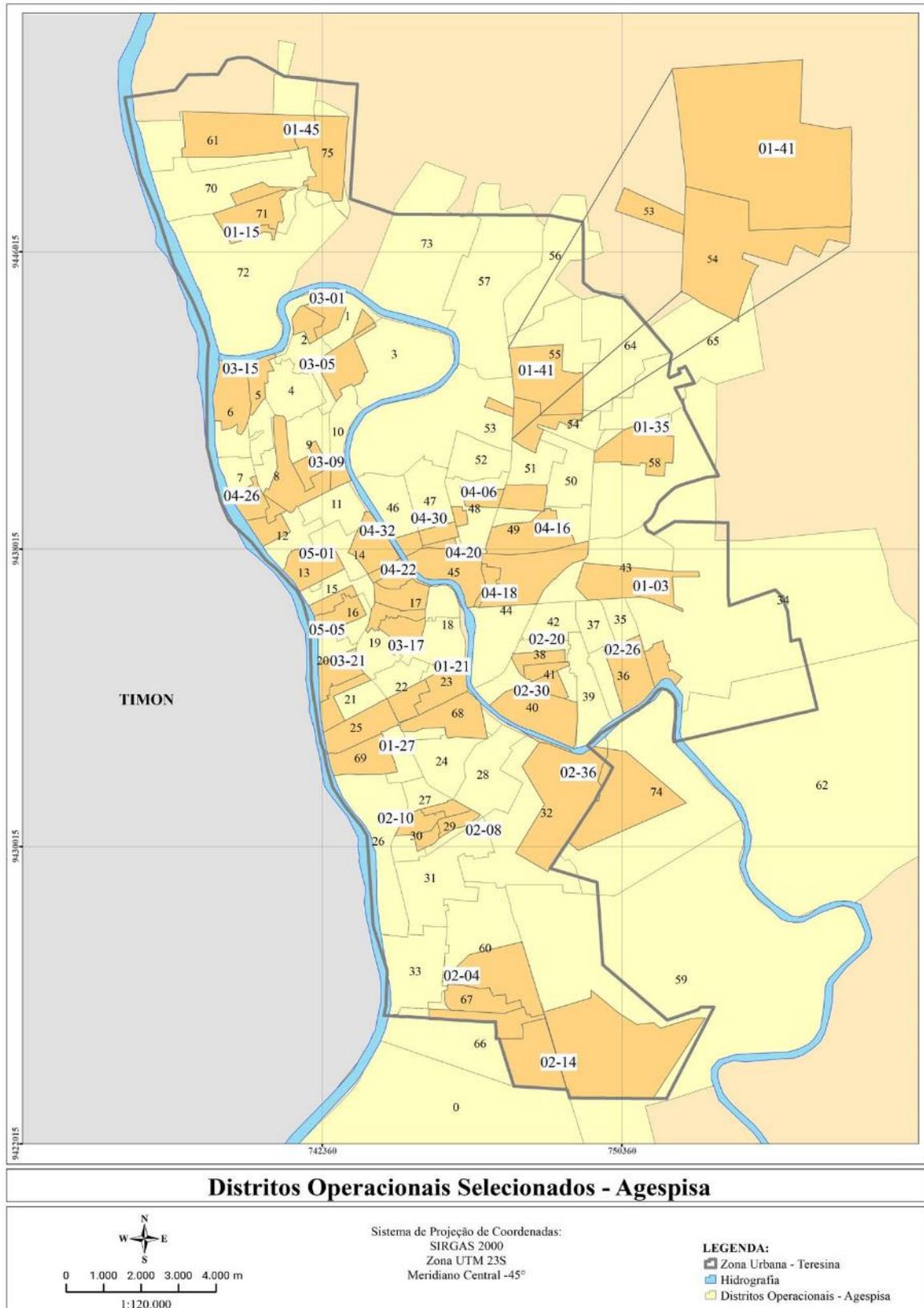
A partir das informações levantadas, procedeu-se com a incorporação das informações de consumo de água e consumo de esgoto à base do mapa dos distritos operacionais, através do software ArcGIS, e então realizou-se a sobreposição dessa base, com a base dos setores de coleta selecionados de Teresina, conforme ilustrado na Figura 33. Uma vez feita essa sobreposição, realizou-se o recorte e ajuste dos distritos operacionais que juntos cobriam a área setor de coleta, e então se calculou o consumo de água e a coleta de esgoto total para cada setor

de coleta, somando-se as contribuições dos distritos operacionais que formavam o mosaico do setor de coleta.

Nos casos, onde apenas uma parcela do distrito operacional pertencia ao setor de coleta em análise, o valor da contribuição foi determinado através de uma proporção em função da área de interseção.

O indicador final de consumo de água e coleta de esgoto é per capita, logo, como o valor obtido anteriormente corresponde à geração total em litros/dia, se fez necessário dividir o valor da geração/consumo total, pelo número de habitantes atendido, calculado anteriormente no indicador população.

Figura 33 - Distritos operacionais de água e esgoto de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

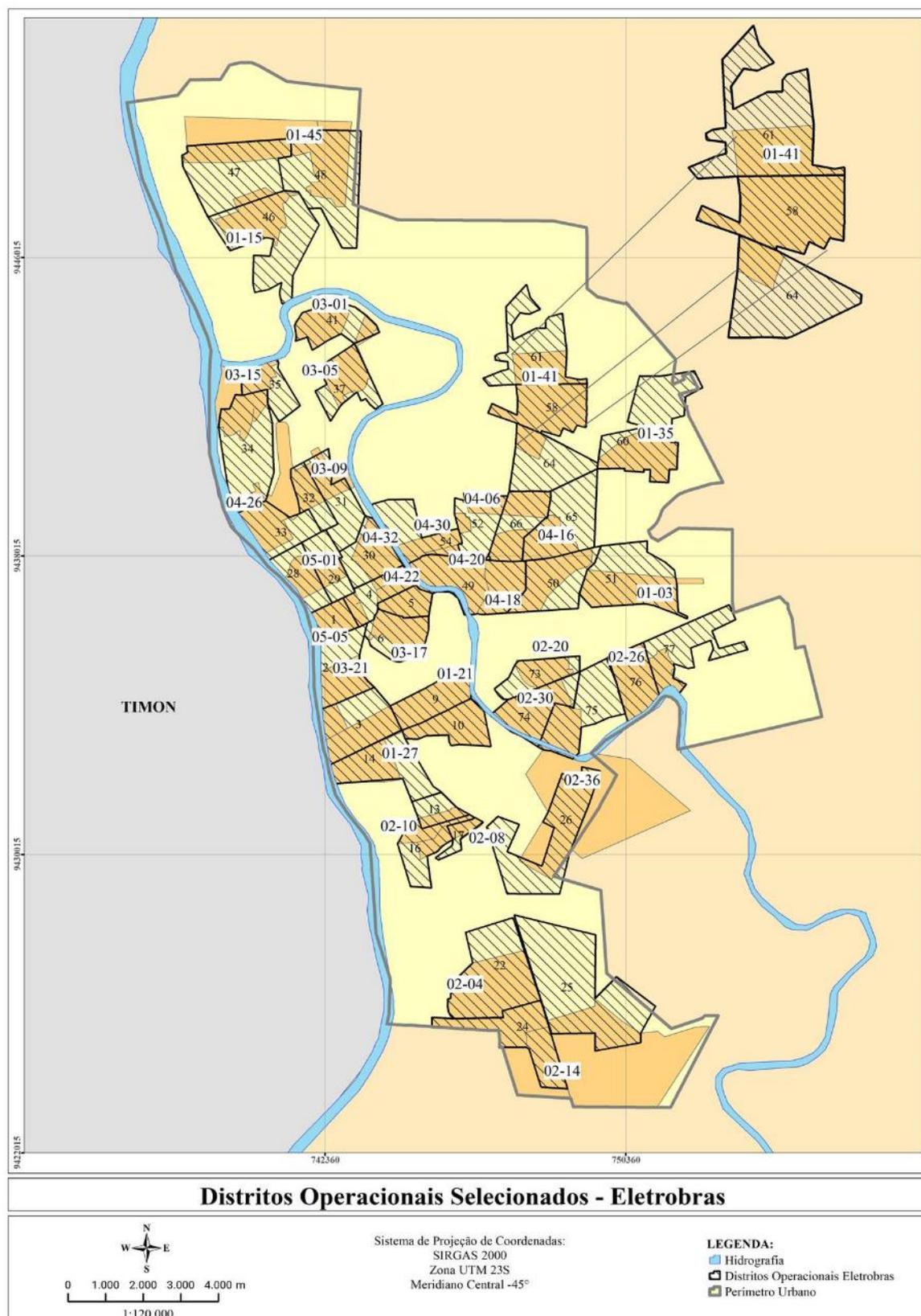
4.5.2 Consumo de energia

O consumo de energia foi obtido a partir de informações fornecidas pela Eletrobrás, Distribuição Piauí, empresa responsável pelo fornecimento de energia para a cidade de Teresina. Foi fornecido o mapa dos distritos operacionais da cidade de Teresina, juntamente com um relatório do consumo mensal (kWh) faturado por distrito operacional no período de janeiro/2016 a março/2017.

Uma vez que o mapa dos distritos operacionais foi fornecido em formato DWG, foi necessário em um primeiro momento o georreferenciamento desse mapa, para posteriormente incluirmos aos distritos operacionais a informação sobre o consumo de energia. Feita essa incorporação, foi realizada a sobreposição dessa base com o mapa dos setores de coleta, conforme Figura 34, e então se procedeu com o recorte e ajuste dos distritos operacionais que faziam a composição de cada setor de coleta, tomando o cuidado de realizar a proporção de área no caso dos distritos operacionais que possuíam interseção parcial.

O indicador final desejado foi per capita, logo o tratamento dos dados fornecidos pela Eletrobrás forneceu apenas o consumo total mensal para cada rota de coleta (kWh/dia), sendo assim necessário dividir esse valor pelo número de habitantes de cada setor de coleta, já determinado pelo indicador de população.

Figura 34 - Distritos operacionais da Eletrobrás



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.6 INDICADORES DE GERAÇÃO

4.6.1 Geração total

A geração total de resíduos sólidos domiciliares dos setores de coleta selecionados para a pesquisa, expressa em t/dia, foi obtida a partir do tratamento dos relatórios analíticos da balança do aterro controlado de Teresina, no período de janeiro/2016 a março/2017. Esses relatórios foram fornecidos pela Coordenação de Limpeza Pública (CELIMP), que é vinculada à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH) da prefeitura municipal de Teresina. Esse tratamento foi realizado através do software Microsoft Excel 2016, utilizando técnicas de filtragem, e também o cruzamento de informações como placa dos caminhões, horário, data e descrição dos bairros atendidos para segregar a geração das rotas em estudo.

4.6.2 Geração *per capita*

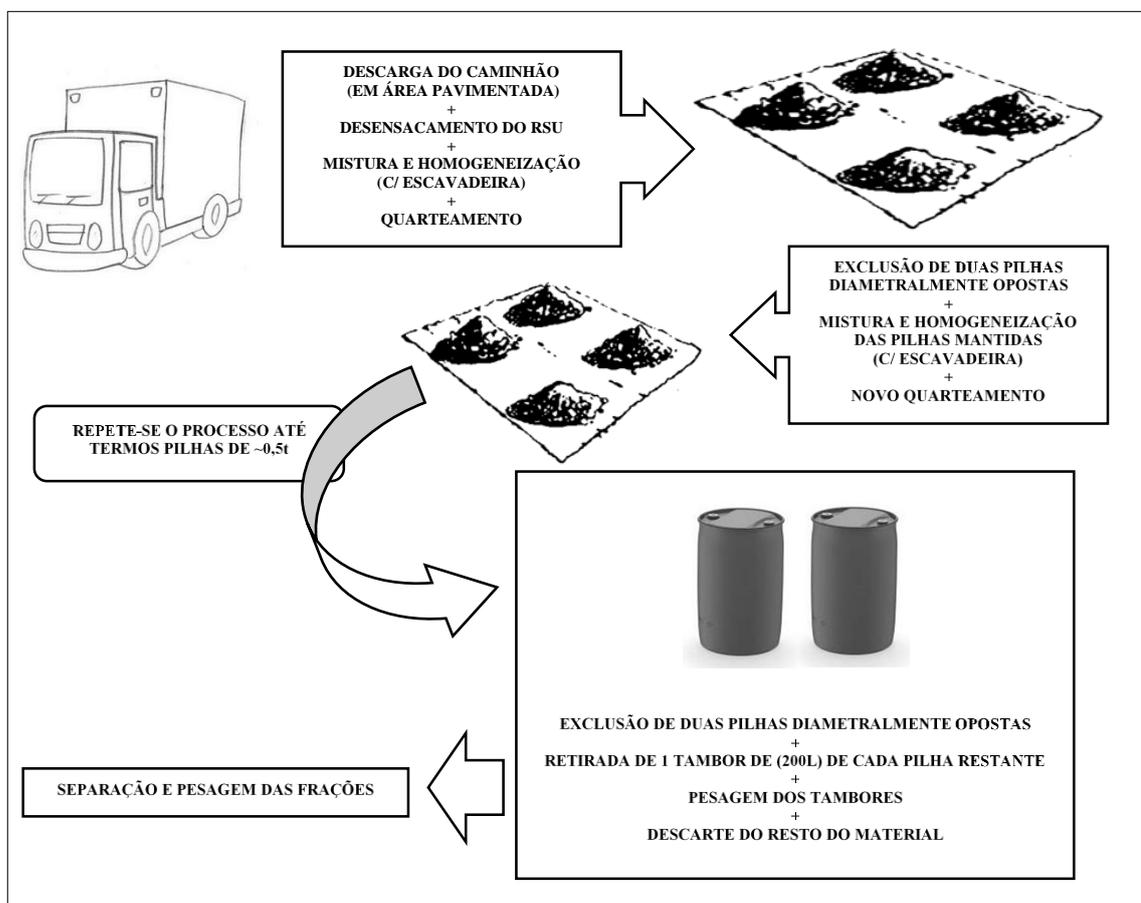
A geração per capita de resíduos sólidos domiciliares dos setores de coleta selecionados, expressa em kg/hab.dia, foi determinada a partir da divisão da geração total (kg/dia) pela população atendida por cada setor de coleta selecionado, determinada através do indicador população, expresso em número de habitantes (hab).

4.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS

Nesse estudo, a caracterização física dos resíduos foi realizada na condição úmida, através da determinação do peso específico e da composição gravimétrica. Para tanto, foi realizada uma campanha de ensaios durante os meses de novembro e dezembro de 2017 no Aterro Controlado da cidade de Teresina, localizado no bairro Santo Antônio, Zona Sul da cidade. Nessa campanha foi realizada a amostragem por quarteamento dos caminhões de coleta que atendiam os setores selecionados para a pesquisa, buscando a representatividade de todos os dias de coleta para compor o resultado final, de acordo com a frequência de coleta.

O procedimento de amostragem foi realizado conforme a norma ABNT NBR 10007: 2004, seguindo uma adaptação da metodologia adotada nos trabalhos de Mariano *et al.* (2007), já utilizada em vários trabalhos similares, como Alcântara (2007), Maciel (2009), Firmo (2013), Jucá *et al.* (2014a), Silva (2015) e Jucá *et al.* (2015), ilustrada na Figura 35.

Figura 35 - Metodologia de caracterização dos resíduos por quarteamento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A metodologia descrita na Figura 35 pode ser reagrupada e descrita nos seguintes passos sequenciais:

- Na balança do aterro foi realizada a identificação da rota de coleta, pesagem e encaminhamento dos caminhões para a área disponibilizada para o quarteamento;
- Descarga dos RSU dos caminhões compactadores numa área pré-determinada na frente de operação, protegida com lona;
- Análise visual prévia de componentes de destaque e resíduos alheios à composição do resíduo domiciliar, rompimento dos sacos e homogeneização prévia com o auxílio da escavadeira hidráulica;
- Separação dos resíduos em quatro pilhas, com eliminação de duas pilhas diametralmente opostas, mistura e homogeneização das duas pilhas restantes, procedimento repetido duas vezes;
- Rompimento dos sacos, nova homogeneização, coleta e amostragem de 2 tambores de 200L dos resíduos, utilizando 5 pontos da pilha final, 4 na base e 1 no topo;
- Pesagem e transporte dos tambores para uma área coberta fora da frente de operação do aterro;
- No galpão coberto, foi realizada a segregação das frações dos resíduos e acondicionamento, sem compactação, em recipientes identificados e correspondentes aos respectivos componentes;
- Pesagem dos resíduos com o auxílio de uma balança mecânica (Marca Micheletti, modelo MIC-2/B) com capacidade máxima de 300 kg e sensibilidade de 0,100 kg;
- Registro das pesagens nas fichas, para serem plotadas e processadas em planilhas, utilizando o software Microsoft Excel 2016.

O processo de amostragem executado é ilustrado na Figura 36, na qual se observa a descarga do caminhão de coleta, a escavadeira executando a homogeneização e quarteamento, e os tambores (dois por caminhão) de resíduo que eram encaminhados para a triagem e pesagem das frações.

Figura 36 - Processo de Amostragem dos RSU

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.7.1 Peso específico

O peso específico úmido dos resíduos, não compactados (“soltos”), foi determinado a partir do peso do tambor com resíduo úmido subtraído do peso do tambor vazio, dividido pelo volume do tambor. Na pesquisa foram utilizados 16 tambores de 200 litros (0,2m³), que eram higienizados e pesados antes de todas as amostragens. Durante o enchimento dos tambores, os resíduos eram acomodados de forma a ocupar todo o volume interno, sem compactação.

$$P_e = m/V \quad (\text{Equação 1})$$

P_e – Peso específico
 m – massa em kg
 V – volume (0,2m³)

4.7.2 Composição gravimétrica

Na determinação da composição gravimétrica, não há um padrão normativo nacional para as tipologias de materiais que devem ser contemplados, logo, em função da infinidade de materiais que podem existir em uma amostra de RSU, existem diversas proposições quanto às categorias que devem ser contempladas, e que impactam de forma decisiva na utilização dessa composição gravimétrica. Dessa forma, optou-se por uma variação da classificação proposta pela legislação portuguesa, através da Portaria nº 851/2009, de 7 de agosto de 2009, que também é adotada pela Comunidade Econômica Europeia (CEE). Variações dessa classificação já foram utilizadas em vários trabalhos do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como os trabalhos de Jucá *et al.* (2014a), Jucá *et al.* (2015) e Silva (2015).

Dessa forma, a classificação utilizada na análise gravimétrica, detalhada na Tabela 16, é composta por 10 categorias e 32 subcategorias de frações dos resíduos: Matéria orgânica (resíduos alimentares, resíduos de jardim, madeira e dejetos animais); Papel/Cartão (papel, papelão e jornal/revista/panfletos); Plástico (PET, PEAD, PVC, PP, PEBD, PVC, PP, PEBD, PS e outros plásticos); Vidro (resíduos de embalagens de vidro e outros resíduos de vidro); Compósitos (resíduos compósitos, tetra Pak® e aparelhos/componentes eletroeletrônicos); Têxtil (resíduos têxteis); Sanitários (sanitários); Metais (cobre, ferro, alumínio); Resíduos Perigosos (pilhas/acumuladores, tubos fluorescentes/lâmpadas de baixo consumo, contaminantes e outros resíduos perigosos) e Outros Resíduos (isopor, minerais não metálicos, couro/borracha e restos).

Na Tabela 16, também é apresentada uma breve descrição das classes e subclasses utilizadas no trabalho, utilizada como embasamento inicial para a triagem do material, acompanhada da investigação tátil-visual e da consulta ao rótulo dos produtos, principalmente no caso dos plásticos e metais, pois, alguns produtos possuem origens diversas, como é o caso, por exemplo, dos copos descartáveis, que tradicionalmente são fabricados com PS, mas atualmente uma série de fabricantes estão trocando o PS pelo PP, e das latinhas, que dependendo da marca do produto, podem ser de aço ou alumínio, e até mesmo em uma mesma marca, dependendo do período e da linha do produto, a matéria-prima pode mudar.

Tabela 16 - Categorias e subcategorias dos RSU

Categorias	Subcategorias
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares; (2) Resíduos de jardim (Galhos, troncos, folhas, resíduos oriundos da jardinagem etc.); (3) Madeira (Madeira de construção, tratada); (4) Dejetos animais;
Papel/cartão	(5) Papel; (6) Papelão (Embalagens de papelão, papel cartão, cartão canelado etc.) (7) Jornal/revista/panfletos
Plástico	(8) PET (Garrafas de tereftalato de polietileno. Ex: garrafa de refrigerante (carbonatada), água, óleo comestível e embalagem alimentícia e de produto de beleza, etc.); (9) PEAD (Embalagens de Polietileno de alta densidade. Ex: garrafa de iogurte, leite, suco, embalagem de produto de limpeza, pote de sorvete, frasco de xampu, saco de lixo, brinquedos, etc.); (10) PVC (Embalagens de Policloreto de Vinila. Ex: filme estirável, frasco de produtos de higiene, blister, garrafa de água mineral, bolsa de sangue, indústria de calçados, etc.); (11) PP (Embalagens de Polipropileno. Ex: filmes para alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, utilidades domésticas, potes, fraldas, seringas descartáveis, etc.); (12) PEBD (Embalagens de Polietileno de baixa densidade. filmes encolhíveis, embalagens flexíveis para leite, iogurte, sacolinhas de compras e de supermercado, sacaria industrial, sacos de lixo, envoltório para mudas de plantas, etc.); (13) PS (Embalagens de poliestireno. Ex: pote de iogurte, sorvete, doce, frascos, bandeja de supermercados, parte interna da porta de geladeiras, prato, tampas, aparelho de barbear descartável, brinquedo, etc.); (14) Outros plásticos (normalmente são encontrados em peças técnicas e de engenharia, solados de calçados, material esportivo, corpos de computadores e telefones, CD'S, etc.);
Vidro	(15) Resíduos de embalagens de vidro (Garrafas, copos e cacos de vidro); (16) Outros resíduos de vidro (espelhos e similares);
Compósitos	(17) Resíduos compósitos (materiais com vários constituintes agregados, como filtros automotivos) (18) Tetra Pak® (Embalagens de cartão de alimentos líquidos da empresa Tetra Pak®); (19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos;
Têxteis	(20) Resíduos têxteis (Roupas e restos de roupas, pano, esponjas e outras espumas etc.);
Sanitários	(21) Sanitários (Fraldas, absorventes, algodão, papel higiênico, guardanapos, papéis sujos etc.);
Metais	(22) Cobre (Cabos, cobre); (23) Ferro (Latas de conservas, guarda-chuvas, outros metais ferrosos); (24) Alumínio (Latas de alumínio, papel de alumínio, embalagens de alumínio);
Resíduos perigosos	(25) Pilhas e acumuladores; (26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo; (27) Contaminantes (Medicamentos, aerossóis, resíduos medicinais e químicos etc.); (28) Outros resíduos perigosos (lubrificantes, inseticidas, tintas, solventes e etc.);
Outros resíduos	(29) Isopor; (30) Minerais não metálicos (Pedras, louça, cerâmica, resíduos da construção civil); (31) Couro e Borracha (Sapatos, Luvas de borracha, brinquedos de borracha etc.); (32) Restos (Material que não pode ser classificado pelas outras frações, seja pela inexistência de classificação compatível ou devido à inviabilidade na separação);

Fonte: Elaborado pelo Autor, com base em Diário da República Portuguesa (2009).

O processo de triagem executado é ilustrado na Figura 37, no qual os dois tambores trazidos da amostragem da rota de coleta selecionada, eram pesados e submetidos à triagem das 32 subcategorias de resíduos adotadas no trabalho, cada subcategoria em seu recipiente específico – todos os recipientes eram higienizados e pesados antes de cada ensaio, e quando o volume de material ultrapassa a capacidade do recipiente, o material era transferido para sacos plásticos –, e em seguida todas as frações eram pesadas, com registro em ficha de campo.

Figura 37 - Processo de Triagem dos RSU



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A subcategoria “restos” merece destaque, pois a incorporação dos resíduos a essa subcategoria pode ocorrer devido a dois fatos: o primeiro diz respeito ao não enquadramento do material às demais subcategorias, e a segunda diz respeito a inviabilidade da triagem das demais subcategorias em uma determinada porção de resíduos. Essas subcategorias podem estar finamente misturadas, fato comum entre restos alimentares e areia, ou até mesmo desconfigurada, como por exemplo, no caso de papel higiênico. Quando o resíduo está muito úmido, durante o processo de homogeneização ele se desconfigura totalmente incorporando-se as demais frações, e inviabilizando sua triagem.

Na Figura 38, ilustram-se dois exemplos da subcategoria restos: em (a) observa-se que os resíduos foram queimados, inviabilizando a identificação da subcategoria do resíduo, já em (b) a classificação dos resíduos foi inviabilizada devido ao material estar muito misturado, e em frações muito pequenas.

Figura 38 - Características da subcategoria Restos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.7.3 Análise do Potencial de Aproveitamento

Essa etapa do trabalho consiste basicamente em analisar o potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos domiciliares segundo uma visão gerencial dos princípios da PNRS. Para isso foi feito o agrupamento das subclasses trabalhadas na composição gravimétrica de acordo com a “aptidão” para as tecnologias de aproveitamento/tratamento desses resíduos.

Na análise do potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos domiciliares dos setores de coleta selecionados foi utilizada uma adaptação metodológica da proposta de agrupamento de Jucá *et al.* (2014b), onde as subclasses foram rearranjadas em três grupos, discriminados da seguinte forma:

- Orgânicos: resíduos alimentares, resíduos de jardim, madeira e dejetos animais;
- Recicláveis: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, outros plásticos, papel, papelão, jornal/revista/panfletos, isopor, Tetra Pak®, resíduos têxteis, resíduos de embalagens de vidro, cobre, ferro, alumínio e aparelhos/componentes eletroeletrônicos;
- Rejeitos: outros resíduos de vidro, resíduos compósitos, pilhas/acumuladores, tubos fluorescentes/lâmpadas de baixo consumo, contaminantes, outros resíduos perigosos, sanitários, minerais não metálicos, couro/borracha e restos.

Cabe delimitar que no escopo desse trabalho, quando se fala em potencial de aproveitamento, se indica apenas que existem tecnologias e aplicações de aproveitamento das subcategorias contempladas no grupo. No entanto, todas as tecnologias de aproveitamento/tratamentos exigem resíduos com certas condições para poderem ser efetivamente empregadas, por exemplo, ao caracterizar a subclasse papel como reciclável, assume-se que já existem tecnologias e mercado para esse material, no entanto se esse material for misturado com outros resíduos ele pode ser inviabilizado para reciclagem. A condição, e os parâmetros dos resíduos não foram avaliados.

4.8 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

O emprego do tratamento estatísticos dos indicadores (variáveis) levantados é justificado pela necessidade de se entender o comportamento combinado das variáveis estudadas em relação à geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares, e assim justificar, com uma base estatística, se os indicadores correlacionam-se com a geração e composição de resíduos, se possuem variação comum e se podem ser utilizados para agrupar áreas de características comuns.

Nesse sentido os classificadores básicos das variáveis foram os setores de coleta selecionados para pesquisa, que foram analisados em dois momentos: (i) no primeiro momento foi analisado a correlação e aplicabilidade dos indicadores socioeconômicos e de consumo na previsão da geração de resíduos e na delimitação de áreas de características comuns, de forma a criar-se setores de gestão na cidade de Teresina e (ii) já no segundo momento foram analisados os dados da composição gravimétrica para setorizar a cidade de Teresina, e comparar esses resultados com a setorização realizada com os indicadores.

Após a delimitação de todos os indicadores utilizadas no estudo, foi constituída uma base de dados com o auxílio do software Microsoft Excel 2016, correlacionando os classificadores com as variáveis.

Em seguida essa base de dados foi aplicada no software IBM SPSS Statistics 22 para a criação de um modelo estatístico que pudesse explicar a variação na geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares. No SPSS foram realizadas a estatística descritiva dos dados, teste de Correlação, Análise de Componentes Principais (ACP) e a criação de um modelo de regressão linear para estimativa da geração de resíduos com base nos indicadores levantados.

4.8.1 Estatística Descritiva

A estatística descritiva foi realizada utilizando o SPSS, fornecendo um retrato instantâneo da distribuição dos dados analisados, a partir da determinação dos valores válidos da amostra, intervalos (média, mínimo e máximo), desvio padrão e determinação dos quartis, plotados em tabelas com o software Microsoft Excel 2016, a partir do relatório de resultados do SPSS. No SPSS, também foram realizados testes de normalidade e plotagem dos Diagramas de Caixa e histogramas, utilizados para descrição da distribuição dos dados.

4.8.2 Teste de Correlação

Os testes de correlação bivariada foram realizado no software SPSS, com determinação de todos os coeficientes de correlação (Pearson, Spearman e Kendall) e avaliação da significância da correlação, de forma a identificar quais dos indicadores apresentavam a melhor com a geração e com a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares. O resultado desses testes são apresentados em tabelas produzidas no software Microsoft Excel 2016 a partir do relatório de resultados do SPSS.

4.8.3 Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais foi realizada no software SPSS, seguindo os passos recomendados por Landau e Everitt (2004) e Field (2009), que fazem as seguintes recomendações:

- Aplicar o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), valores maiores que 0,5 indicam que a análise fatorial é apropriada;
- Extrair as componentes principais das variáveis que se deseja avaliar;
- Verificar a comunalidade das variáveis do modelo, recomenda-se que as variáveis apresentem valores maiores que 70%;
- Plotar a curva de declividade e avaliar a formação do “cotovelo” para confirmar a exclusão dos componentes que não possuem representatividade;
- Selecionar apenas um número suficiente para explicar a maior parte da variância total das variáveis observadas. Recomendam-se valores superiores a 70%;
- Plotar os gráficos dos componentes e realizar as análises de agrupamento das variáveis e dos dados observados;
- Se não for possível uma compreensão adequada do comportamento das variáveis observadas, pode ser empregada a técnica de rotação dos componentes principais.

O software Microsoft Excel 2016 foi utilizado para a apresentação e tratamento de resultados da análise do SPSS, como, por exemplo, na plotagem do gráfico dos componentes e agrupamentos.

4.8.4 Modelo de Regressão Linear Múltipla

A partir das correlações entre as variáveis foi possível estabelecer a relação da geração per capita e da geração total com as demais variáveis, dessa maneira empregou-se um modelo de regressão linear para prever a geração per capita em função das variáveis que apresentaram correlação satisfatória.

A modelagem da regressão linear foi realizada no software SPSS, através do método de entrada forçada, no qual todos os previsores são forçados no modelo ao mesmo tempo, com avaliação dos parâmetros de qualidade do modelo e aplicabilidade, sendo assim o modelo refinado até uma configuração final de melhor representatividade, generalização e aplicabilidade.

Para o controle da regressão, seguiu-se as orientações de Field (2009), que recomenda o controle da qualidade do modelo de regressão através dos seguintes valores:

- R^2 é uma medida da variabilidade da saída que pode ser debitada aos previsores;
- R^2 ajustado fornece uma noção de quão bem o modelo se generaliza, é ideal que esse valor seja igual ao, ou muito próximo do valor do R^2 ;
- Estatística de Durbin-Watson, quanto mais próximo de 2 o valor estiver, melhor, devendo ser evitados valores menores que 1 e superiores a 3;
- O valor F, quanto maior, melhor será o incremento no R^2 pelos previsores escolhidos;
- Hipóteses de inexistência de multicolinearidade, os valores da VIF devem ser próximos a 1, tendo como limite máximo 10;
- A Variância ANOVA, que testa se o modelo é significativamente melhor para prever a saída do que utilizar a média, nesse teste devem ser apresentar valores menores do que 0,05 na coluna denominada significância;
- O Gráfico do *ZRESID (resíduos padronizados) contra o *ZPRED (resíduos previstos) deve se parecer com um conjunto aleatório de pontos, sem a formação de cones ou ondulações;
- Os Histogramas e os diagramas P-P, os primeiros devem se parecer com uma distribuição normal, e o segundo deve se assemelhar a uma linha diagonal.

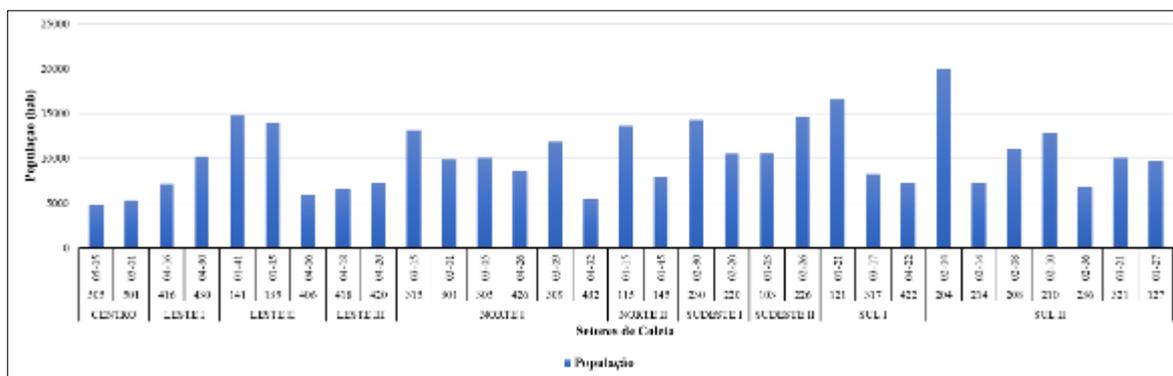
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 INDICADORES DE GESTÃO DE TERESINA

5.1.1 População e Densidade demográfica

Para o ano de 2010, período dos dados do censo demográfico do IBGE, a população dos 31 setores de coleta selecionados para a pesquisa totalizava 302.781 habitantes, valor que corresponde a 39,56% da população urbana de Teresina. Acompanhando a estimativa de população do IBGE para ano de 2017, a população dos setores de coleta selecionados totalizou então 316.156 habitantes distribuídos conforme a Figura 39, com uma média de 10.199 habitantes por setor, oscilando de um valor mínimo de 4.746, no setor 05-05 que corresponde a uma região comercial no centro de Teresina, a um valor máximo de 20.004 habitantes para o setor de coleta 02-04, que corresponde a região da vila irmã Dulce, região de expansão urbana da cidade de Teresina, ocupada por uma população de baixa renda, na região sul de Teresina.

Figura 39 - Distribuição da população nos setores de coleta selecionados em 2017



Fonte: Elaborado pelo Autor.

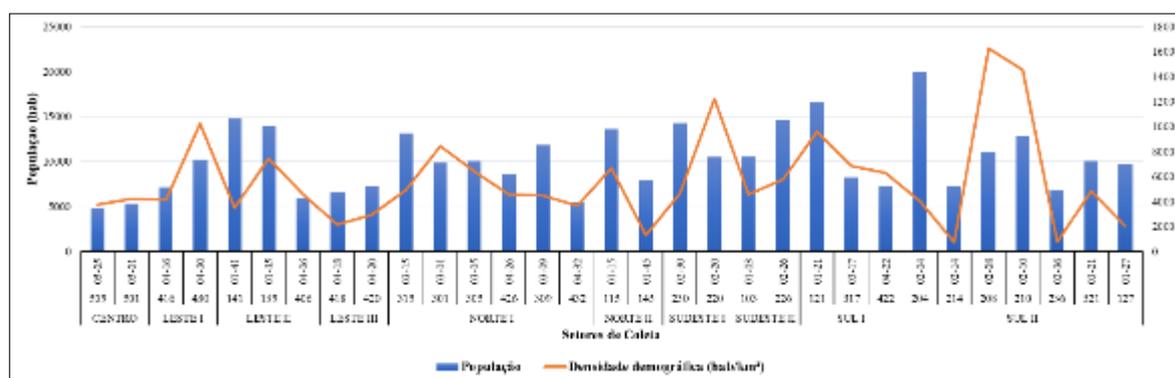
Na Figura 40 são apresentados os resultados da população e da densidade demográfica dos setores de coleta selecionados, na qual podemos observar uma baixa correlação entre esses indicadores, que pode ser explicado pelo padrão de ocupação e pelos aspectos socioeconômicos dos setores.

O valor médio da densidade demográfica dos setores de coleta foi de 5.697 hab/km², oscilando de um valor máximo de 16.256 hab/km² no setor 02-08, região do Conjunto Promorar, e mínimo de 752 hab/km² no setor 02-14, região do Portal da Alegria, ambos os setores da

subzona Sul II, da região administrativa Sul de Teresina, indicando assim a heterogeneidade dos padrões socioeconômicos e de ocupação dessa área da capital.

Alguns setores, apesar de figurarem entre os setores mais populosos, possuem uma densidade demográfica relativamente baixa, quando comparados com a média dos setores, como é o caso do setor 02-04, região da irmã Dulce. Tal comportamento é explicado pela abrangência territorial desse setor e a presença de grandes vazios demográficos. Cabe destaque também o comportamento uniforme dos setores da região administrativa Sudeste, que tanto na distribuição de população, como na densidade demográfica, apresentaram valores bem próximos da média dos setores de coleta.

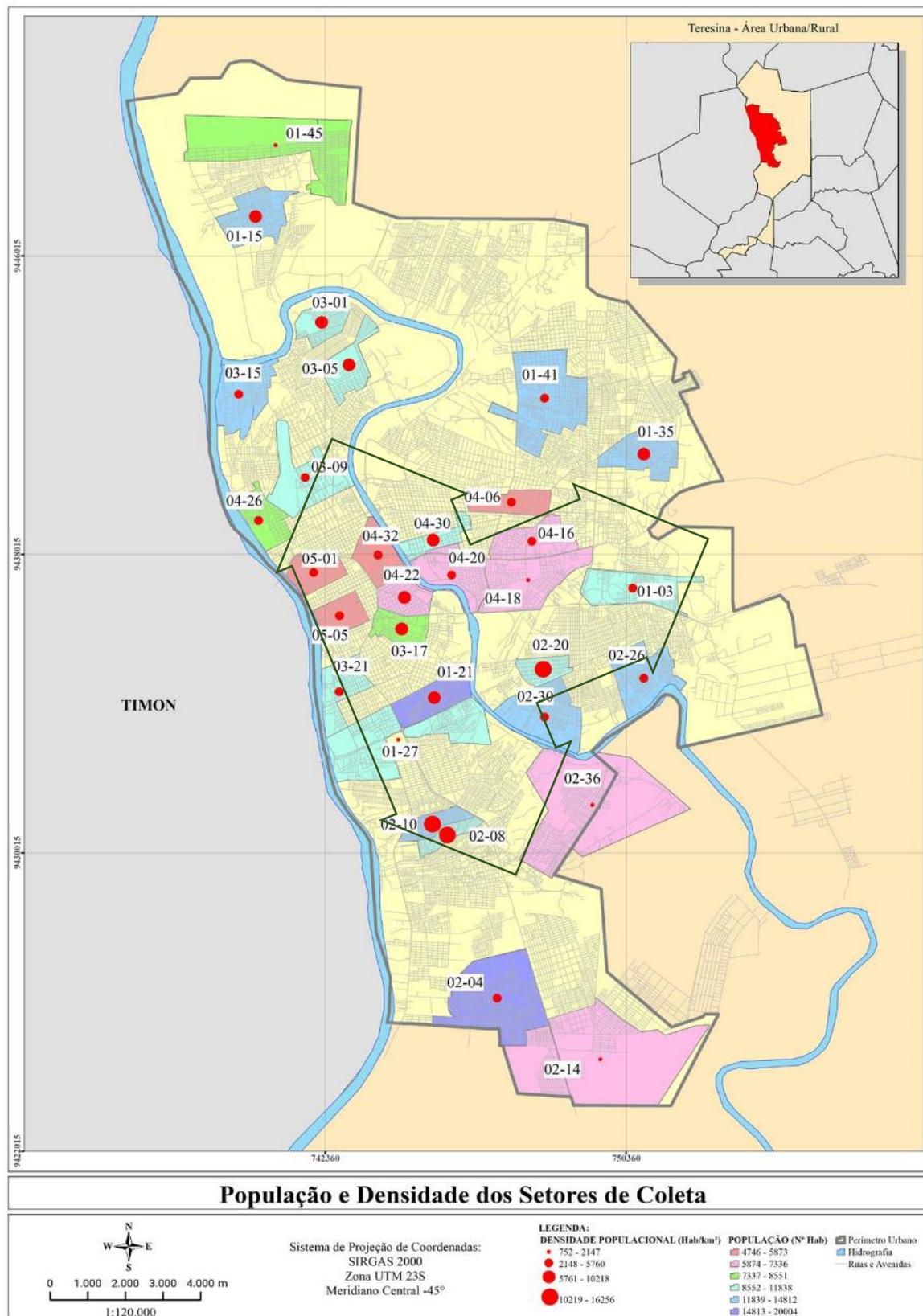
Figura 40 - Distribuição da população versus Densidade demográfica em 2017



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 41 ilustra-se a representação espacial dos setores de coleta selecionados com o realce do indicador de População e Densidade Demográfica. Na Figura podemos observar que os setores de maior contingente populacional se situam de forma periférica no perímetro urbano da capital, em especial na zona Sudeste (Sudeste I e II), Norte (Norte II) e leste (leste II) e Sul (Sul II), que situa o setor mais populoso da cidade, 02-04, na região da Irmã Dulce. Já em relação à densidade demográfica, observa-se uma tendência oposta à do contingente populacional, uma vez que as maiores densidades se concentram na região central da área urbana da cidade.

Figura 41 - População e Densidade Demográfica dos Setores Seleccionados



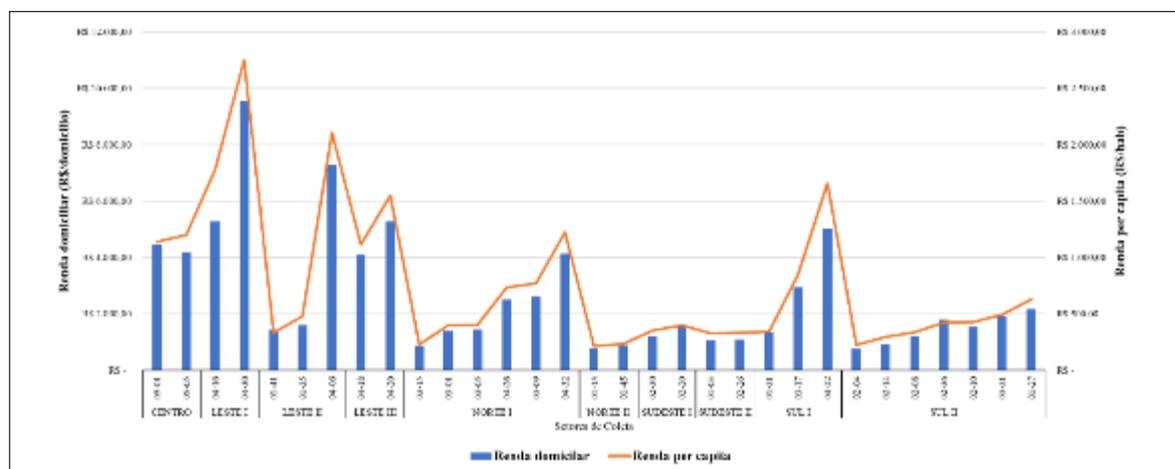
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.2 Renda domiciliar e Renda *per capita*

A renda média domiciliar dos setores de coleta selecionados, ponderada pela população total dos setores, foi de R\$ 2.264,34, chegando-se a um valor máximo de R\$ 9.563,83, no setor de coleta 04-30, região do Jóquei e são Cristóvão, na zona leste de Teresina, e a um valor mínimo de R\$ 759,01, no setor de coleta 02-04, região da vila irmã Dulce zona sul de Teresina. Já em relação a renda per capita, obteve-se um valor médio de R\$ 648,45 para os setores de coleta selecionados (valor ponderado pela população do setores), variando no mesmo padrão da renda domiciliar, onde o setor 04-30 apresentou o valor máximo de R\$ 2.746,10 e o setor 01-15 apresentou o valor mínimo de R\$ 217,05.

Os resultados da renda domiciliar e da renda per capita são apresentados na Figura 42, com os setores agrupados por subzona. É notável a correlação entre essas duas variáveis, que apresentam o mesmo padrão de variação.

Figura 42 - Renda domiciliar e renda per capita dos setores de coleta selecionados - Subzonas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

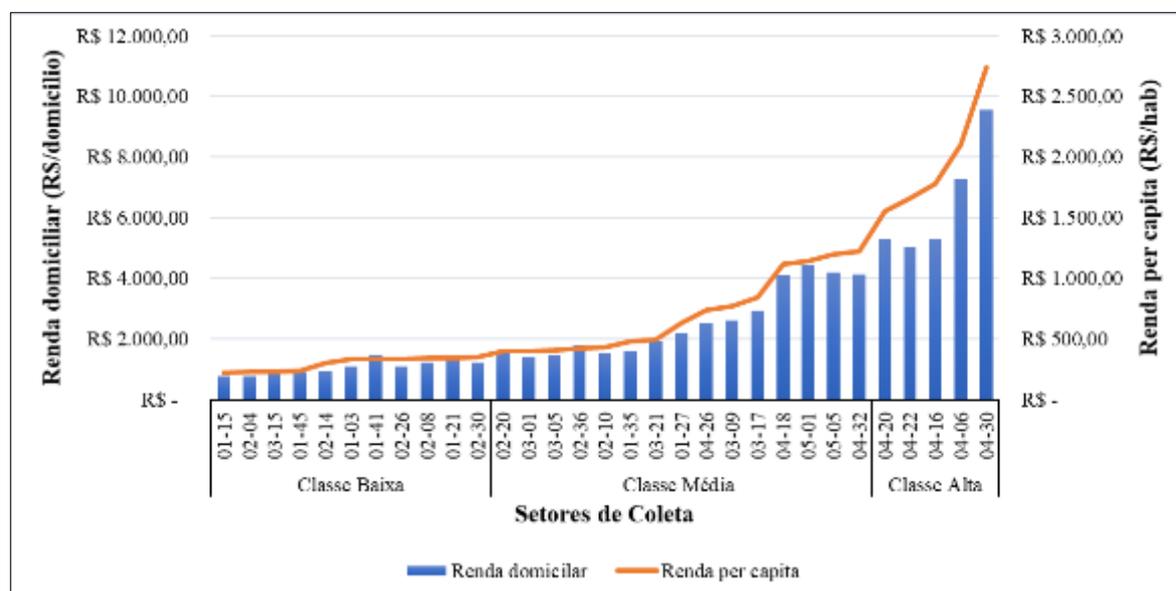
Agrupando os setores de coleta selecionados de acordo com a classificação da SAE (2013), obteve-se a distribuição de setores indicada na Figura 43, na qual observa-se que 11 setores se enquadram na classe socioeconômica baixa, 15 na classe média e 5 na classe alta. Além disso, as classes baixa e média apresentam uma melhor aderência entre as variáveis renda domiciliar e renda per capita, indicadores que se distanciam com a melhoria do padrão de vida.

Os setores enquadrados na classe alta são predominantemente da região administrativa Leste, notadamente a região de melhor padrão de vida da cidade de Teresina, em especial a sub-região Leste I, na qual todos os setores selecionados foram enquadrados nessa classe. Nessa

classe tem-se também representação da região administrativa sul, através do setor de coleta 04-22, da sub-região Sul I, região do bairro Ilhotas.

Nos setores de classe média, temos a representação de todas as regiões administrativas de Teresina, e de quase todas as sub-regiões, com exceção da sub-região leste I, onde todos os setores foram enquadrados como de classe alta, e as sub-regiões Norte II e Sudeste II, onde todos seus setores foram classificados como classe baixa. Esta classe agrega além dos setores das sub-regiões Norte II e Sudeste II, setores das sub-regiões Sul I, Sudeste I e Sul I.

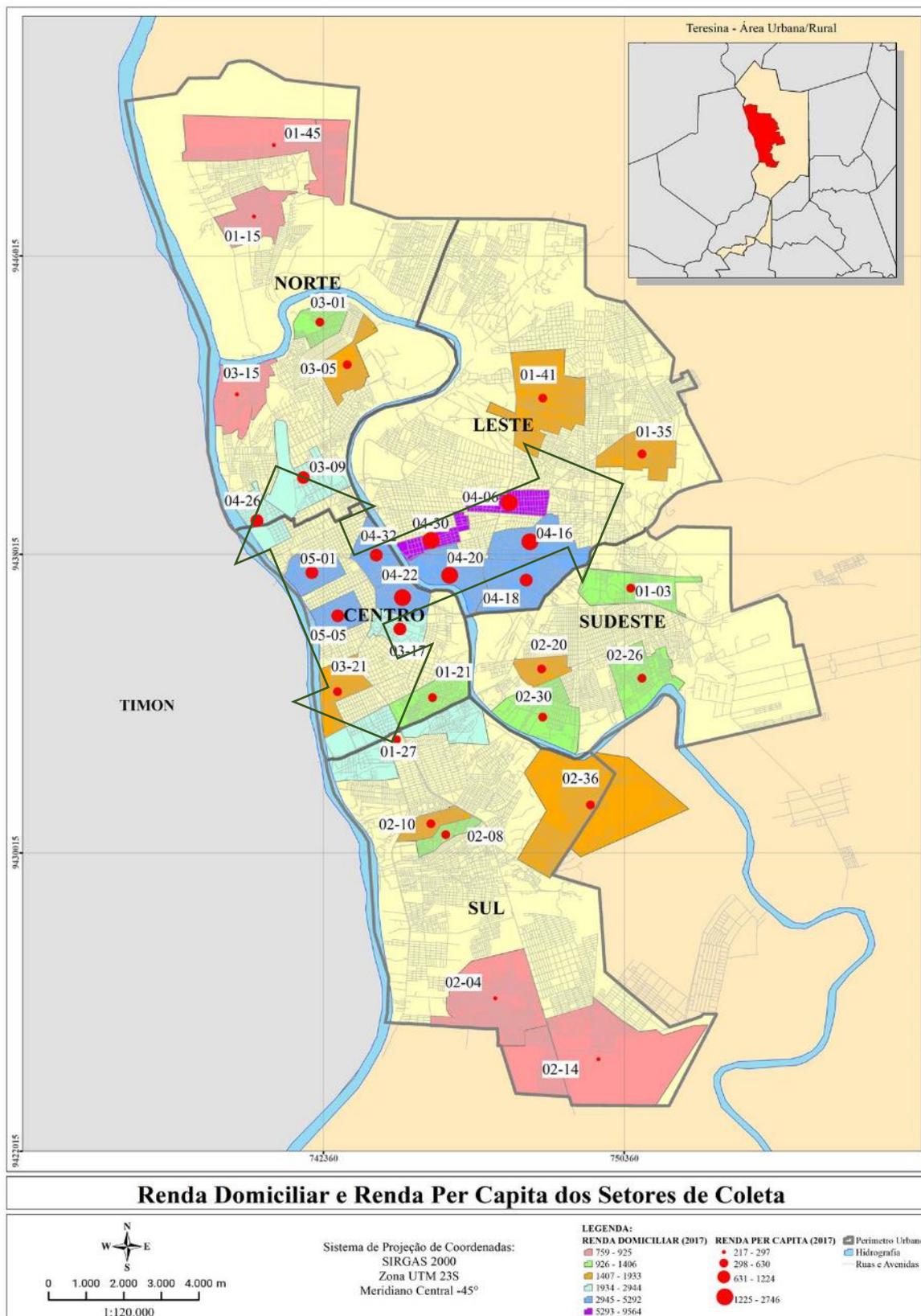
Figura 43 - Renda domiciliar e renda per capita dos setores de coleta selecionados – Classe Social



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 44, apresenta-se a espacialização da renda domiciliar e da renda per capita dos setores de coleta selecionados, na qual se observa que os indicadores de renda a se concentrar no eixo que vai do Centro da Cidade à Zona Leste (Subzona Leste I) com irradiação para as zonas periféricas do perímetro urbano da capital.

Figura 44 - Renda Domiciliar e Renda per capita dos Setores Selecionados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

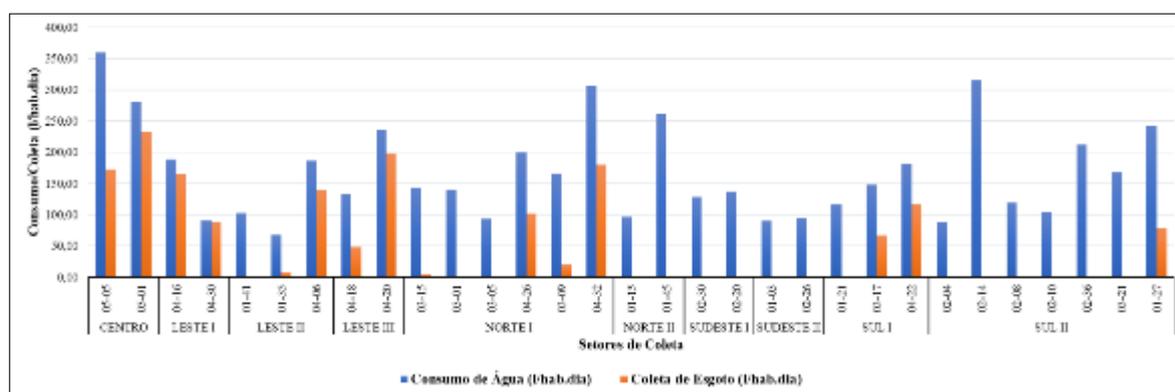
5.1.3 Consumo de água e Coleta de esgoto

O Consumo de água e a Coleta de esgoto, assim como a geração/coleta de resíduos são indicadores relacionados a serviços de saneamento básico. Dessa forma, a presença desses indicadores nas áreas selecionadas é condicionada ao fornecimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas selecionadas.

Todos os setores de coleta selecionados para a pesquisa possuem serviço de abastecimento de água. Já em relação ao serviço de esgotamento sanitário, apenas 17 setores, sendo 47,5% da população total dos setores selecionados, é atendida por esse serviço. Assim, não foi possível calcular o indicador de coleta de esgoto para 14 setores.

Na Figura 45, apresentam-se os indicadores de consumo de água e coleta de esgoto, agrupados por subzonas da cidade de Teresina, na qual podemos verificar um consumo de água médio dos setores selecionados de 148,17 l/hab.dia (valor ponderado pela população do setores), variando de um valor máximo de 359,65 l/hab.dia no setor de coleta 05-05, região do centro da cidade limítrofe com o zona sul, a um valor mínimo de 67,33 l/hab.dia no setor de coleta 01-35, sub-região Leste II na região do bairro Santa Isabel, Uruguai e Gurupi. Nota-se também que dentro das subzonas ocorre uma variação significativa desse indicador.

Figura 45 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta - Subzonas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

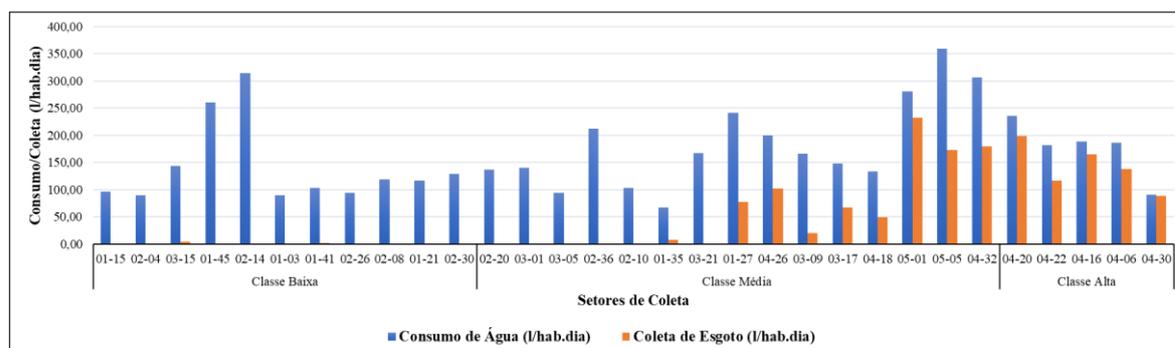
Na maioria dos setores de coleta, o valor da coleta de esgoto foi bem inferior ao valor do consumo de água, tal fato, pode ser em função da abrangência da oferta do sistema de esgotamento nas subzonas, uma vez que nas regiões com cobertura mais efetiva, como a subzona Leste I e o Centro, esses indicadores são razoavelmente próximos, já nas regiões de cobertura mais recente que o sistema não cobre a totalidade das subzonas, já temos uma diferença significativa desses indicadores.

Alguns fatores devem ser ponderados na análise desses indicadores, principalmente casos de mínimo e máximo. Por exemplo, o consumo per capita dos setores do centro de Teresina apresentaram valores bem elevados em relação à média da cidade, tal fato é justificado pela população flutuante, em razão da natureza comercial dessa área, enquanto que a população utilizada para o cálculo do indicador foi a permanente.

da população utilizada para o cálculo do indicador ser a população permanente, sendo que a população, uma vez que essa região tem.

Agrupando-se os indicadores de consumo de água e coleta de esgoto de acordo com a classe socioeconômica, conforme ilustrado na Figura 46, observa-se que apesar do fornecimento de água estar presente em todos os setores de coleta selecionados, apenas os setores de maior renda per capita, conseqüentemente de melhor padrão de vida, contam com os serviços de esgotamento sanitário, e conseqüentemente com o a presença do indicador coleta de esgoto. No geral, mesmo no agrupamento segundo classes socioeconômicas, não se observa uma homogeneidade dos padrões de consumo de água e geração de esgoto.

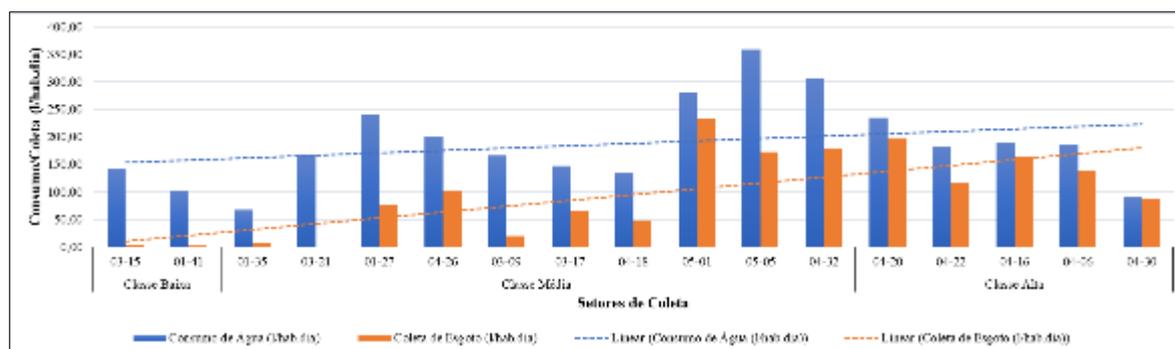
Figura 46 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta – Classes Sociais



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Selecionando-se da amostra inicial de 31 setores de coleta, apenas os setores que apresentam os dois indicadores, ou seja, 17 setores, observa-se uma ligeira tendência de crescimento dos indicadores em análise com o aumento do padrão de vida, conforme ilustrado na Figura 47, sendo a coleta de esgoto mais acentuada. Essa tendência de crescimento com a melhoria do padrão de vida é acompanhada da observação de uma forte correlação entre esses dois indicadores, fato já esperado uma vez que a coleta de esgoto, apesar de ser deteriorada por diversos fatores, é estimada a partir do consumo de água.

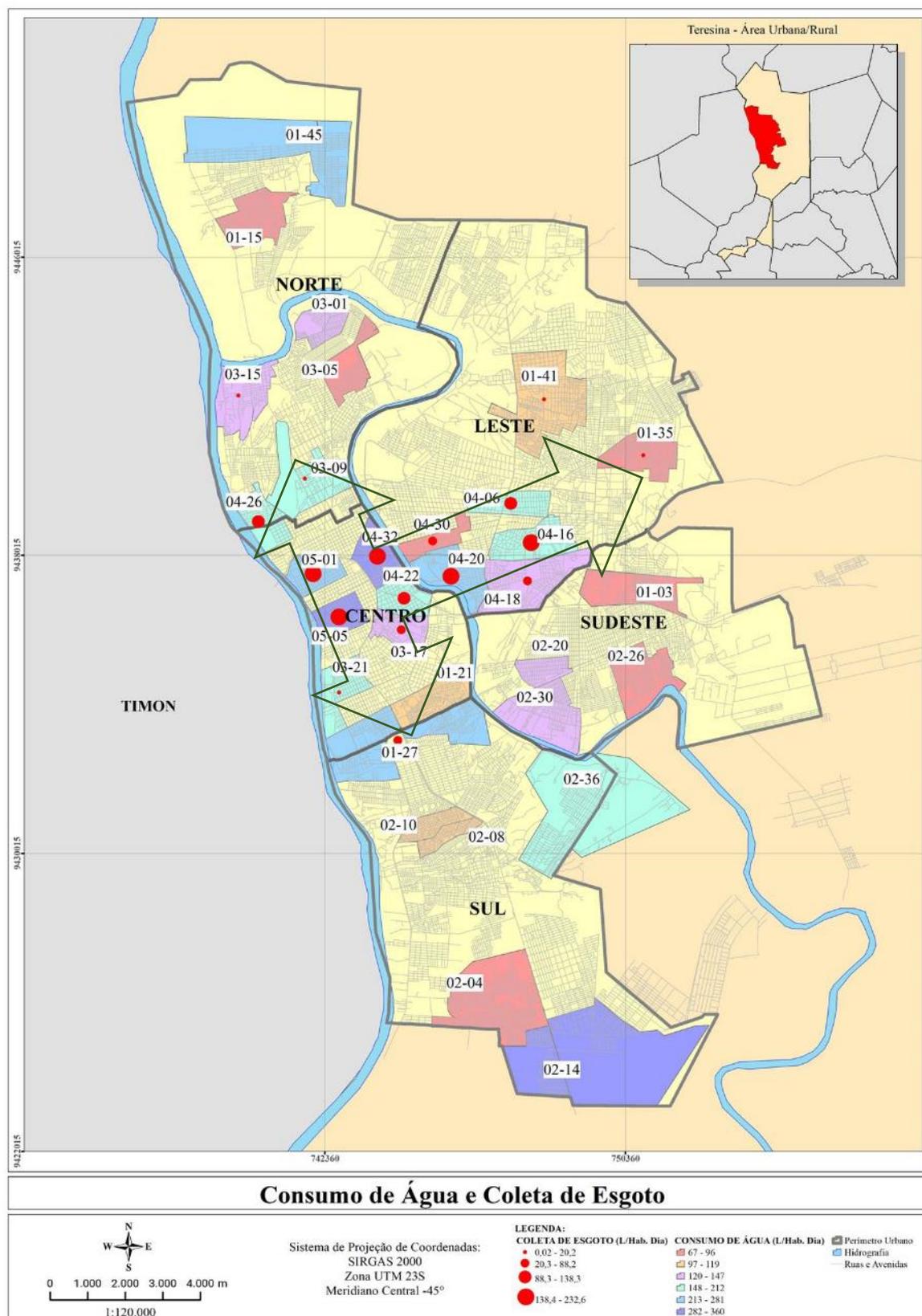
Figura 47 - Resultados de Água e Esgoto para os setores atendidos por esgotamento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 48, é apresentada a espacialização dos setores de coleta com os indicadores de coleta de esgoto e consumo de água. Podemos observar que os dois indicadores acompanham a tendência dos indicadores de renda, concentrando-se em um eixo principal orientado da subzona cento à subzona leste I, irradiando-se para as áreas periféricas do perímetro urbano de Teresina.

Figura 48 - Consumo de Água e Coleta de Esgoto dos Setores de Coleta



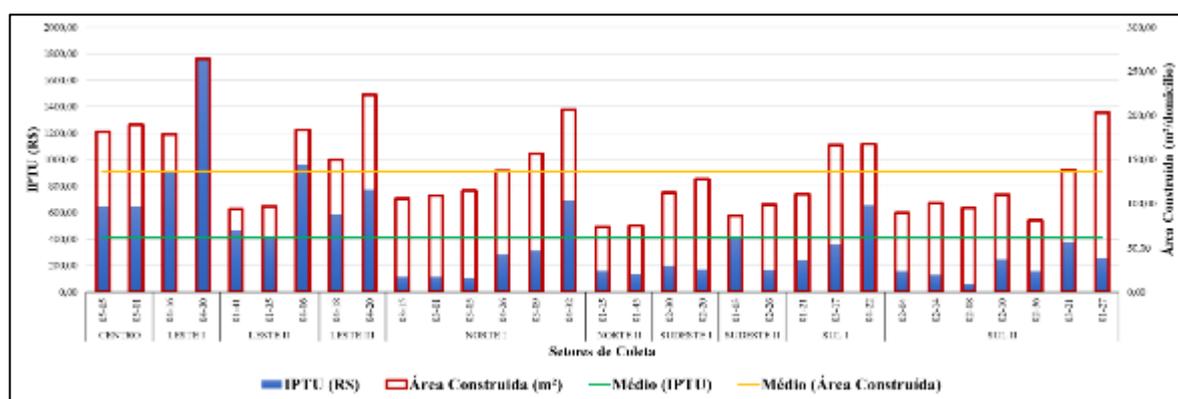
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.4 IPTU e Área Construída

Os resultados dos indicadores IPTU e Área Construída são apresentados na Figura 49, com os setores agrupados por subzonas. O Valor médio do IPTU residencial da cidade de Teresina foi de R\$ 360,98, com uma área construída média de 127,58 m² por domicílio, esses valores foram ponderados pela população dos setores de coleta.

Na Figura 49 observa-se que somente as Subzonas Centro, Leste I, Leste III apresentaram tanto os valores de área construída e IPTU superiores à média da cidade, tal fato se deve à característica comercial do primeiro e a alto padrão de vida dos setores desses dois últimos. Nas demais Subzonas, temos valores bem inferiores ao valor médio, principalmente no caso do IPTU, que é afetado pela política de isenção de cobrança.

Figura 49 - IPTU e Área Construída dos Setores Selecionados – Subzonas



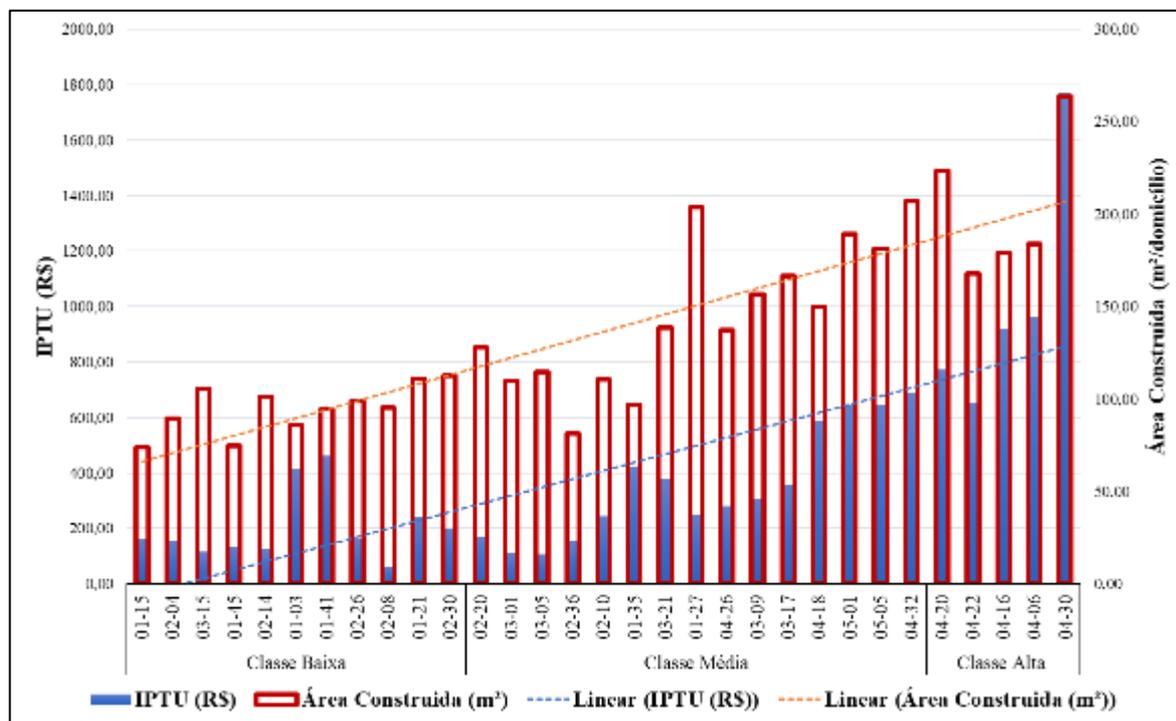
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao agrupar os setores de acordo com as classes sociais, conforme ilustrado na Figura 50, observa-se que tanto o IPTU como a área construída têm uma forte tendência de crescimento com a melhoria do padrão de vida dos setores de coleta. Além disso, conforme esperado, nos extratos superiores das classes sociais há uma aproximação maior do valor do IPTU com a área construída.

Na Figura 50, cabe destacar dois valores anômalos quanto ao IPTU nos setores 01-03 (região do Alto da Ressureição, Sudeste II) e 01-41 (região do vale do gavião, Leste II), que apesar de enquadrados na classe baixa, possuem valores de IPTU próximos a classe média alta. Esses dois setores possuem tanto áreas de alta concentração de renda (que pagam IPTU), como áreas ocupadas por uma população mais carente (que geralmente possuem imóveis isentos do pagamento de IPTU). Assim, como já explicado na metodologia, a SEMF forneceu uma média

de valores válidos, logo, foram computados apenas os domicílios que pagam IPTU, sem levar em consideração o grande número de imóveis isentos no setor.

Figura 50 - IPTU e Área Construída dos Setores Seleccionados – Classes Sociais

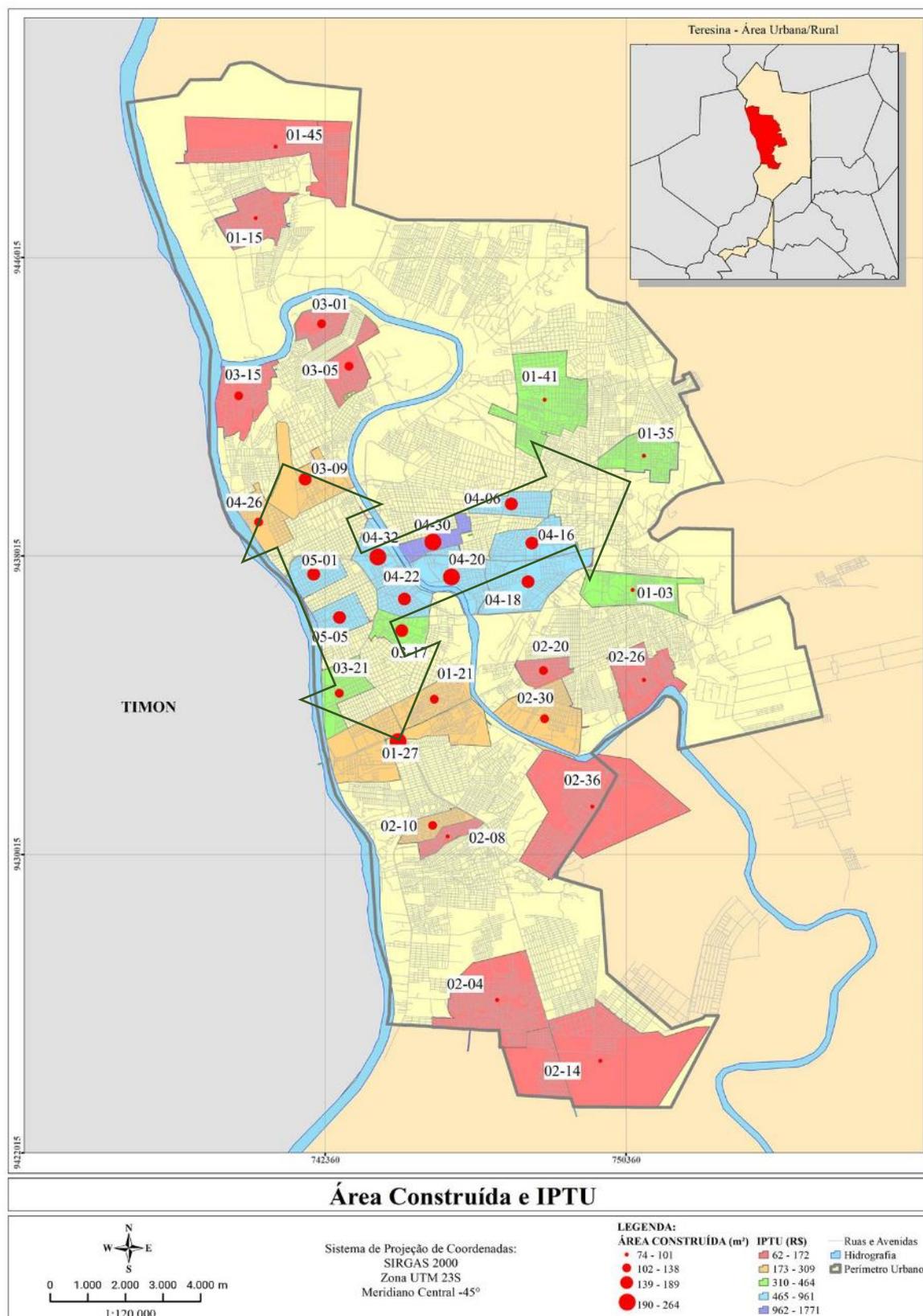


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados de IPTU e Área Construída são espacializados na Figura 51. Novamente é possível observar a presença de um eixo direcionado do Centro para a Zona Leste I com a concentração dos indicadores, os quais se irradiam para as áreas mais periféricas do perímetro urbano da cidade. Isso mostra a relação direta do IPTU com a renda, uma vez que a presença desse eixo também ficou delimitada nos indicadores de renda per capita, renda domiciliar e consumo de água e coleta de esgoto, pois uma vez que essa área apresenta a melhor infraestrutura urbana o valor dos imóveis tende a ser maior, e consequentemente tem que pagar um imposto maior.

Outro aspecto que pode ser indicado, é que esse eixo do Centro a subzona Leste I também é o eixo de verticalização da cidade, concentrando boa parte dos prédios de Teresina, e também, as residências dessa área também são maiores que a média do município, uma vez que abrigou boa parte das famílias ricas no processo de urbanização de Teresina.

Figura 51 - IPTU e Área Construída dos Setores de Coleta Selecionados



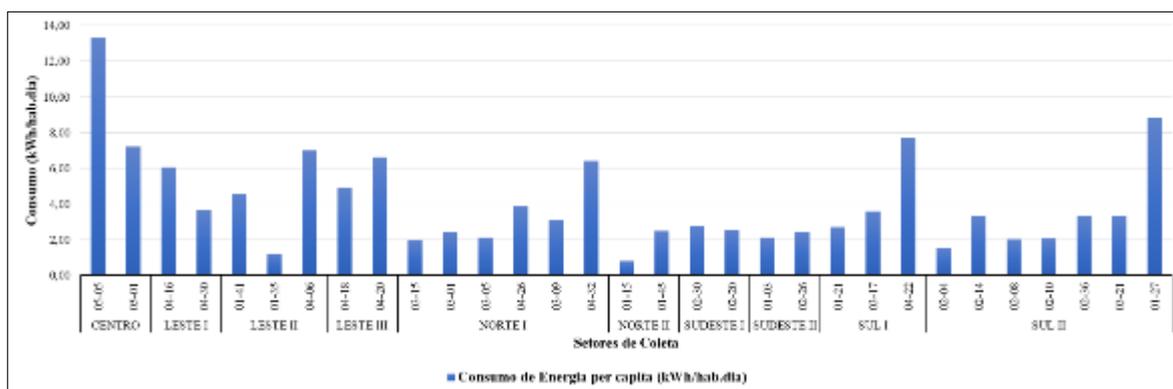
Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.5 Consumo de energia

O consumo médio per capita de energia para a cidade de Teresina foi de 3,47 kWh/hab.dia (valor ponderado pela população do setores) oscilando de um valor máximo de 13,30 kWh/hab.dia no setor 05-05, região comercial, localizada na subzona centro, a um valor mínimo de 0,82 kWh/hab.dia no setor 01-15, na região do Parque Brasil, Subzona Norte II.

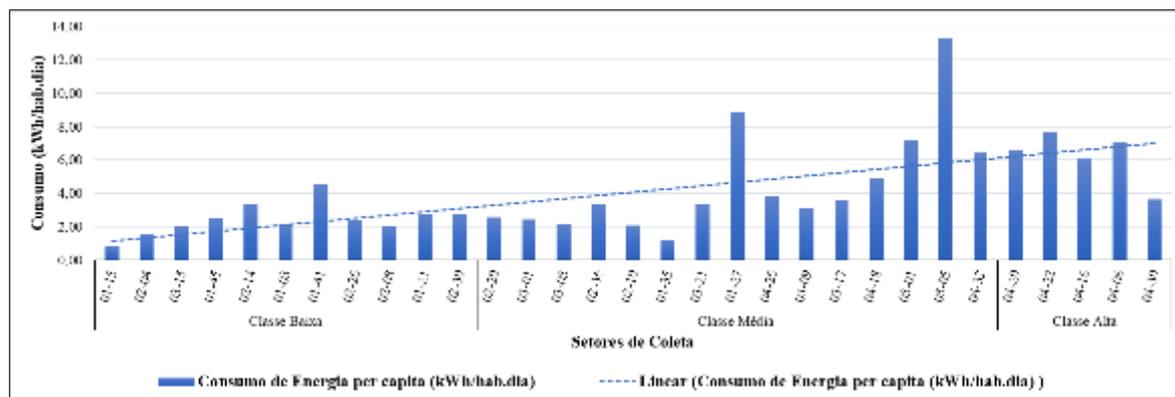
Conforme ilustrado na Figura 52, podemos observar que os setores de maior consumo per capita concentram-se nas Subzonas Centro, Leste I e Leste III. Em geral, o consumo per capita apresentou variações significativas em quase todas as subzonas, excerto nas subzonas da região sudeste, que similar ao observado para os demais indicadores, apresentou valores uniformes.

Figura 52 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta – Subzonas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

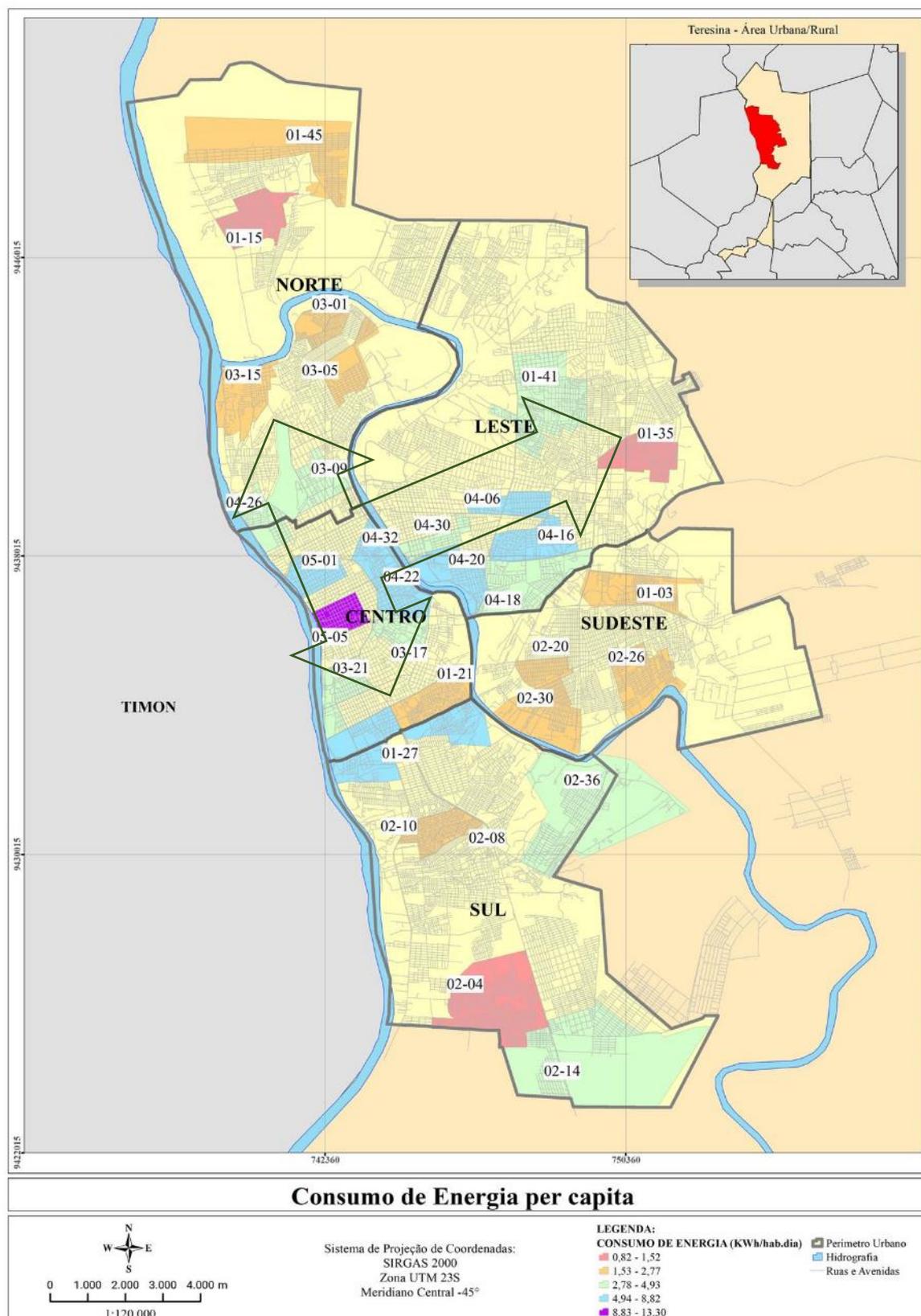
De forma a melhorar a visualização de um padrão de comportamento de consumo, na Figura 53 os setores foram rearranjados de acordo com as classes socioeconômicas, na qual podemos observar, apesar da oscilação do indicador, que há uma tendência acentuada do aumento do consumo per capita de energia com a melhoria do padrão de vida, que está vinculado aos indicadores de renda.

Figura 53 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta – Classes Sociais

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 54 é apresentada a espacialização dos setores de coleta selecionados com o indicador de consumo per capita de energia. Similar ao ocorrido nos indicadores de renda, consumo de água e coleta de esgoto, é possível delimitar um eixo de consumo per capita de energia orientado da Subzona Centro para a região da Zona Leste de Teresina, mas com uma irradiação difusa em direção às áreas periféricas do perímetro urbano.

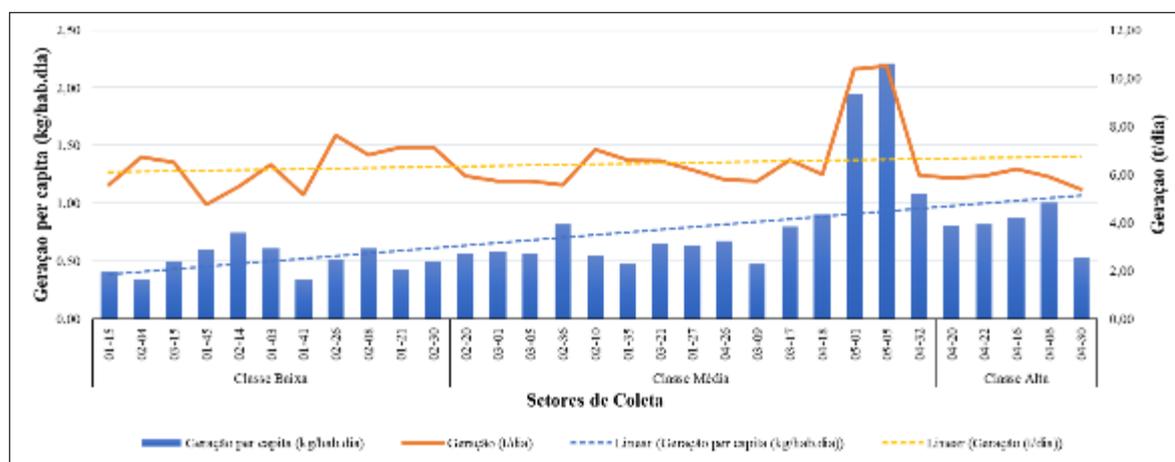
Figura 54 - Consumo de Energia per capita dos Setores de Coleta



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao reagrupar os setores selecionados segundo a classificação socioeconômica, conforme ilustrado na Figura 56, verifica-se que apesar da geração diária ter um comportamento bem próximo da média dos setores, com uma ligeira tendência de crescimento, a geração per capita apresenta uma tendência de crescimento acentuada com a melhoria da qualidade de vida, fato já esperado, conforme o reportado na literatura. O mesmo comportamento foi observado nos indicadores de consumo de água, coleta de esgoto e consumo de energia.

Figura 56 - Geração e Geração per capita dos Setores de Coleta – Classe Social

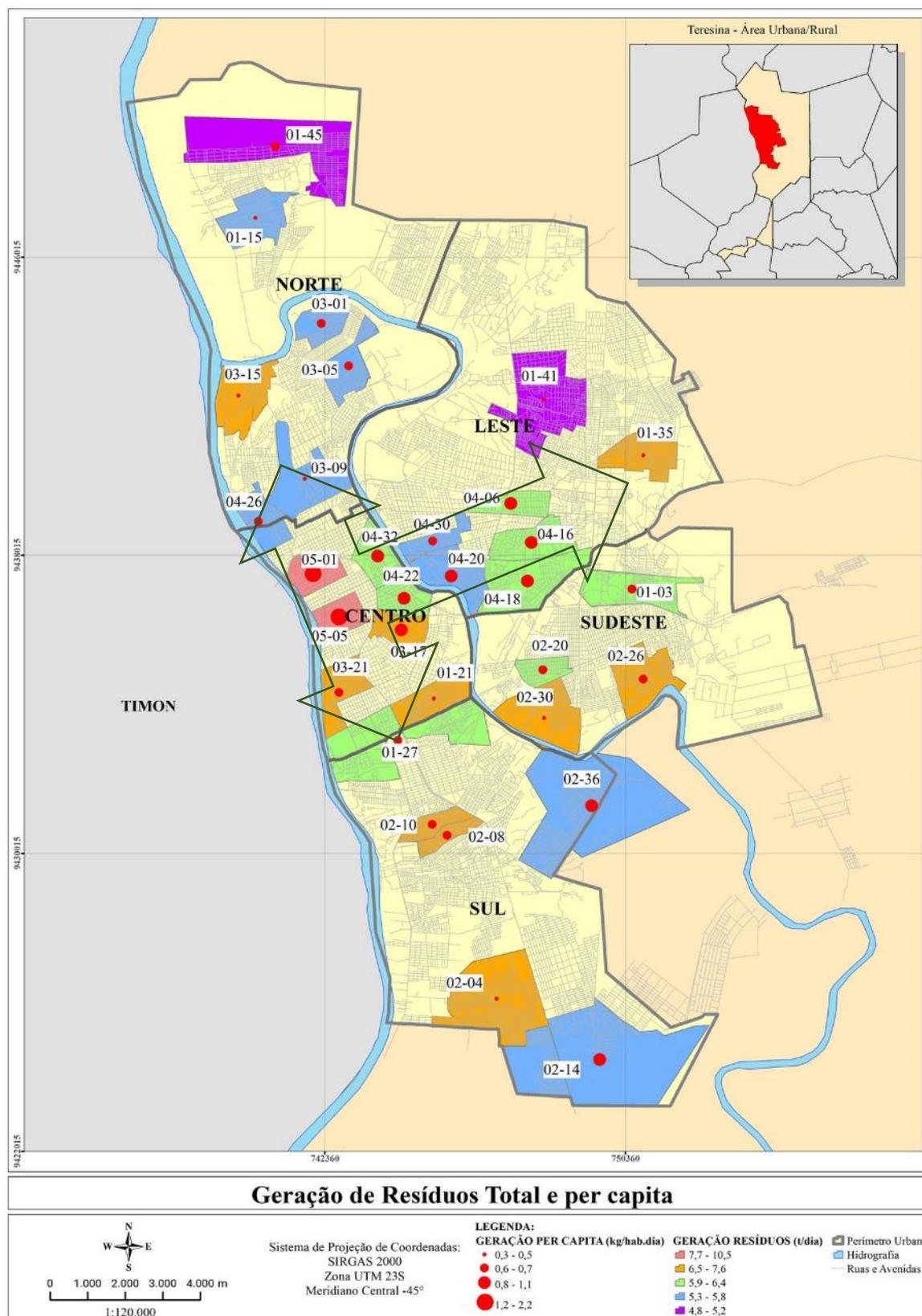


Fonte: Elaborado pelo Autor.

A representação espacial dos setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares selecionados com o indicador de geração total e geração per capita de resíduos é apresentada na Figura 57. É possível observar que a geração per capita tem uma distribuição semelhante aos dos indicadores de consumo de água, renda, coleta de esgoto e geração de energia, ou seja, delimitada por um eixo principal da Subzona Centro em direção à Zona Leste.

Através da Figura 57 visualiza-se a dependência da geração total com os outros indicadores além da geração per capita, pois mesmo os setores com baixa geração per capita podem apresentar elevada geração total quando combinados aos indicadores como população e densidade demográfica. Um exemplo dessa dependência é o setor de coleta 02-04, que apesar de possuir uma das gerações per capita mais baixas, figura entre os setores de maior geração total de resíduos, impulsionado por seu elevado contingente populacional.

Figura 57 - Geração total e geração per capita dos Setores Seleccionados

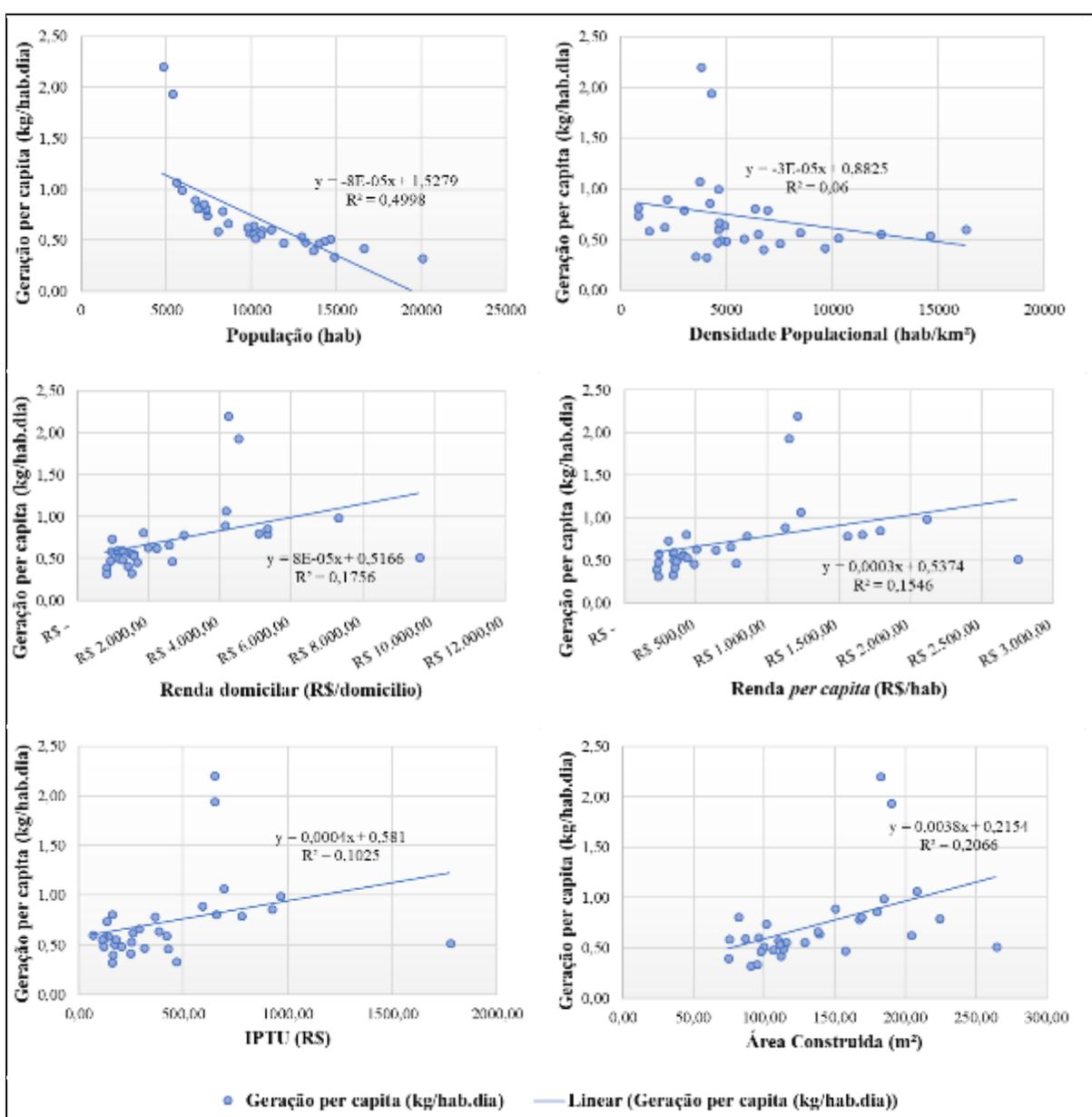


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 58, apresentam-se os gráficos de dispersão da geração per capita com os indicadores socioeconômicos levantados na pesquisa (população, densidade populacional, renda domiciliar, renda per capita, IPTU e área construída). Em geral os valores do R^2 da linha de tendência linear das variáveis socioeconômicas com a geração per capita foram muito baixos, sendo os melhores resultados obtidos para população ($R^2=0,49$), área construída ($R^2=0,21$) e renda domiciliar ($R^2=0,18$).

Pela Figura 58, é possível observar pelo comportamento das linhas de tendência que as variáveis população e densidade populacional são inversamente proporcionais à geração per capita, e todas as outras variáveis são diretamente proporcionais.

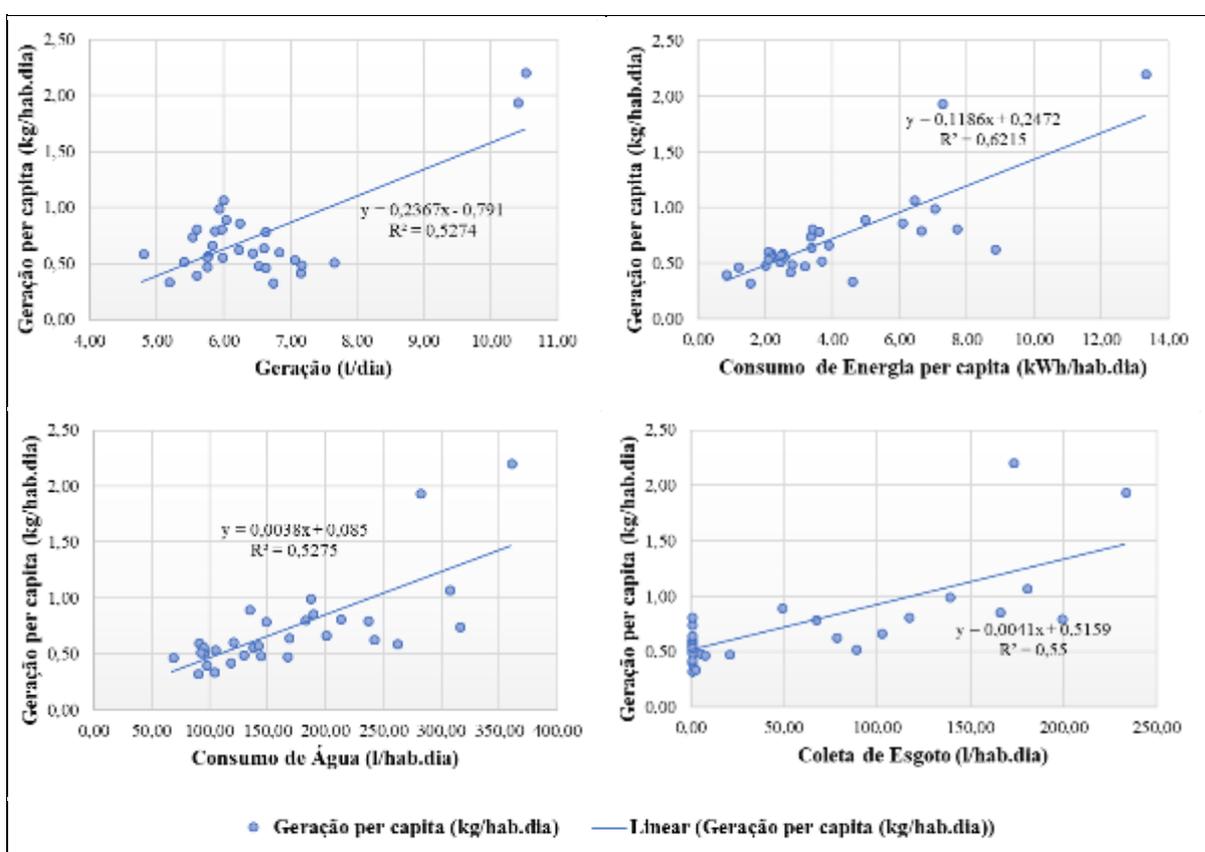
Figura 58 - Relação da geração *per capita* com os Indicadores de Gestão (Socioeconômicos)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Também foram elaborados gráficos de dispersão da geração per capita com os indicadores de consumo (geração, consumo de energia, consumo de água e coleta de esgoto), ilustrados na Figura 59. Todos esses indicadores relacionaram-se de forma direta com a geração per capita, apresentando resultados razoáveis de previsão da geração per capita através da linha de tendência linear. Cabe destacar os resultados obtidos para consumo de água ($R^2=0,53$) e consumo de energia (0,62), que se não fosse pelos dois setores de natureza comercial, iria apresentar a maioria dos valores “aderidos” a linha de tendência.

Figura 59 - Relação da geração *per capita* com os Indicadores de Gestão (Consumo)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nestes resultados observa-se que nas variáveis socioeconômicas, a análise simples por gráficos de dispersão não apresentou resultados satisfatórios para a previsão da geração per capita, servindo apenas para ilustrar a tendência de relação entre as variáveis socioeconômicas e a geração per capita. Já em relação aos indicadores de consumo, os resultados foram aceitáveis, dada a temática da pesquisa, mas poderiam ser melhorados com uma técnica mais refinada.

Nesse sentido é justificável o emprego de uma análise estatística nos dados levantados. Cabe destacar que estatisticamente seriam necessários mais setores de coleta para termos

resultados de excelência, no entanto, como o trabalho teve uma etapa de campo, a operacionalidade e recursos disponíveis não eram compatíveis com esse aumento.

5.1.7 Estatística Descritiva

Os resultados do teste de normalidade dos indicadores são mostrados na Tabela 17, onde além do teste de Shapiro-Wilk, também foi conduzido, para fins comparativos o teste de Kolmogorov-Smirnov, considerado um teste menos rigoroso. O teste de Shapiro-Wilk indicou que apenas o indicador população apresenta uma distribuição normal, já pelo teste de Kolmogorov-Smirnov além do indicador população, também houve a indicação de distribuição normal para o indicador consumo de água per capita.

Tabela 17 - Teste de Normalidade dos Indicadores Analisados

Indicador	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
População	0,11	31	0,200	0,95	31	0,208
Densidade demográfica	0,20	31	0,004	0,89	31	0,004
Renda Domiciliar	0,21	31	0,001	0,80	31	0,000
Renda per capita	0,25	31	0,000	0,80	31	0,000
Geração	0,19	31	0,008	0,76	31	0,000
Geração per capita	0,22	31	0,001	0,70	31	0,000
Consumo de água per capita	0,15	31	0,066	0,91	31	0,013
Coleta de esgoto per capita	0,31	31	0,000	0,74	31	0,000
Consumo de energia per capita	0,21	31	0,001	0,85	31	0,000
IPTU	0,17	31	0,028	0,79	31	0,000
Área construída	0,19	31	0,007	0,92	31	0,029

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar dos testes conduzirem a resultados bem confiáveis, buscou-se também a confirmação da distribuição através da análise dos histogramas, conforme apresentado nas Figuras A.1 (indicadores socioeconômicos) e Figura A.2 (indicadores de consumo) do Apêndice A. Neste trabalho, os indicadores estão reportados da seguinte forma: população (POP), densidade demográfica (DD), renda domiciliar (RD), renda per capita (RPC), IPTU (IPTU), área construída (ACOSNT), geração (GT), geração per capita (GPC), consumo de água per capita (CAGU), coleta de esgoto per capita (CESG) e consumo de energia per capita (CENER).

Através desses resultados é possível observar que apenas os indicadores população, área construída e consumo de água possuem uma distribuição próxima da normal, que podem ser

confirmados com os valores de assimetria, que serão apresentados no resumo da estatística descritiva dos indicadores.

Na Tabela 18 é apresentado o resumo da estatística descritiva dos indicadores analisados no estudo, referentes aos 31 setores de coleta selecionados. Confirmando a análise dos histogramas, é possível verificar que as variáveis população, consumo de água per capita e área construída podem admitir a consideração de distribuição normal. Assim, todas as outras variáveis possuem distribuição não-paramétrica, sendo assim indicado a padronização dessas variáveis pelo escores-z.

Tabela 18 - Resumo da Estatística Descritiva dos indicadores analisados

	POP	DD	RD	RPC	GPC	GT	CAGU	CESG	CENER	IPU	ACONS	
Unidade	hab.	hab/km ²	R\$/domicilio	R\$/hab	kg/hab.dia	t/dia	l/hab.dia	l/hab.dia	kWh/hab.dia	R\$	m ² /domicilio	
N _{válido} (%)	100	100	100	100	100	100	100	55	100	100	100	
Média	10199	5696,88	2661,41	765,98	0,73	6,42	167,53	52,26	4,07	409,06	136,53	
Mínimo	4746,19	752,33	759,01	217,04	0,34	4,77	67,33	0,00	0,82	61,60	74,02	
Máximo	20004	16256,45	9563,83	2746,10	2,21	10,50	359,65	232,62	13,30	1771,36	263,88	
Desvio Padrão	3664	3702,61	2124,31	635,74	0,41	1,24	76,60	73,58	2,70	357,64	48,97	
Assimetria	0,66	1,29	1,62	1,55	2,60	2,23	0,92	1,15	1,63	2,09	0,78	
Curtose	0,14	1,69	2,61	2,03	7,43	5,80	0,04	-0,04	3,23	5,91	-0,12	
Percentis	25%	7258	3681,18	1212,37	332,71	0,50	5,73	103,09	0,00	2,14	155,84	97,00
	50%	10069	4579,94	1610,30	425,95	0,61	6,02	143,04	1,85	3,33	281,82	114,69
	75%	13125	6853,58	4128,55	1139,98	0,82	6,73	212,06	102,03	6,07	646,50	178,72

Fonte: Elaborado pelo Autor.

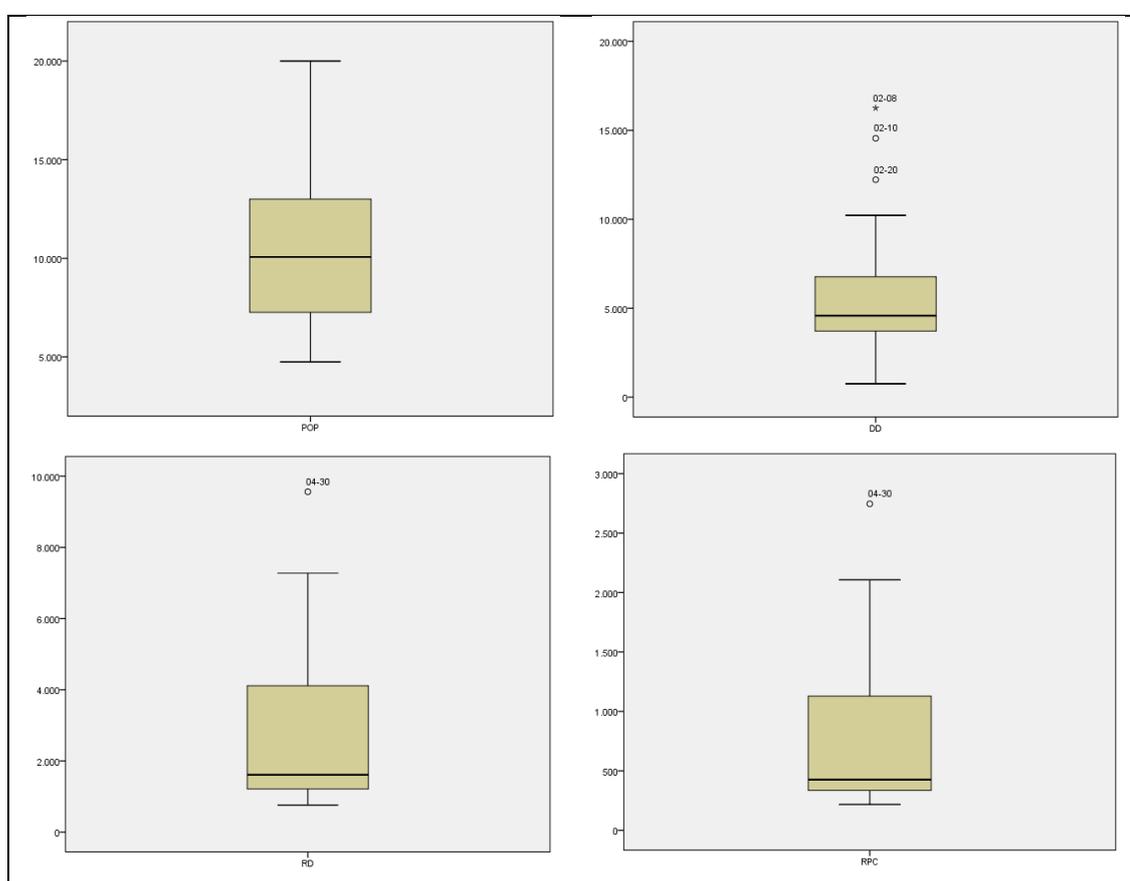
A partir da estatística descritiva apresentada na Tabela 18 é possível fotografar a distribuição dos dados analisados, ficando delimitados os seguintes aspectos sobre os setores selecionados para a pesquisa.

- Apesar da geração per capita apresentar um valor médio de 0,73 kg/hab.dia, apenas 50% dos setores analisados apresentam uma geração de até 0,61 kg/hab.dia, e 25% dos setores apresentam uma geração superior a 0,82 kg/hab.dia.
- Pelo valor da renda domiciliar média, R\$ 2661,41, o conjunto dos 31 setores analisados poderia ser classificado como média classe média, no entanto verificando a distribuição dos dados, mais de 50% dos setores são classificados como classe baixa e menos de 25% dos setores podem ser classificados como classe alta, indicando assim as diferenças socioeconômicas dos setores analisados.
- Os valores médios de população, geração total, consumo de água per capita, consumo de energia per capita e área construída apresentam alta compatibilidade com os percentis apresentados, uma vez que a faixa de 50% das amostras é delimitada por valores bem próximos aos valores médios.

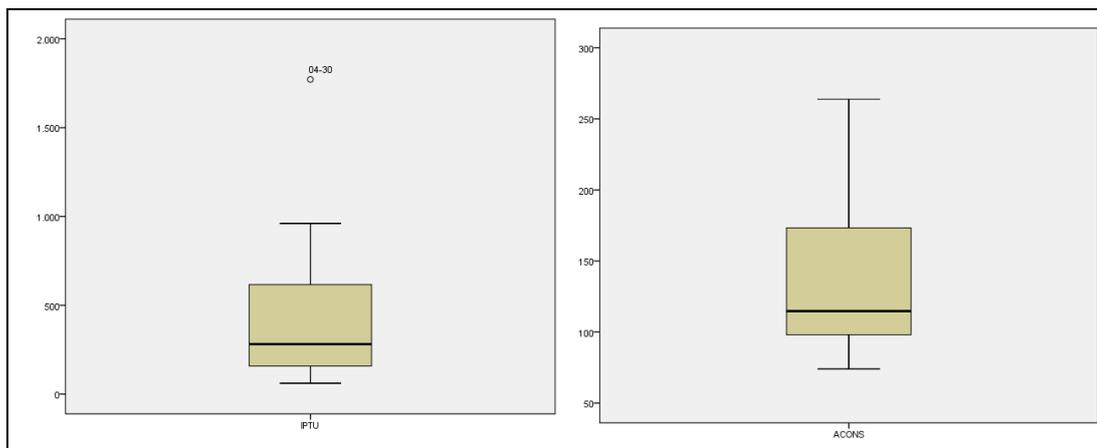
- Em geral, os valores médios encontrado remetem a valores bem superiores aos valores ponderados pela população do setor, por exemplo, a geração per capita de RSD foi 0,73 kg/hab.dia, bem superior ao valor médio ponderado que é de 0,63 kg/hab.dia. Tal fato remete principalmente a presença dos setores comerciais que possuem valores de indicadores de consumo bem superiores aos setores residenciais.

Completando a análise descritiva dos dados são apresentados os gráficos Diagrama de Caixa dos indicadores analisados nas Figuras 60 a 62, que ilustram a distribuição dos indicadores apontando os setores que destoam dos demais.

Figura 60 - Diagrama de Caixa dos Indicadores Socioeconômicos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 61 - Diagrama de Caixa dos Indicadores Socioeconômicos

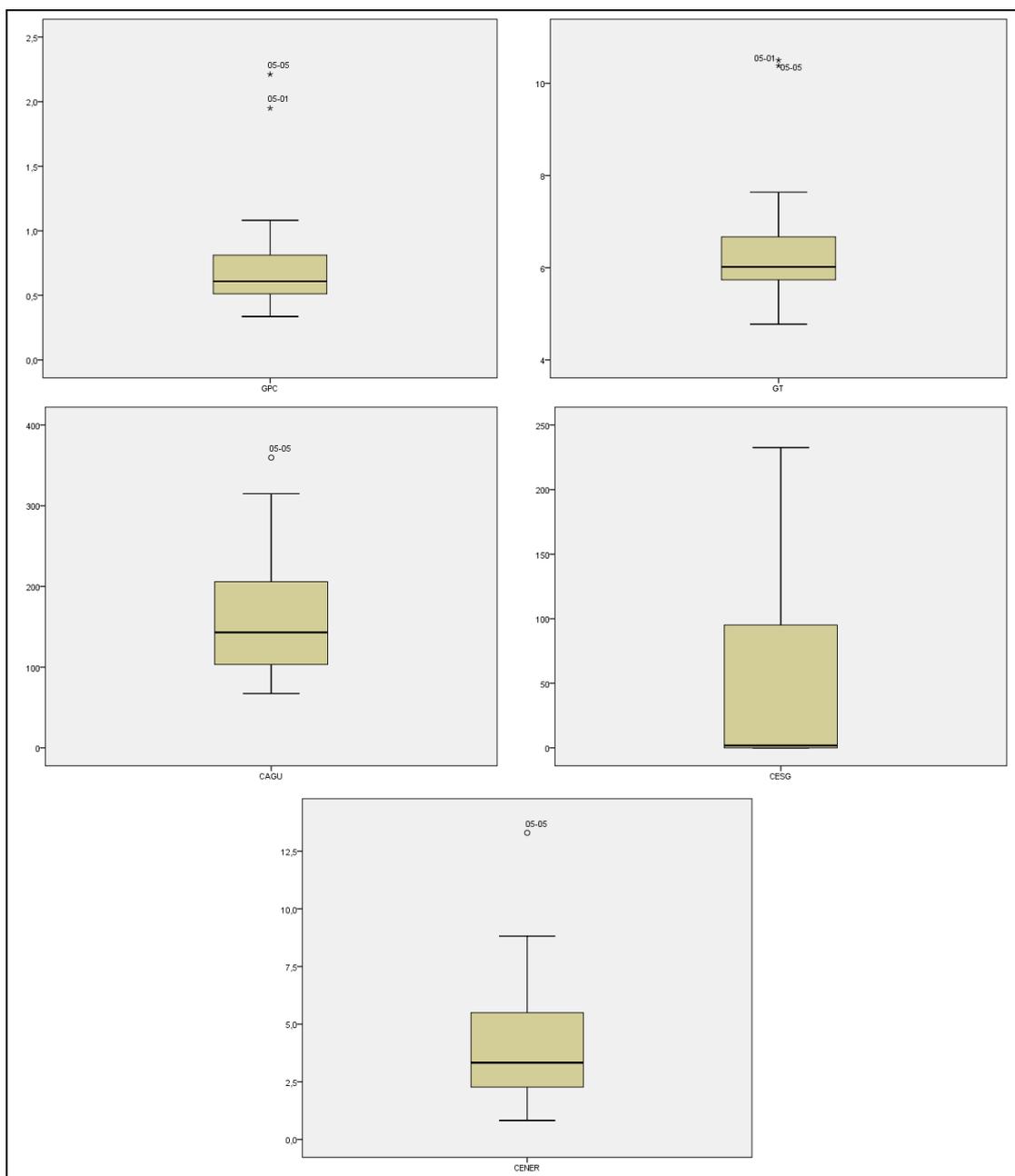
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nessa primeira são apresentados os gráficos dos indicadores socioeconômicos, destacando-se as seguintes informações:

- No indicador densidade demográfica foram destacados os valores discrepantes 02-08 (Promorar), 02-10 (Parque Piauí) e 02-20 (Conjunto Dirceu) áreas de grande aglomeração urbana e que se destacam no cenário teresinense.
- O Setor 04-30 (Jóquei) é a área mais rica da cidade, sendo assim um valor discrepante comum para os indicadores renda domiciliar, renda per capita e IPTU.

Já na Figura 62, são apresentados os gráficos Diagramas de Caixa dos indicadores de consumo, no qual podemos observar que os indicadores de geração total e geração per capita apresentaram uma homogeneidade maior que os demais indicadores. Tanto na geração total, como na geração per capita os setores 05-01 e 05-05 são valores discrepantes, ambos pertencentes ao centro da cidade, ou seja, uma área comercial de elevando fluxo de pessoas. O setor 05-05 também é um valor discrepante no indicador geração de água per capita e consumo de energia.

Por fim, cabe destacar a baixa qualidade do dado coleta de esgoto, fato já comentado na metodologia do trabalho, que além de apresentar uma grande variância, também tem uma distribuição assimétrica, com quartil inferior insignificante e mediana próxima a zero.

Figura 62 - Diagrama de Caixa dos Indicadores de Consumo

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.8 Correlação

Na Tabela 19 são apresentados os resultados da correlação da geração *per capita* com os indicadores socioeconômicos e de consumo utilizados na pesquisa, tanto pelos testes paramétricos (Pearson) como pelos testes não-paramétricos (Tau de Kendall e Spearman), sendo então avaliados de acordo com a distribuição dos dados dos indicadores.

No caso dos indicadores população, consumo de água e área construída que apresentam distribuição normal, seriam indicados os testes paramétricos, no entanto, como esses indicadores foram classificados próximo aos valores limite, e como a diferença dos resultados em relação aos testes não-paramétricos não foram significativas, os teste não-paramétricos também podem ser aplicados.

Tomando como referência os resultados dos testes não-paramétricos observa-se que os resultados obtidos por Tau de Kendall são mais rigorosos que os de Spearman, sendo assim escolhidos para reportar os resultados do teste de correlação dos Indicadores. Por esse teste, verificou-se que apenas a geração total apresentou correlação baixa e sem significância com a geração *per capita*, e que como já era esperado, os indicadores densidade demográfica e população correlacionam-se negativamente com a geração *per capita*.

A partir da análise da Tabela 19, como base nos valores de referência apontados por Field (2009), é possível que os indicadores que melhor se correlacionam com a geração *per capita*, em ordem hierárquica são: população (total), consumo de água *per capita*, consumo de energia *per capita*, renda *per capita* e renda domiciliar.

Tabela 19 - Correlação dos indicadores com a geração *per capita*

Indicador	N _{válido}	Testes Paramétricos		Testes Não-Paramétricos			
		Geração per capita		Geração per capita		Geração per capita	
		Pearson	Sig.	tau_b de Kendall	Sig.	rô de Spearman	Sig.
População	100,00%	-,707**	,000	-,837**	,000	-,953**	,000
Densidade demográfica	100,00%	-,245	,184	-,239	,059	-,402*	,025
Renda Domiciliar	100,00%	,419*	,019	,480**	,000	,650**	,000
Renda per capita	100,00%	,393*	,029	,488**	,000	,654**	,000
Geração	100,00%	,726**	,000	,049	,696	,062	,742
Consumo de água per capita	100,00%	,726**	,000	,531**	,000	,746**	,000
Coleta de esgoto per capita	55,00%	,742**	,000	,460**	,001	,609**	,000
Consumo de energia per capita	100,00%	,788**	,000	,548**	,000	,733**	,000
IPTU	100,00%	,320	,079	,297*	,019	,445*	,012
Área construída	100,00%	,455*	,010	,419**	,001	,558**	,001

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

**.. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.9 Análise de Componentes Principais (ACP) dos Indicadores de Gestão

Em um primeiro momento, no processo de ACP foi executado o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), com a obtenção de um valor de 0,678, indicando que os padrões de correlações são relativamente compactos. Assim, a análise dos fatores deve produzir fatores distintos e confiáveis.

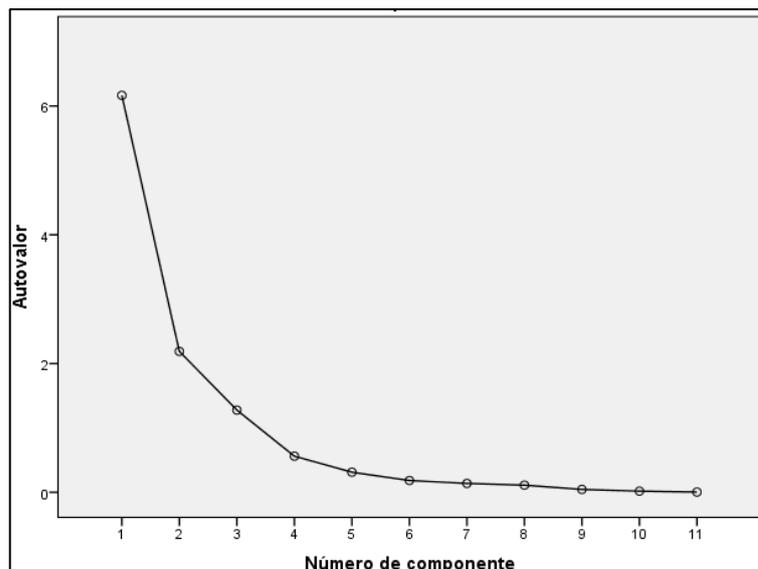
Na Tabela 20, ilustra-se a comunalidade dos indicadores utilizados no modelo, ou seja, a proporção da variância comum dentro da variável. Assim, é possível identificar que boa parte dos indicadores possuem variância comum com o modelo com um percentual acima de 70%, conforme recomendado na literatura. Apenas os indicadores densidade demográfica e geração per capita apresentaram uma baixa comunalidade, no entanto, foram mantidos no modelo.

Tabela 20 - Comunalidade das Variáveis do Modelo

Comunalidades		
Variável	Rótulo	Extração
População	POP	0,647
Densidade demográfica	DD	0,265
Renda Domiciliar	RD	0,978
Renda per capita	RPC	0,977
Geração	GT (ou G)	0,870
Geração per capita	GPC	0,357
Consumo de água per capita	CAGU	0,802
Coleta de esgoto per capita	CESG	0,862
Consumo de energia per capita	CENER	0,827
IPTU	IPTU	0,911
Área construída	ACONS	0,856

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 63 é apresentado o diagrama de declividade, com ponto de inflexão a partir do quarto fator, indicando que até três fatores podem ser extraídos sem uma perda significativa da qualidade do modelo. Por motivos de simplicidade, tanto na representação como na análise, escolheu-se reter apenas dois fatores, pois apenas esses dois fatores são suficientes para explicar mais de 70% da variância total do modelo.

Figura 63 - Diagrama de Declividade

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nesse sentido foram extraídos dois componentes, o primeiro responsável por 56,04% da variância total e o segundo por 19,89%, fazendo assim que a representação componente 1 versus componente 2 explique 75,93% da variância total do modelo. Para melhorar a interpretação dos fatores, foi aplicada a técnica de rotação, fazendo com que a componente 1 representasse 47,71% da variância do modelo, e a componente 2, 33,22%, mantendo a representação componente 1 versus componente 2 com 75,93% da variância total do modelo. Na Tabela 21 é indicada a distribuição de carga dos indicadores por componentes principais, sendo considerada como relevantes as cargas superiores a 0,4.

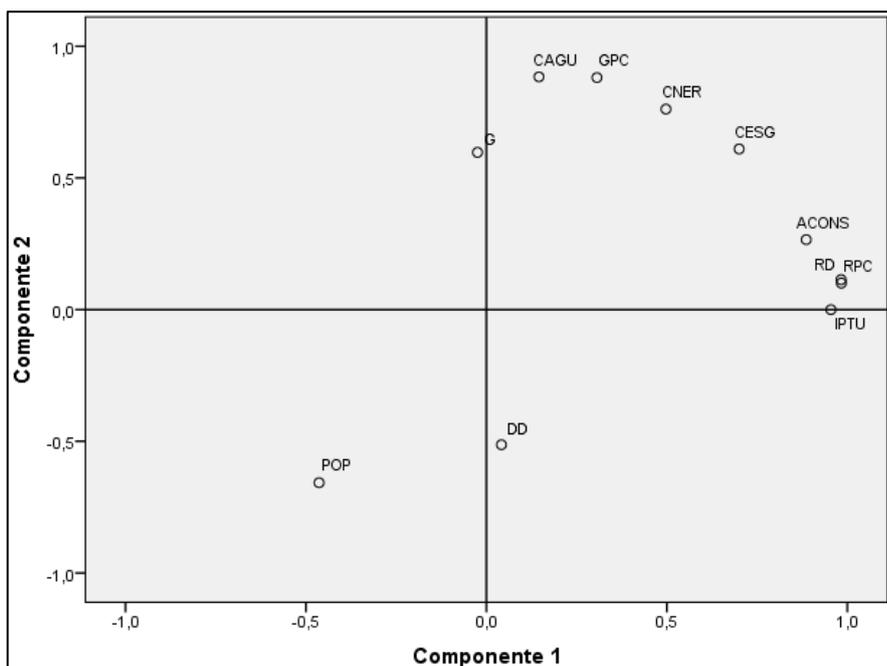
Tabela 21 - Cargas dos Componentes

Indicador	Rótulo	Componente	
		1	2
População	POP	-0,464	-0,657
Densidade demográfica	DD		-0,513
Renda Domiciliar	RD	0,983	
Renda per capita	RPC	0,983	
Geração	GT (ou G)		0,881
Geração per capita	GPC		0,597
Consumo de água per capita	CAGU		0,884
Coleta de esgoto per capita	CESG	0,700	0,610
Consumo de energia per capita	CENER	0,497	0,761
IPTU	IPTU	0,955	
Área construída	ACONS	0,886	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Tabela 21 é utilizada na interpretação do diagrama de fatores, ilustrado a Figura 64, na qual podemos destacar a proximidade das variáveis consumo de água per capita e consumo de energia per capita com a geração per capita dos resíduos sólidos domiciliares. Também fica bem delimitada a proximidade dos indicadores renda per capita, renda domiciliar, IPTU e área construída.

Figura 64 - Diagrama de Fatores - *componente 1(47,71%) versus componente 2 (33,22%)*



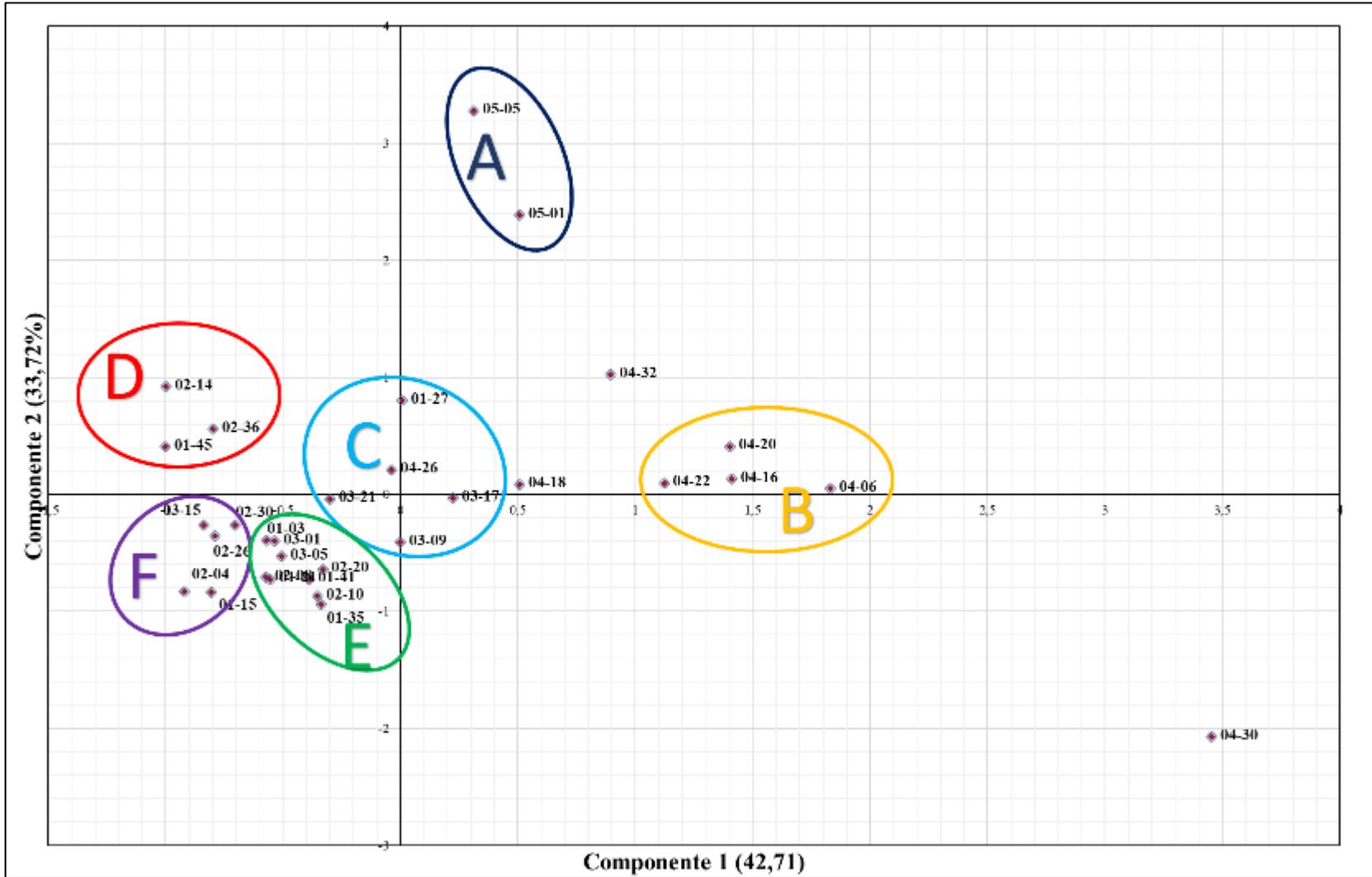
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O diagrama de fatores também pode ser expresso segundo os setores de coleta, representado na Figura 65. Esse diagrama foi utilizado para agrupar os setores que mantem maiores semelhanças entre si, a partir dos indicadores socioeconômicos e de consumo levantados na pesquisa, de acordo com o exposto na Tabela 22, que apresenta os 5 distritos delimitados com suas respectivas características básicas.

Como pode ser observado na Figura 65, três setores (04-32, 04-30 e 04-18) não se agruparam com nenhum dos outros setores, assim, após a descrição de todos os agrupamentos formados analisou-se o distrito no qual esses setores guardam maior semelhança, conforme discriminado na Tabela 22.

Os distritos apontados na Tabela 22 podem ser utilizados pela prefeitura municipal de Teresina para o estabelecimento de estratégias de gestão, manejo e conscientização ambiental, de maneira a melhorar a eficiência dos esforços na melhoria na gestão dos RSD.

Figura 65 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta



Fonte: Elaborado pelo Autor

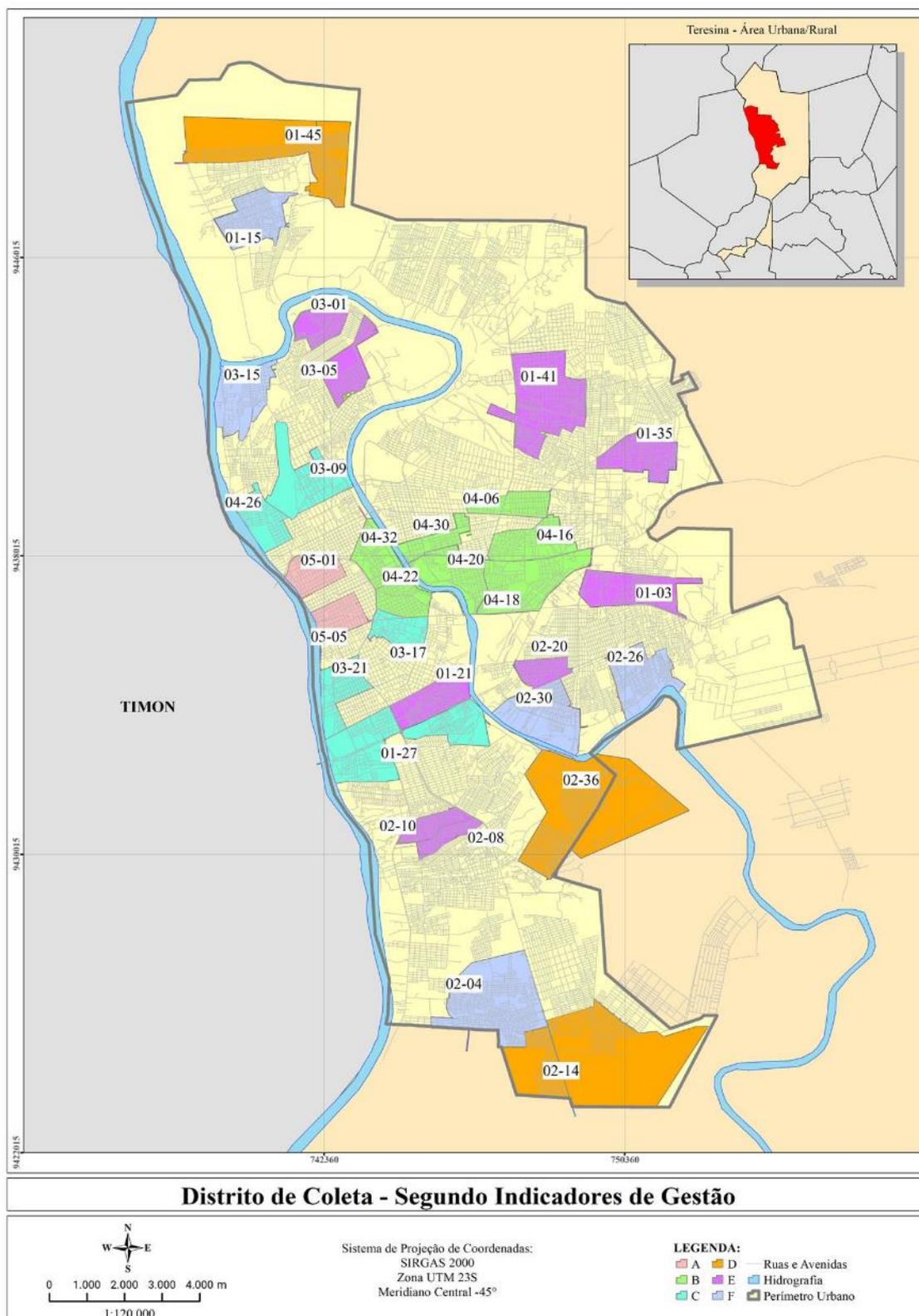
Tabela 22 - Distritos de Coleta propostos para a cidade de Teresina

Distrito	Setores	Componente de Relevância	Características
A	05-01 05-05	2 (geração elevada)	Setores pertencentes ao centro da cidade, com ocupação voltada para comércio e prestação de serviços públicos.
B	04-06 04-16 04-20 04-22 04-18* 04-32* 04-30*	1 (renda, IPTU, consumo de energia e água elevados)	Setores pertencentes às áreas mais ricas de Teresina, atendidos por esgotamento sanitário, consumo per capita de energia e de água superior à média da cidade. Renda per capita superior a R\$ 1.200,00 e geração per capita superior à média da cidade de Teresina. IPTU residencial médio superior a R\$600,00, e imóveis com área construída média superior a 180m ² .
C	01-27 03-09 03-17 03-21 04-26	Indicadores próximos aos valores médios, com pontos próximos a origem.	Setores de Classe média, com população e densidade demográfica próximos dos valores médios da cidade de Teresina. Cobertura parcial de esgotamento sanitário e consumo per capita de água e energia próximos ao valor médio de Teresina. Geração total próxima ao valor médio dos setores da capital, e geração per capita inferior à média do município. IPTU residencial médio inferior a R\$360,00 com área construída média de 160m ² .
D	02-14 01-45 02-36	1 (renda baixa) 2 (densidade demográfica baixa)	Setores de baixa renda, pertencentes a áreas de expansão da capital, grande parte por conjuntos habitacionais, sem atendimento de esgotamento sanitário. Consumo de água per capita maior que a média de Teresina e baixo consumo per capita de energia. Geração per capita próxima ao valor médio da capital, e baixa geração total. Áreas com baixo contingente populacional e baixa densidade demográfica. Valor do IPTU residencial médio inferior a R\$150,00 e área construída média menor que 100m ² .
E	01-03 01-21 01-35 02-08 02-10 02-20 03-01 03-05	1 (renda baixa e população alta) 2 (baixo consumo de água e energia)	Setores de classe baixa e classe média baixa, com grande contingente populacional e alta densidade demográfica. Geração total próxima ao valor médio da capital associados a uma baixa geração per capita. Sem cobertura de esgotamento sanitário, com baixo consumo de água e de energia per capita. IPTU residencial médio de R\$ 250,00 com área construída média menor que 130m ² .
F	01-15 02-04 02-26 02-30 03-15	1 (renda baixa e população alta) 2 (geração per capita baixa e geração total alta)	Setores de classe baixa, com grande contingente populacional e densidade demográfica próxima do valor médio de Teresina. Geração total superior à média de Teresina, associado a menor geração per capita da cidade. Baixo consumo de energia e água, e sem cobertura de esgotamento sanitário. Valor do IPTU médio residencial inferior a R\$200,00 com área construída média inferior a 115m ² .

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 66 é apresentada a espacialização desses agrupamentos, evidenciando o agrupamento das áreas comerciais (A), dos setores residenciais do vetor Centro-Leste (B) e das áreas periféricas, como o agrupamento D, que congrega setores dos vetores de expansão Norte e Sul da cidade, voltados para ocupação da população mais carente.

Figura 66 - Distritos de Coleta, agrupados de acordo com os Indicadores de Gestão



Fonte: Elaborado pelo Autor

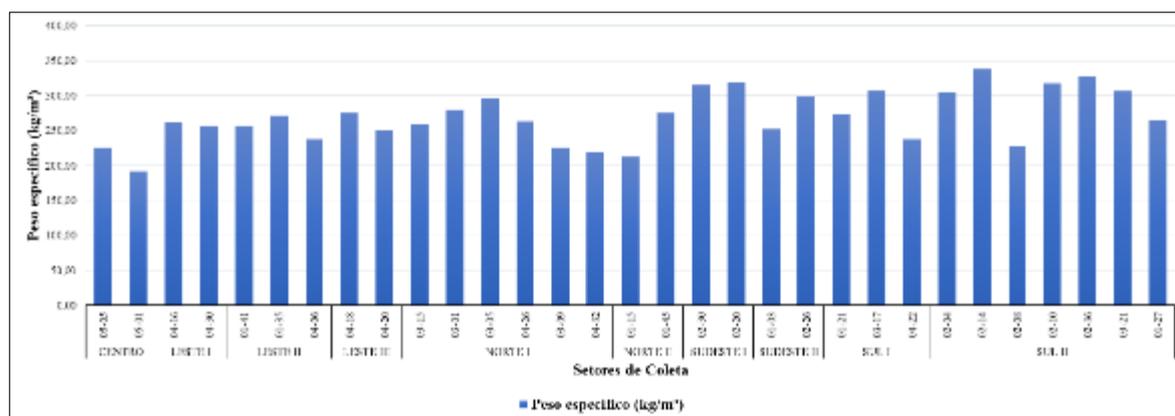
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES POR SETOR DE COLETA

5.2.1 Peso Específico

Os resultados do peso específico úmido, não compactado, dos resíduos sólidos domiciliares dos setores de coleta selecionados para a pesquisa são apresentados na Figura 67, com as rotas de coleta agrupadas por Subzona. O valor médio do peso específico úmido não compactado foi de 269,15 kg/m³, oscilando de um valor máximo de 337,19 kg/m³ no setor de coleta 02-14, que atende a área do bairro Irma Dulce, na Zona Sul de Teresina, a um valor mínimo de 191,60 kg/m³ no setor de coleta 05-01, que atende uma área do centro de Teresina, de natureza comercial.

Os valores, do peso específico úmido dos setores de coleta de Teresina, apresentam uma variação significativa até mesmo dentro das subzonas, com exceção das subzonas do Centro, Leste I e Sudeste, que apresentaram um comportamento uniforme. Tal variação já era esperada em função da alta sensibilidade desse parâmetro a fatores como a natureza dos resíduos, forma de acondicionamento dos resíduos nas residências, grau de saturação e estágio de decomposição da matéria orgânica.

Figura 67 - Peso específico úmido (não compactado) dos setores de coleta – Subzona

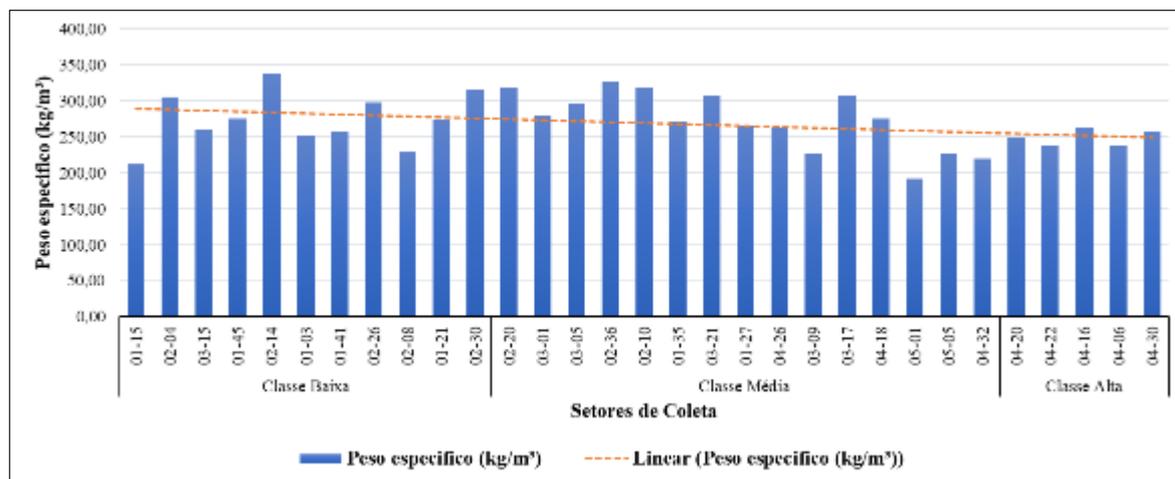


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com os setores de coleta selecionados, agrupados de acordo com a classe socioeconômica, conforme Figura 68, verifica-se uma tendência de decréscimo do peso específico úmido com a melhoria da qualidade de vida. Tal fato é coerente com o comportamento reportado na literatura, uma vez que a melhoria da qualidade de vida da população é acompanhada de uma tendência de crescimento do percentual de frações

recicláveis e uma redução das frações orgânicas dos resíduos sólidos domiciliares, assim como, a matéria orgânica possui uma alta capacidade de retenção de líquidos e as frações recicláveis, como os plásticos possuem um baixo peso específico, é natural que o peso específico diminua.

Figura 68 - Peso específico úmido (não compactado) dos setores de coleta – Classe Social



Fonte: Elaborado pelo Autor.

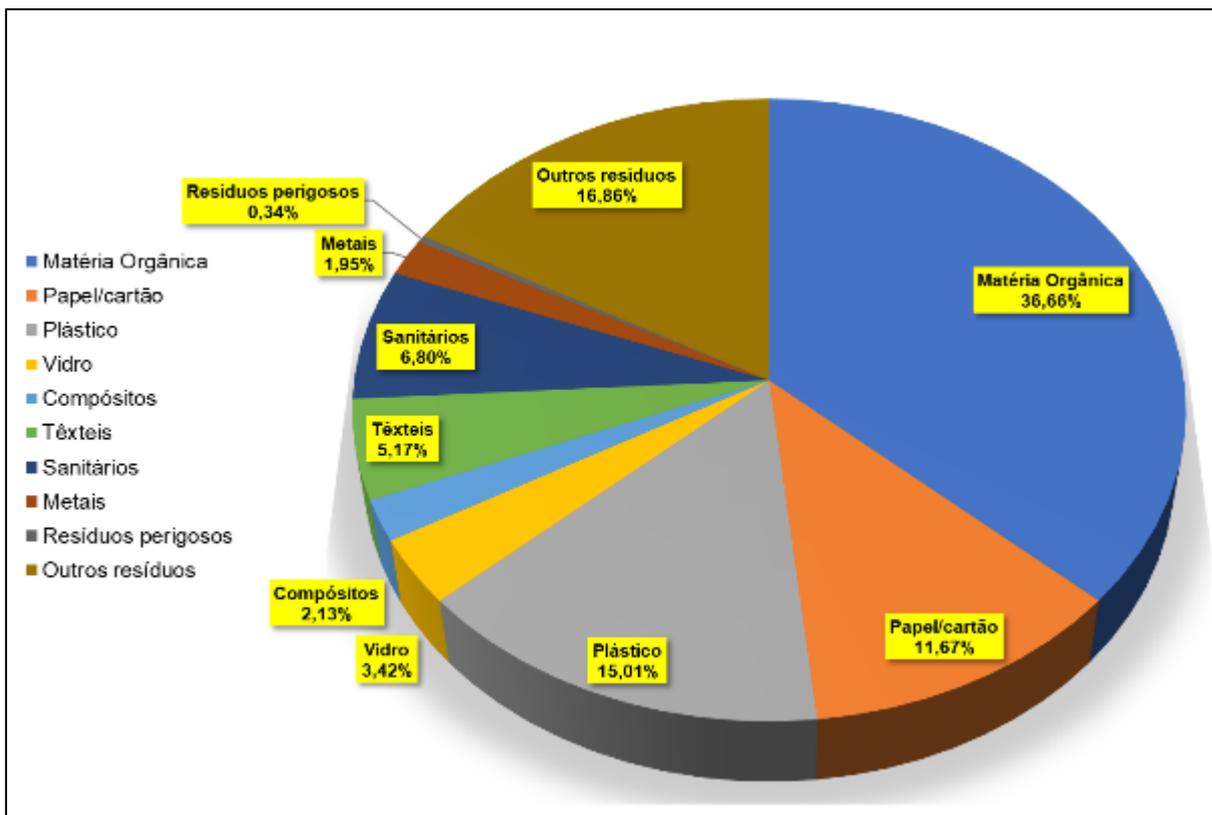
5.2.2 Composição Gravimétrica

Os resultados mais relevantes para o escopo da pesquisa, referentes ao estudo de composição gravimétrica, são apresentados a seguir. No entanto, os resultados detalhados desse estudo de composição gravimétrica são expostos no Apêndice (Apêndice B) deste trabalho, no qual apresenta-se a composição gravimétrica (Classes principais e detalhada) de todos os setores de coleta selecionados para a pesquisa e todas as subzonas da cidade.

A composição gravimétrica média de Teresina (ponderada pela população dos setores, segundo as classes principais, é apresentada na Figura 69, na qual podemos identificar que os resíduos sólidos domiciliares da capital são compostos por: matéria orgânica (36,66%), papel/cartão (11,67%), plásticos (15,01%), vidro (3,42%), compósitos (2,13%), têxtil (5,17%), sanitários (6,80%), metais (1,95%), resíduos perigosos (0,34%) e outros resíduos (16,86%).

Esses valores apresentam diferenças significativas dos reportados por IPEA (2012), média brasileira, e Piauí (2011a), média estadual, uma vez que a composição gravimétrica obtida pelo estudo apontou um baixo percentual de orgânicos e metais, contrastando com valores significativos das frações plástico e papel/cartão.

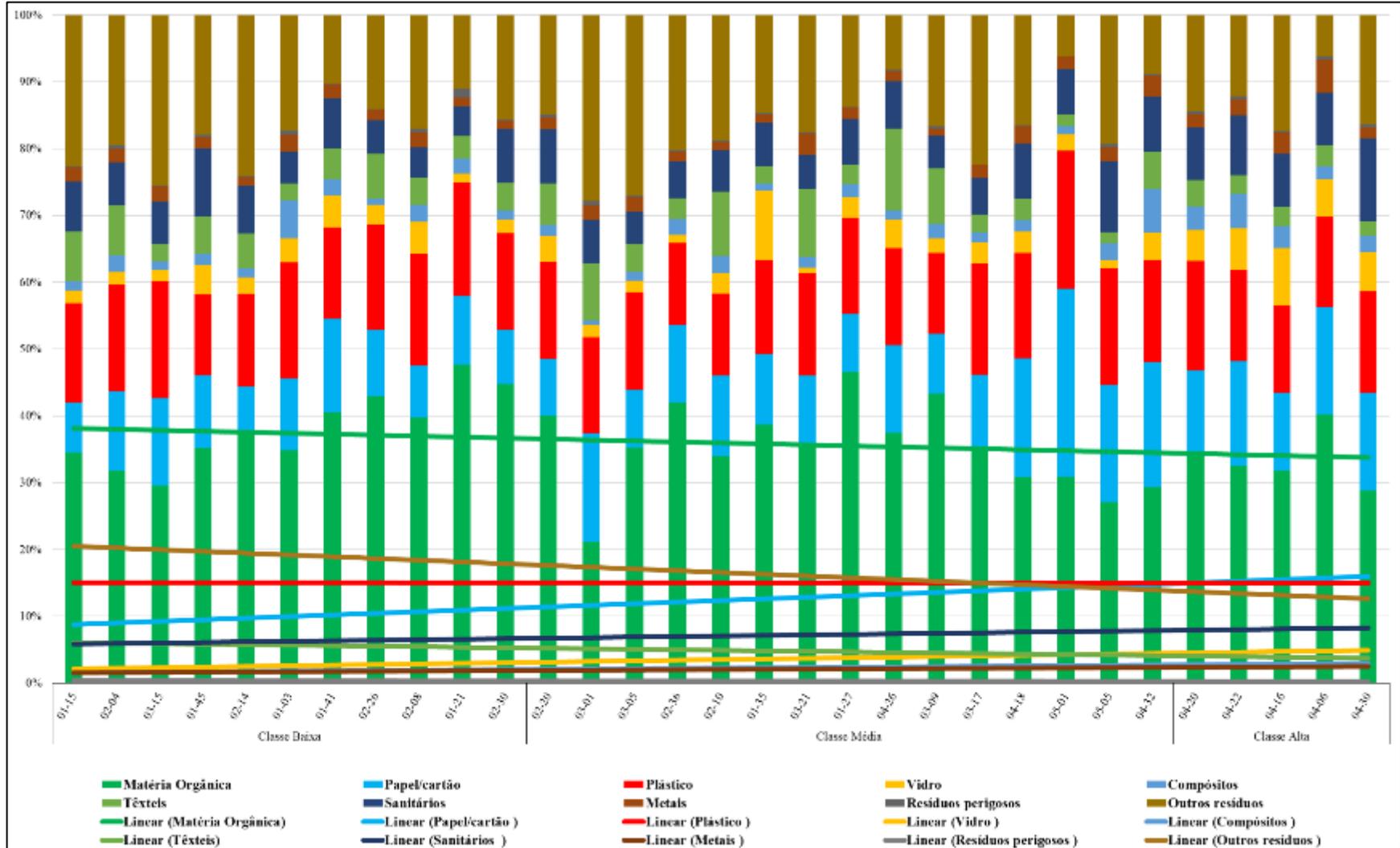
Figura 69 - Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos domiciliares de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 70, os setores estudados foram agrupados de acordo com as classes socioeconômicas, sendo possível observar que com a melhoria do padrão de vida aumenta-se a presença das frações papel/cartão, sanitários, vidro, compósitos e metais. Em contrapartida, diminuem-se as frações de orgânicos, e têxteis e outros resíduos. No entanto, as frações de plásticos e resíduos perigosos parecem ser invariáveis a mudança dos padrões socioeconômicos, uma vez que apresenta uma tendência negativa irrisória com esse aspecto.

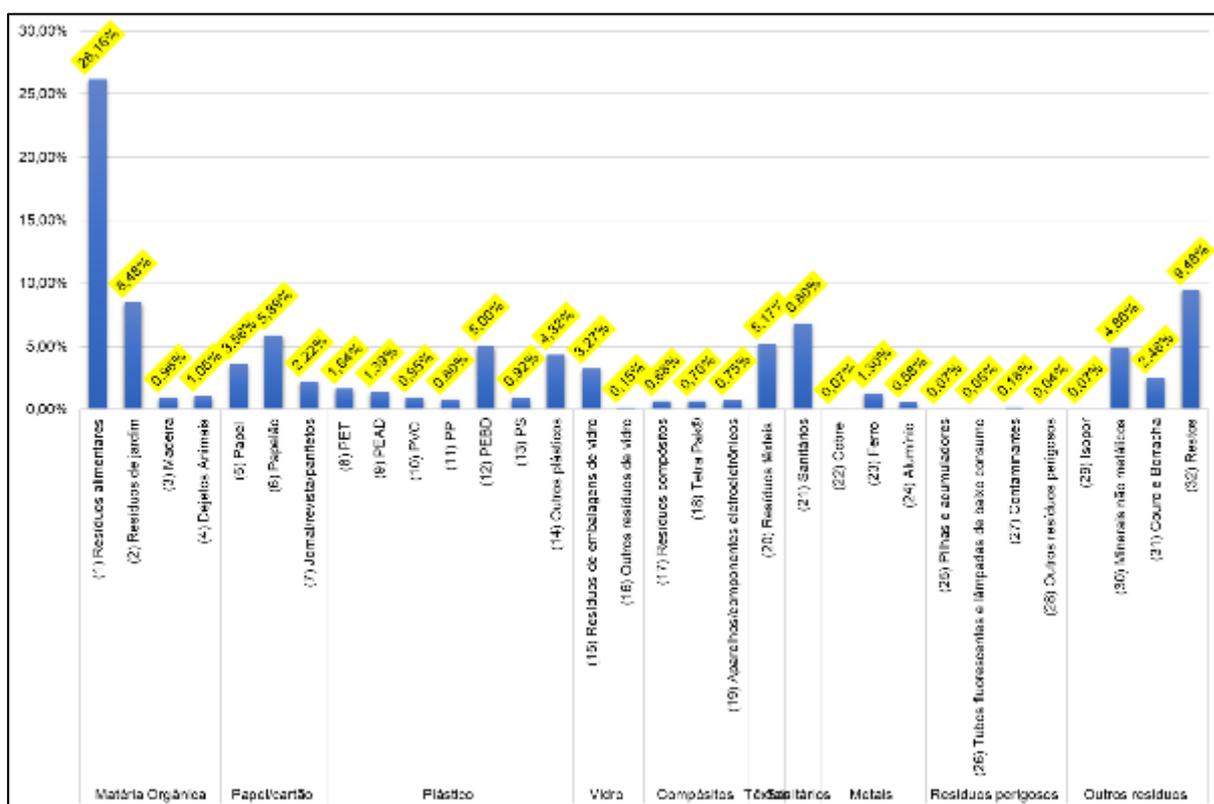
Figura 70 - Classes principais da composição gravimétrica dos setores analisados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A composição gravimétrica média detalhada de Teresina (ponderada pela população dos setores), contemplando as 32 subcategorias de resíduo sólidos domiciliares, é apresentada na Figura 71, na qual é possível identificar como representativas as frações de resíduos alimentares (26,16%), restos (9,48%), resíduos de jardim (8,48%), sanitários (6,80%), papelão (5,89%), resíduos têxteis (5,17%), PEDB (5,00%) e outros plásticos (4,32%).

Figura 71 - Composição gravimétrica detalhada de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 72 são apresentados os resultados da composição gravimétrica das subzonas da cidade de Teresina. Foram verificadas variações nessas composições, destacadas pela escala de cor que varia de vermelho (maiores percentuais) à verde (menores percentuais), fato já esperado, uma vez que estas subzonas possuem características socioeconômicas diversas.

Figura 72 - Composição Gravimétrica das Subzonas de Teresina

Classes	Subcategoria	NORTE I	NORTE II	CENTRO	LESTE I	LESTE II	LESTE III	SUDESTE I	SUDESTE II	SUL I	SUL II
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares	22,72%	16,97%	21,51%	20,03%	28,13%	23,39%	34,26%	30,02%	26,47%	28,63%
	(2) Resíduos de jardim	8,58%	15,99%	5,03%	8,47%	9,65%	8,28%	6,76%	6,75%	9,79%	6,45%
	(3) Madeira	0,40%	0,81%	0,19%	1,12%	1,20%	0,85%	0,87%	0,88%	0,73%	1,64%
	(4) Dejetos Animais	1,00%	1,11%	2,28%	0,67%	0,83%	0,08%	0,51%	1,31%	0,68%	1,85%
Papel/cartão	(5) Papel	4,28%	3,40%	3,65%	5,80%	2,63%	5,06%	2,22%	1,92%	4,97%	3,09%
	(6) Papelão	5,57%	4,53%	15,98%	5,14%	8,06%	5,73%	4,35%	5,93%	5,12%	5,42%
	(7) Jornal/revista/panfletos	3,25%	1,24%	3,22%	2,22%	2,83%	4,31%	1,77%	2,47%	1,81%	1,38%
Plástico	(8) PET	1,49%	1,64%	1,15%	1,36%	2,01%	1,97%	1,34%	1,55%	1,54%	1,84%
	(9) PEAD	1,29%	1,54%	1,63%	1,05%	1,51%	1,39%	1,15%	1,40%	1,54%	1,20%
	(10) PVC	1,15%	0,60%	0,63%	1,14%	0,51%	0,86%	0,57%	1,44%	0,90%	1,10%
	(11) PP	0,91%	0,61%	1,08%	0,66%	0,68%	1,73%	0,75%	0,77%	0,88%	0,64%
	(12) PEBD	4,53%	4,97%	5,67%	4,23%	4,81%	4,80%	5,57%	6,07%	4,65%	4,87%
	(13) PS	0,95%	0,62%	3,60%	1,26%	0,74%	0,90%	0,72%	0,78%	1,11%	0,73%
	(14) Outros plásticos	4,44%	3,52%	5,28%	4,46%	3,54%	4,47%	4,38%	4,58%	5,01%	3,87%
Vidro	(15) Resíduos de embalagens de vidro	2,60%	2,94%	1,82%	6,79%	6,88%	3,41%	2,92%	2,83%	2,79%	2,55%
	(16) Outros resíduos de vidro	0,04%	0,19%	0,00%	0,40%	0,02%	0,44%	0,05%	0,42%	0,12%	0,18%
Compósitos	(17) Resíduos compósitos	0,95%	0,29%	0,42%	0,52%	0,15%	1,30%	0,41%	0,97%	0,79%	0,79%
	(18) Tetra Pak®	0,59%	0,37%	0,85%	1,27%	0,97%	0,75%	0,50%	0,84%	0,91%	0,58%
	(19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos	0,66%	0,87%	0,60%	1,11%	0,68%	0,59%	0,50%	1,43%	0,93%	0,84%
Têxteis	(20) Resíduos têxteis	6,95%	6,49%	1,70%	2,51%	3,45%	3,58%	5,25%	4,69%	4,74%	5,41%
Sanitários	(21) Sanitários	6,32%	8,87%	8,74%	10,19%	7,29%	8,11%	8,07%	4,94%	6,00%	6,12%
Metais	(22) Cobre	0,20%	0,03%	0,00%	0,11%	0,02%	0,03%	0,15%	0,06%	0,00%	0,06%
	(23) Ferro	1,21%	1,44%	1,16%	1,78%	2,00%	1,48%	0,99%	1,47%	1,50%	1,14%
	(24) Alumínio	0,65%	0,45%	0,80%	0,52%	0,73%	0,80%	0,40%	0,48%	0,71%	0,46%
Resíduos perigosos	(25) Pilhas e acumuladores	0,05%	0,05%	0,04%	0,05%	0,15%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,09%
	(26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo	0,06%	0,05%	0,03%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,07%	0,03%
	(27) Contaminantes	0,16%	0,11%	0,05%	0,20%	0,08%	0,14%	0,11%	0,04%	0,40%	0,13%
	(28) Outros resíduos perigosos	0,02%	0,03%	0,11%	0,00%	0,00%	0,03%	0,04%	0,24%	0,00%	0,05%
Outros resíduos	(29) Isopor	0,02%	0,12%	0,10%	0,05%	0,02%	0,14%	0,08%	0,18%	0,06%	0,06%
	(30) Minerais não metálicos	6,48%	7,23%	1,68%	3,75%	2,49%	5,29%	2,21%	4,51%	3,60%	5,75%
	(31) Couro e Borracha	2,80%	2,65%	3,40%	1,88%	1,25%	1,01%	3,48%	1,41%	2,39%	3,12%
	(32) Restos	9,70%	10,27%	7,60%	11,21%	6,64%	9,00%	9,49%	9,52%	9,71%	9,95%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No geral, identifica-se que a fração de resíduos alimentares destaca-se nas subzonas da região administrativa sudeste, já os resíduos de jardim se destacam nas subzonas Norte II e Leste III e Sul I. Outro aspecto relevante são os percentuais de frações alheias a composição normal do RSD, como os resíduos perigosos (Leste I, Norte I, Sudeste II e Sul I) e minerais não metálicos (Norte II e Sul II).

A subzona Centro, impulsionada por sua característica comercial, apresentou percentuais consideráveis em todas as frações de recicláveis, e em especial de papelão. Entretanto, algumas subzonas de características residenciais tiveram composição bem próxima à subzona centro, como as subzonas da região administrativa leste e a Subzona Norte I.

Os resíduos perigosos fazem parte da composição dos RSD gerados na cidade de Teresina (e depositados no aterro controlado da cidade). Foram identificadas todas as subcategorias dessas classes em quase todas as Subzonas da Cidade.

Uma das subcategorias dessa classe são os resíduos contaminantes, representados pelos medicamentos e materiais infectantes procedentes de atendimentos médicos domésticos (gazes, seringas, luvas de procedimentos e sondas), ilustrados na Figura 73. O maior percentual desse tipo de resíduo foi encontrado nas áreas próximas aos polos hospitalares, talvez em função das casas de apoio do turismo hospitalar de Teresina, ou ainda ao descarte irregular de pequenas clínicas.

Figura 73 - Resíduos contaminantes encontrados na pesquisa



Fonte: Acervo do Autor.

Um fato preocupante ocorreu na Subzona Norte I, setor de coleta 03-09, onde em uma das amostragens, durante os procedimentos iniciais de abertura de sacos foi constatada a destinação dos resíduos de serviços de saúde, propriamente ditos, como ilustrado na Figura 74. Esses resíduos foram retirados do material descarregado pelo caminhão, antes da amostragem do material devido a fatores de segurança, registro fotográfico e posterior denúncia para a administração do aterro controlado.

Figura 74 - Resíduos de serviços de saúde encontrado no setor de coleta 03-09



Fonte: Acervo do Autor.

Em relação ao material de procedimentos médicos domésticos e aos medicamentos, Teresina necessita tanto de programas de conscientização da população, como de pontos de coleta para esses materiais, de forma que seja realizado o descarte correto desses resíduos. No caso dos medicamentos, podem ser estabelecidos pontos de coleta junto aos postos de venda (farmácias e distribuidoras), já no caso dos materiais de atendimento médico doméstico, a

administração municipal pode articular pontos de recebimento desses materiais junto aos postos de atendimento da rede pública.

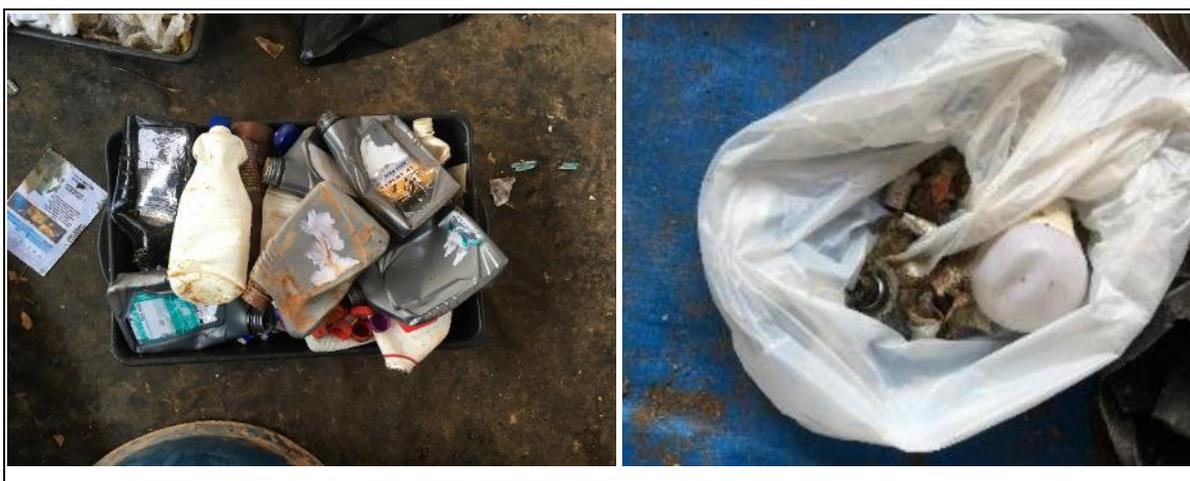
Outros resíduos perigosos que merecem ser destacados são os resíduos provenientes de serviços automobilísticos, principalmente no entorno das avenidas João XXIII (Leste I e Leste III) e Miguel Rosa (Sul I e Norte I).

Em algumas subzonas o percentual quantificado está subestimado. Devido ao processo de amostragem e homogeneização mecânica, não foi a quantificação de alguns tipos de resíduos perigosos que eram verificados observados durante a descarga do caminhão, como lâmpadas veiculares (quando chegavam no processo de triagem totalmente desfiguradas) e embalagens de óleo lubrificante (sujas de óleo).

As embalagens de óleo foram categorizadas como PEAD, pois estavam apenas sujas com óleo, não sendo possível quantificar a quantidade de óleo impregnada na superfície da embalagem, e em muitos ensaios, embalagens contendo óleo acabavam contaminando toda a amostra, impregnando principalmente as frações de papel, papelão, resíduos alimentares e minerais não metálicos. Assim por não ser possível segregar o contaminante do componente principal, essa parcela apesar de existir, acabou não sendo quantificada.

As situações reportadas são ilustradas na Figura 75, em que se percebe as lâmpadas totalmente fragmentadas e a quantidade de embalagens de óleo presente na fração PEAD.

Figura 75 - Lâmpadas e Recipientes de óleo.



Fonte: Acervo do Autor.

É responsabilidade desses estabelecimentos de serviços automobilísticos a correta destinação desses materiais contaminados por óleo e graxa, cabendo assim uma maior fiscalização dos órgãos responsáveis. Já no caso das lâmpadas, em Teresina ainda não existem

pontos de recebimento desse tipo de resíduo, nesse sentido devem ser criados pontos de entrega voluntária desses resíduos, bem como a disseminação da conscientização da destinação correta através da educação ambiental da população.

Duas outras anormalidades merecem destaque dizem respeito aos altos percentuais de resíduos de jardim e resíduos minerais não metálicos registrados em grande parte dos setores de coleta selecionados para a pesquisa.

No caso dos resíduos de jardim, são ilustradas na Figura 76 situações que foram corriqueiras durante a realização dos ensaios, ou seja, uma grande quantidade de embalagens (grandes volumes) com materiais oriundos de poda de árvores e capinação, bem como um grande volume de folhas.

Figura 76 - Volume anormal de resíduos de jardim



Fonte: Acervo do Autor.

Destaca-se que a prefeitura municipal de Teresina mantém um serviço de coleta específico para esse tipo de material, nesse sentido se faz necessário um maior investimento na conscientização da população.

Em relação aos resíduos minerais não metálicos, ao efetuar o procedimento de abertura de sacos na amostragem de boa parte dos setores, verificou-se um grande volume de resíduos de construção e areia mesclados aos resíduos domiciliares, ilustrado na Figura 77. Em alguns casos foram identificados resíduos de construção e demolição, provavelmente provenientes de

pequenas reformas. Apesar da responsabilidade da destinação do resíduo de construção e demolição ser do gerador, a prefeitura municipal de Teresina disponibiliza pontos para recebimento de resíduos (PRR) de pequenos volumes desse tipo de material ao longo da cidade. Nesse sentido, novamente vem tona à necessidade de conscientização da população.

Figura 77 - Resíduos minerais não metálicos presentes na composição dos setores de coleta



Fonte: Acervo do Autor.

Associado aos resíduos minerais não metálicos está a fração de dejetos animais dos resíduos orgânicos. Foi observado um percentual significativo de dejetos animais nos RSD de Teresina, e em alguns casos associados ao material da “caixa de areia”. Ainda não há uma discussão sobre a destinação desses dejetos animais, apesar desses resíduos serem cada vez mais presentes no RSD, no entanto, alguns especialistas da área de saneamento recomendam que os dejetos animais tenham o mesmo tratamento dos dejetos humanos.

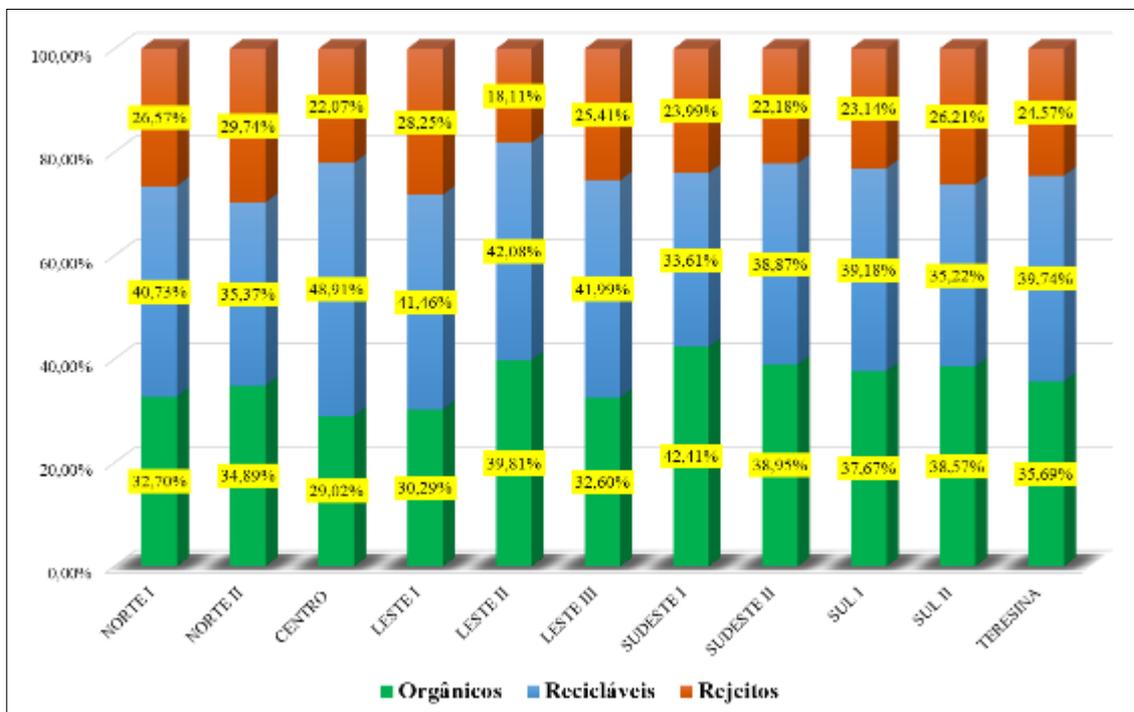
5.2.3 Potencial de Aproveitamento dos Resíduos Domiciliares de Teresina

Analisando os resultados da composição gravimétrica dos setores de coleta foi possível apresentá-los de acordo com a composição gravimétrica gerencial (voltada para fins de aproveitamento dos resíduos) ilustrada na Figura 78, na qual é indicado o potencial de aproveitamento por processos biológicos (Orgânicos), reciclagem (Recicláveis) e os resíduos sem alternativas de aproveitamento (Rejeitos) das Subzonas da Cidade de Teresina.

Conforme ilustrado na Figura 78, podemos observar que 35,69% dos resíduos sólidos domiciliares de Teresina são de orgânicos, 39,74% de recicláveis e 24,57% são rejeitos. Tal fato indica que cerca de 6.300 toneladas das 16.000 toneladas de resíduos que são depositadas

mensalmente no aterro controlado de Teresina poderiam ser aproveitadas e desviadas de destinação final, diminuindo o impacto no meio ambiente e distribuindo renda.

Figura 78 - Composição gravimétrica gerencial das Subzonas de Teresina



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os valores de orgânicos, recicláveis e rejeitos variaram razoavelmente em relação ao valor médio da cidade de Teresina, sendo que essas variações parecem estar associadas principalmente pelo padrão de vida dessas regiões. A Subzona Centro destacou das demais, em função da sua característica comercial.

Os maiores percentuais de recicláveis, indicativo de viabilidade para implantação de sistemas de coleta seletiva e estações de triagem das frações comercializáveis, coincidem com as subzonas de melhor padrão de vida como o Centro (48,91%), Leste III (41,99%), Leste I (41,46%) e Norte I (40,73%). Apesar de não figurar entre as zonas de melhor padrão de vida de Teresina, a Subzona Leste II apresentou em percentual de recicláveis de 42,08%, fato ligado ao caráter heterogêneo dessa região, que contrasta bairros de alto padrão com bairros de população carente.

Em contrapartida, as subzonas que apresentaram os maiores percentuais de orgânicos – indicativo de estudos de viabilidade para implantação de sistema de coleta de orgânicos, usinas de compostagem, biodigestores e aterros sanitários com células de aproveitamento energético do biogás – coincidem com as subzonas de classe social baixa, como a Sudeste I (42,41%),

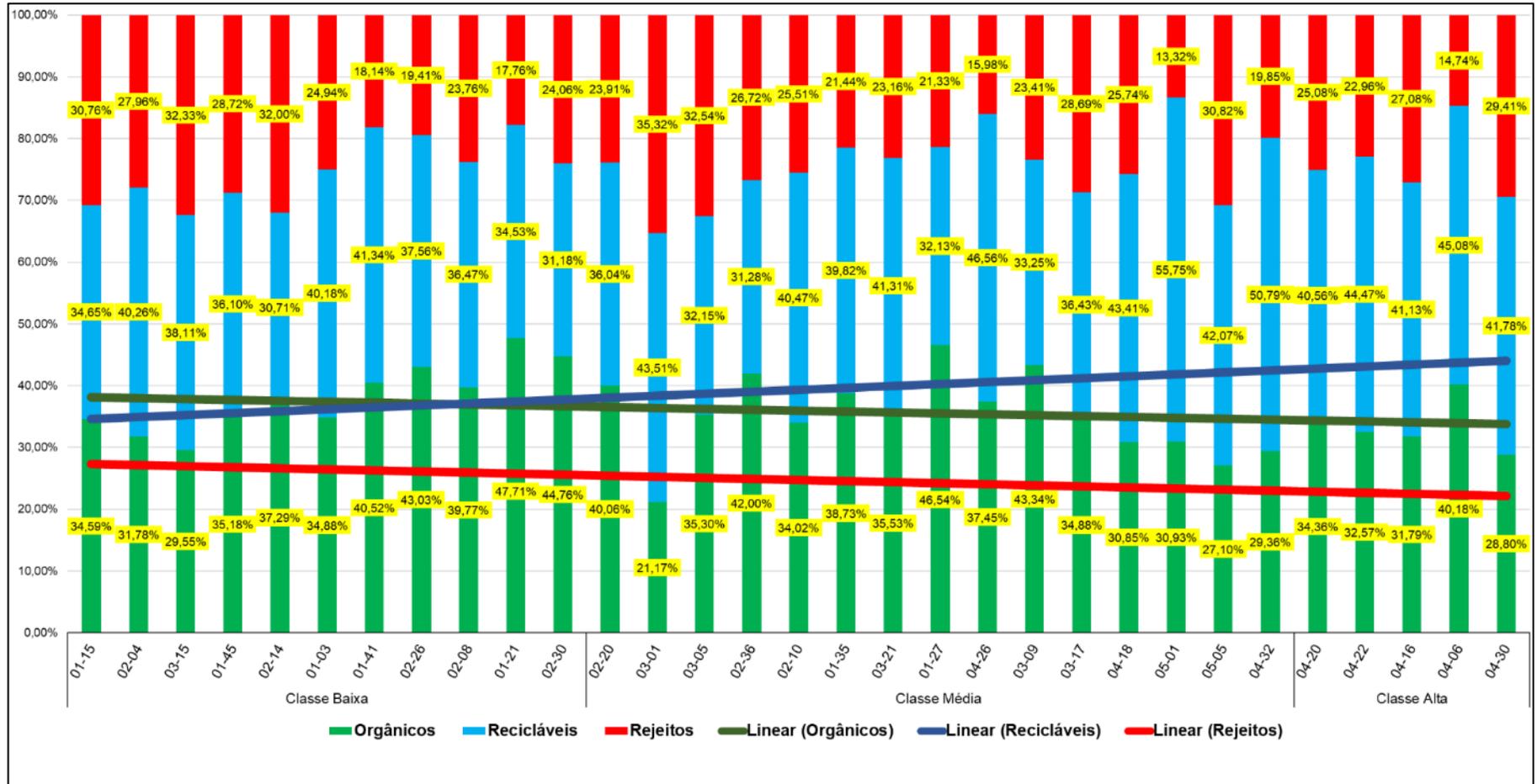
Sudeste II (38,95%) e Sul II (38,57%). Novamente a subzona Leste II, apesar de não ser classificada como classe baixa, apresentou um percentual significativo de orgânicos, 39,81%, reflexo das peculiaridades já comentadas.

Os resultados da composição gravimétrica gerencial dos setores de coleta segundo as classes econômicas são apresentados na Figura 79. Nessa figura é possível identificar uma tendência razoavelmente acentuada do aumento de recicláveis com a melhoria do padrão de vida dos setores, tendência oposta à apresentada pelas frações de orgânicos e rejeitos.

Em relação aos percentuais de recicláveis, 12 dos 31 setores de coleta selecionados para a pesquisa apresentaram valores superiores a 40%, indicando assim uma maior viabilidade para investimentos no aproveitamento através da implantação de coleta seletiva e centrais de triagem/beneficiamento desses materiais. Esses setores são em sua grande parte das Subzonas da região administrativa Leste de Teresina, havendo também representantes da Subzona Norte I, Centro e Sul I, que em ordem crescente são: 04-16, 03-21, 01-41, 04-30, 05-05, 04-18, 03-01, 04-22, 04-06, 04-26, 04-32 e 05-01.

Já em relação a orgânicos, apenas 9 dos setores selecionados apresentaram percentuais superiores a 40%, sendo assim viáveis para implantação de rotas tecnológicas voltadas a orgânicos, são eles em ordem crescente: 02-20, 04-06, 01-41, 02-36, 02-26, 03-09, 02-30, 01-27 e 01-21. Esses setores são representantes das Subzonas Sudeste I, Sudeste II, Sul II e Norte II. Cabe destacar que o setor 04-06 (leste II) apresentou percentuais maiores de 40% tanto de recicláveis como de orgânicos.

Figura 79 - Composição gravimétrica dos setores de Teresina, agrupados por classe socioeconômica



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2.4 Estatística Descritiva dos Resíduos Domiciliares de Teresina

Nas Tabelas 23 e 24 são apresentados os resultados das três composições gravimétricas trabalhadas no estudo: Gerencial (3 classes), Classes principais (10 classes) e Detalhada (32 Subcategorias). Na composição gerencial os resultados das três classes avaliadas apresentaram distribuição normal (Sig. em Shapiro-Wilk $> 0,05$), já na composição gravimétrica em classes principais, apenas as frações matéria orgânica, plásticos, sanitários e outros resíduos apresentam distribuição normal dos resultados encontrados nos 31 setores de coleta estudados.

Tabela 23 - Teste de Normalidade das Frações analisadas

Frações	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Orgânicos	0,107	31,000	0,200	0,986	31,000	0,940
Recicláveis	0,092	31,000	0,200	0,951	31,000	0,164
Rejeitos	0,083	31,000	0,200	0,984	31,000	0,916
Matéria orgânica	0,107	31,000	0,200	0,986	31,000	0,940
Papel/Papelão	0,148	31,000	0,081	0,864	31,000	0,001
Plásticos	0,093	31,000	0,200	0,955	31,000	0,216
Vidro	0,147	31,000	0,087	0,883	31,000	0,003
Compósitos	0,240	31,000	0,000	0,808	31,000	0,000
Têxteis	0,169	31,000	0,024	0,889	31,000	0,004
Sanitários	0,115	31,000	0,200	0,934	31,000	0,056
Metais	0,173	31,000	0,019	0,839	31,000	0,000
Resíduos perigosos	0,210	31,000	0,001	0,798	31,000	0,000
Outros resíduos	0,084	31,000	0,200	0,976	31,000	0,682

Fonte: Elaborado pelo Autor.

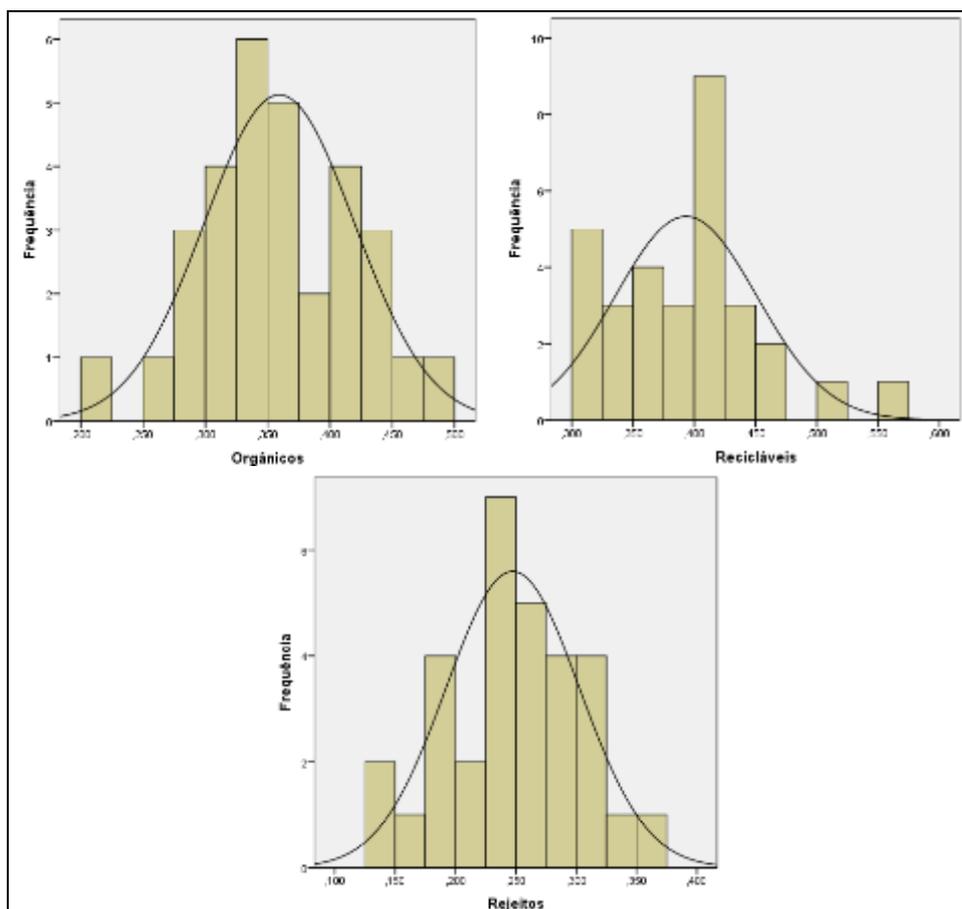
Os testes dos resultados da composição gravimétrica detalhada, em 32 subcategorias, são apresentados na Tabela 24, no qual, através dos resultados de Shapiro-Wilk, mais rigoroso que Kolmogorov-Smirnov, podemos identificar os resultados das seguintes frações com distribuição normal: resíduos alimentares, resíduos de jardim, papel, PET, PEBD, sanitários, alumínio, minerais não metálicos, couro e borracha, e restos.

Tabela 24 - Teste de Normalidade das Frações analisadas

Frações	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
(1) Resíduos alimentares	0,147	31,000	0,088	0,974	31,000	0,635
(2) Resíduos de jardim	0,108	31,000	0,200	0,965	31,000	0,392
(3) Madeira	0,224	31,000	0,000	0,621	31,000	0,000
(4) Fezes	0,231	31,000	0,000	0,830	31,000	0,000
(5) Papel	0,089	31,000	0,200	0,959	31,000	0,267
(6) Papelão	0,257	31,000	0,000	0,555	31,000	0,000
(7) Jornal/revista/panfletos	0,155	31,000	0,056	0,920	31,000	0,024
(8) PET	0,123	31,000	0,200	0,946	31,000	0,119
(9) PEAD	0,127	31,000	0,200	0,886	31,000	0,003
(10) PVC	0,212	31,000	0,001	0,856	31,000	0,001
(11) PP	0,220	31,000	0,001	0,734	31,000	0,000
(12) PEBD	0,090	31,000	0,200	0,968	31,000	0,455
(13) PS	0,262	31,000	0,000	0,680	31,000	0,000
(14) Outros plásticos	0,135	31,000	0,156	0,929	31,000	0,042
(15) Resíduos de emb.de vidro	0,173	31,000	0,018	0,875	31,000	0,002
(16) Outros resíduos de vidro	0,227	31,000	0,000	0,746	31,000	0,000
(17) Resíduos compósitos	0,193	31,000	0,005	0,854	31,000	0,001
(18) Tetra Pak®	0,155	31,000	0,055	0,909	31,000	0,012
(19) Aparelhos/c. eletroeletrônicos	0,198	31,000	0,003	0,815	31,000	0,000
(20) Resíduos têxteis	0,169	31,000	0,024	0,889	31,000	0,004
(21) Sanitários	0,115	31,000	0,200	0,934	31,000	0,056
(22) Cobre	0,281	31,000	0,000	0,628	31,000	0,000
(23) Ferro	0,226	31,000	0,000	0,785	31,000	0,000
(24) Alumínio	0,099	31,000	0,200	0,964	31,000	0,368
(25) Pilhas e acumuladores	0,160	31,000	0,041	0,855	31,000	0,001
(26) Tubos fluo. e lâmp. de baixo consumo	0,132	31,000	0,181	0,913	31,000	0,016
(27) Contaminantes	0,330	31,000	0,000	0,553	31,000	0,000
(28) Outros resíduos perigosos	0,404	31,000	0,000	0,493	31,000	0,000
(29) Isopor	0,193	31,000	0,005	0,847	31,000	0,000
(30) Minerais não metálicos	0,115	31,000	0,200	0,943	31,000	0,098
(31) Couro e Borracha	0,095	31,000	0,200	0,963	31,000	0,357
(32) Restos	0,081	31,000	0,200	0,976	31,000	0,710

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 80 são apresentados os histogramas das classes da composição gravimétrica gerencial, na qual se observa a confirmação da normalidade dos dados indicados anteriormente pelo teste de Shapiro-Wilk, com a ressalva apenas da ausência de alguns valores na distribuição dos orgânicos e recicláveis e da baixa frequência de alguns valores na curva das três classes. Pelos histogramas podemos observar que a maioria dos setores apresentaram valores próximos 35% de orgânicos, 40% de recicláveis e 25% de rejeitos.

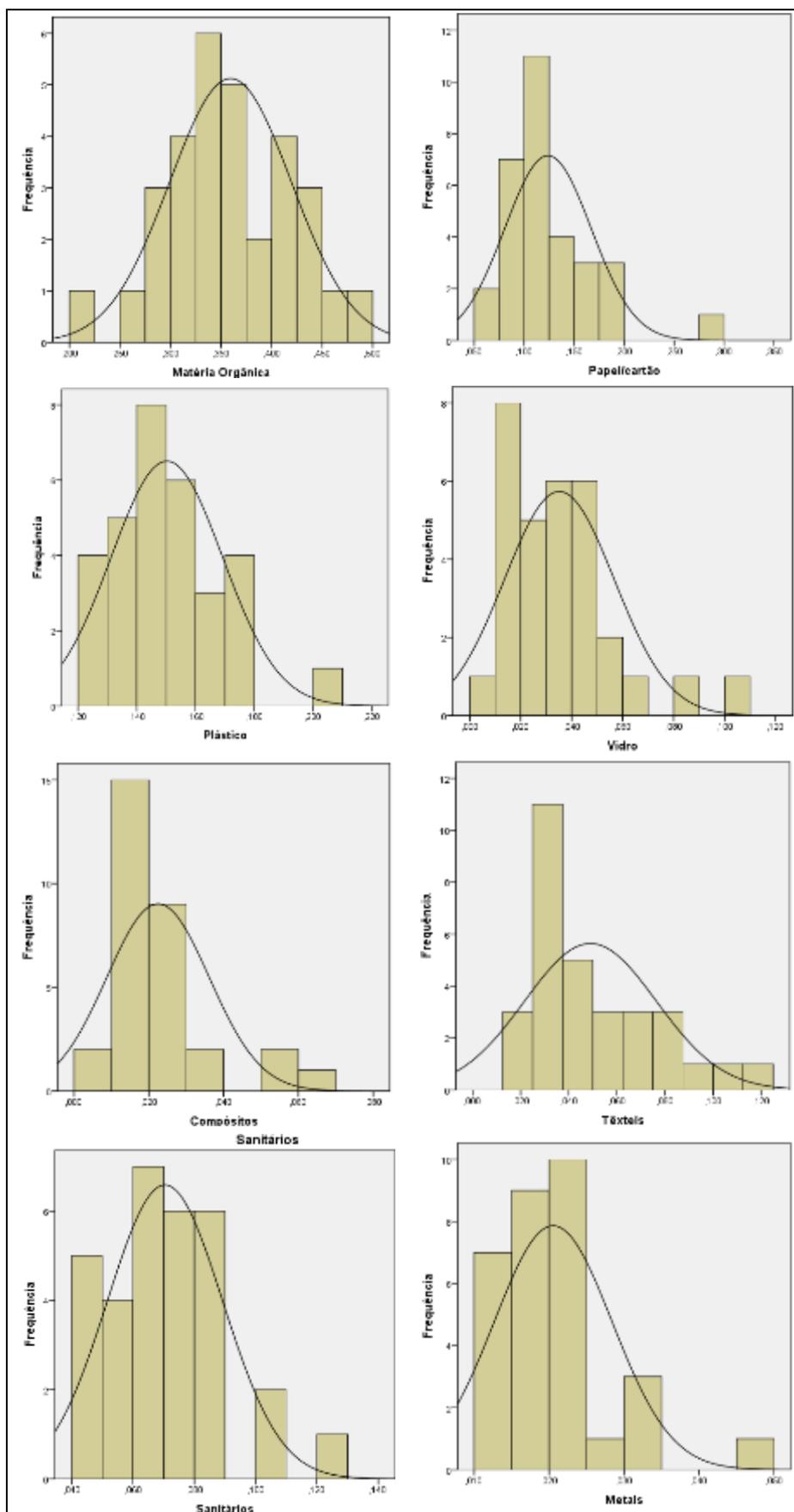
Figura 80 - Histograma das classes gerenciais de resíduos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

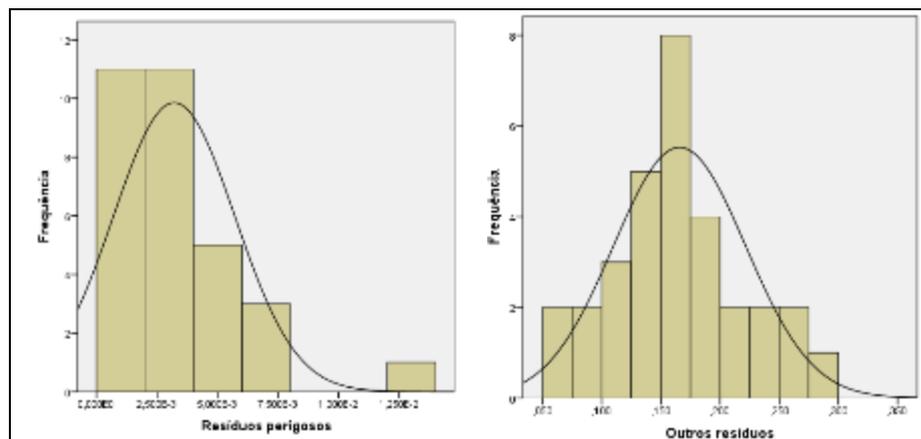
Os histogramas das classes de resíduos da composição gravimétrica principal são apresentados nas Figuras 81 e 82, também são confirmadas as distribuições previstas anteriormente no teste de Shapiro-Wilk. Exceto no caso de outros resíduos, todas as outras classes apresentaram ausência de alguns valores na distribuição, bem como a carência também.

Pelos histogramas é possível verificar que a maioria dos setores apresenta a composição gravimétrica principal próxima dos seguintes valores: matéria orgânica (35,0%), papel/cartão (12,5%), plástico (15,0%), vidro (3,5%), compósitos (2,0%), têxteis (5%), sanitários (7,0%), metais (2,0%) resíduos perigosos (0,3%) e outros resíduos (15,0%).

Figura 81 - Histograma das Classes principais de resíduos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 82 - Histograma das Classes principais de resíduos (Continuação)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nas Figuras C.1 a C.5 do Apêndice (Apêndice C) são apresentados os histogramas das subcategorias de resíduos contempladas na classificação gravimétrica detalhada, percebe-se que as subcategorias indicadas com normais pelos testes Shapiro-Wilk apresentaram histogramas dentro da distribuição normal. No entanto, apenas os resíduos alimentares apresentaram todos os intervalos da distribuição normal, e, em todos os histogramas existem intervalos com insuficiência de valores em relação à curva normal.

Considerando que as composições gravimétricas analisadas dos 31 setores de coleta selecionados para a pesquisa, através dos histogramas apresentados é possível observar que a maioria dos setores situa-se em valores próximos aos apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Percentuais das subcategorias segundo histogramas

resíduos alimentares	25,0%	resíduos compostos	0,75%
resíduos de jardim	8,0%	Tetra Pak®,	0,8%
madeira	1,0%	eletrônicos	0,8%
papel	4,0%	têxteis	5%
papelão	6,0%	sanitários	7%
Jornal/revista/panfleto	2,0%	cobre	0,06%
PET	1,5%	ferro	0,15%
PEAD	1,2%	alumínio	0,6%
PVC	1,0%	Tubos e lâmpadas	0,06%
PP	0,8%	contaminantes	0,07%
PEBD	5%	isopor	0,05%
PS	1,0%	Minerais não metálicos	7,0%
Outros Plásticos	4,0%	couro e borracha	2,5%
Embalagens de Vidro	3,0%	restos	10%
Outros resíduos de vidro	0,2%		

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O quadro resumo da estatística descritiva das composições gravimétricas realizadas é apresentado nas Tabelas 26 e 27, na qual são indicados os valores médios, máximo, mínimo, desvio, assimetria, curtose e percentis de cada uma das classes contempladas nas composições. Pelos valores de curtose e assimetria confirmam-se as distribuições já indicadas pelo teste de Shapiro-Wilk e distribuição dos histogramas.

No caso da composição gravimétrica gerencial, observando-se a Tabela 26 destacam-se os seguintes aspectos:

- Os valores médios se aproximam bastante do percentil de 50%, ou seja, é razoável afirmar, por exemplo, que 50% dos setores analisados possuem composição de orgânicos menor que 35,94% (valor médio dos setores).
- 50% dos setores analisados possuem um percentual de recicláveis superior a 40,18%, indicando assim a aptidão do município de Teresina para um melhor aproveitamento dos resíduos.
- 75% dos setores de coleta possuem o percentual de rejeitos inferior a 28,72%, indicando assim que boa parte dos materiais que hoje são aterrados no aterro controlado, dispostos de forma incoerente com a PNRS, uma vez que são passíveis de alguma forma de aproveitamento.

Tabela 26 - Estatística descritiva das classes da composição gravimétrica principal e gerencial

Classes	Méd.	Mín.	Máx.	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Percentis		
							25%	50%	75%
Matéria Orgânica	35,94%	21,17%	47,71%	6,03%	-0,07	-0,01	31,78%	35,18%	40,18%
Papel/cartão	12,39%	7,18%	28,15%	4,33%	1,73	4,63	8,92%	11,64%	14,67%
Plástico	15,02%	12,09%	20,58%	1,90%	0,66	1,00	13,76%	14,65%	16,45%
Vidro	3,51%	0,91%	10,33%	2,16%	1,43	2,48	1,87%	3,11%	4,54%
Compósitos	2,25%	0,60%	6,51%	1,37%	1,78	3,15	1,33%	1,85%	2,51%
Têxteis	4,90%	1,63%	12,29%	2,74%	1,05	0,38	2,74%	4,12%	6,82%
Sanitários	7,04%	4,50%	12,36%	1,88%	0,85	0,93	5,43%	6,91%	8,06%
Metais	2,05%	1,11%	4,98%	0,79%	1,89	5,37	1,51%	1,98%	2,26%
Resíduos perigosos	0,32%	0,00%	1,30%	0,25%	2,22	6,92	0,15%	0,24%	0,41%
Outros resíduos	16,58%	6,25%	27,79%	5,59%	0,07	-0,23	13,77%	16,70%	19,45%
Orgânicos	35,94%	21,17%	47,71%	6,03%	-0,07	-0,01	31,78%	35,18%	40,18%
Recicláveis	39,32%	30,71%	55,75%	5,80%	0,70	0,90	34,65%	40,18%	42,07%
Rejeitos	24,74%	13,32%	35,32%	5,52%	-0,20	-0,48	21,33%	24,94%	28,72%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Já na Tabela 27, que detalha a estatística descritiva da composição gravimétrica detalhada é interessante salientar os seguintes pontos:

- Muitas frações estavam ausentes no resíduo domiciliar dos setores analisados, uma vez que apresentaram valor mínimo igual a 0, vide classes madeira, dejetos animais, outros resíduos de vidro e demais classes com valor nulo.
- Algumas frações como outros resíduos de vidro, tubos fluorescentes e lâmpadas, outros resíduos perigosos e isopor estavam ausentes em pelo menos 25% dos setores.
- A proximidade da média com o valor do percentil de 50% só ocorreu em algumas frações, como no caso de resíduos alimentares, PEBD, outros plásticos, minerais não metálicos e restos.
- A variação da média em relação aos valores médios ponderados pela população dos setores, conforme apresentado na Figura 69 foi em torno de 1%, indicando assim em relação a composição gravimétrica a quantidade de setores analisados foi bem detalhada.

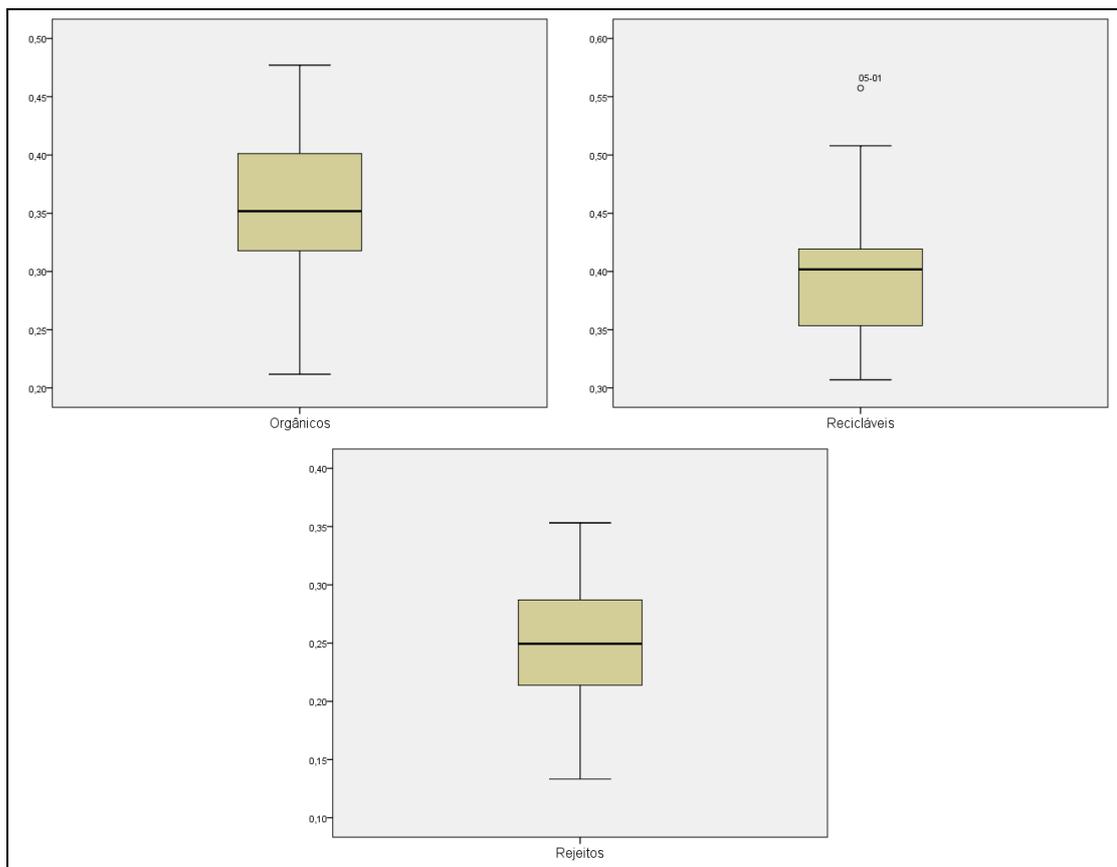
Tabela 27 - Estatística descritiva das subclasses da composição gravimétrica detalhada

Subcategorias	Méd.	Mín.	Máx.	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Percentis		
							25%	50%	75%
(1) Resíduos alimentares	25,51%	13,17%	42,10%	7,26%	0,37	-0,37	20,51%	24,97%	30,68%
(2) Resíduos de jardim	8,41%	1,74%	18,08%	3,96%	0,53	-0,32	5,33%	7,79%	11,80%
(3) Madeira	0,91%	0,00%	5,80%	1,03%	3,73	17,49	0,40%	0,72%	1,12%
(4) Fezes	1,10%	0,00%	4,10%	1,08%	1,50	1,86	0,32%	0,80%	1,66%
(5) Papel	3,74%	0,34%	8,38%	2,12%	0,44	-0,42	1,72%	3,97%	4,90%
(6) Papelão	6,26%	3,15%	23,53%	3,55%	4,08	19,59	4,58%	5,43%	6,71%
(7) Jornal/revista/panfletos	2,39%	0,53%	6,02%	1,30%	1,08	0,98	1,49%	2,04%	2,91%
(8) PET	1,62%	0,80%	2,95%	0,53%	0,79	0,50	1,23%	1,56%	1,92%
(9) PEAD	1,35%	0,62%	3,35%	0,60%	1,44	2,83	0,86%	1,18%	1,68%
(10) PVC	0,94%	0,34%	2,26%	0,50%	1,09	0,24	0,59%	0,72%	1,44%
(11) PP	0,84%	0,29%	2,77%	0,47%	2,74	9,70	0,56%	0,73%	0,92%
(12) PEBD	4,91%	3,36%	6,59%	0,93%	0,13	-0,98	4,22%	4,89%	5,76%
(13) PS	1,05%	0,36%	3,83%	0,77%	2,62	7,27	0,61%	0,81%	1,16%
(14) Outros plásticos	4,32%	2,13%	8,32%	1,28%	1,12	1,95	3,43%	4,14%	5,18%
(15) Resíduos de emb. de vidro	3,36%	0,80%	10,33%	2,12%	1,51	2,86	1,68%	2,93%	4,24%
(16) Outros resíduos de vidro	0,16%	0,00%	0,69%	0,21%	1,61	1,70	0,00%	0,09%	0,23%
(17) Resíduos compósitos	0,71%	0,09%	2,49%	0,61%	1,33	1,25	0,23%	0,50%	0,97%
(18) Tetra Pak®	0,73%	0,25%	1,74%	0,37%	1,01	0,49	0,46%	0,62%	0,95%
(19) Eletroeletrônicos	0,80%	0,00%	2,84%	0,69%	1,74	2,98	0,40%	0,63%	0,96%
(20) Resíduos têxteis	4,90%	1,63%	12,29%	2,74%	1,05	0,38	2,74%	4,12%	6,82%
(21) Sanitários	7,04%	4,50%	12,36%	1,88%	0,85	0,93	5,43%	6,91%	8,06%
(22) Cobre	0,08%	0,00%	0,58%	0,13%	2,71	7,91	0,00%	0,03%	0,07%
(23) Ferro	1,38%	0,39%	4,16%	0,71%	2,32	7,29	0,96%	1,19%	1,46%
(24) Alumínio	0,60%	0,25%	0,99%	0,21%	0,02	-0,55	0,48%	0,60%	0,76%
(25) Pilhas e acumuladores	0,07%	0,00%	0,25%	0,06%	1,56	3,36	0,04%	0,06%	0,09%
(26) Tubos flur. e lâmpadas	0,05%	0,00%	0,18%	0,05%	0,84	0,67	0,00%	0,05%	0,08%
(27) Contaminantes	0,16%	0,00%	1,24%	0,23%	3,90	17,73	0,05%	0,10%	0,16%
(28) Outros resíduos perigosos	0,04%	0,00%	0,48%	0,10%	3,24	11,67	0,00%	0,00%	0,06%
(29) Isopor	0,07%	0,00%	0,24%	0,07%	1,06	0,31	0,00%	0,05%	0,10%
(30) Minerais não metálicos	4,66%	1,21%	10,36%	2,45%	0,67	-0,36	2,62%	4,20%	6,20%
(31) Couro e Borracha	2,47%	0,40%	6,09%	1,37%	0,51	0,01	1,29%	2,34%	3,50%
(32) Restos	9,38%	3,43%	16,40%	3,12%	-0,15	-0,17	7,29%	9,28%	11,76%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como complementação da estatística descritiva, nas Figuras de 83 a 85 são apresentados os Diagrama de Caixa das frações contempladas nas composições gravimétricas trabalhadas, na qual podemos ter uma ideia da forma na qual os dados estão distribuídos e também, em relação à presença valores discrepantes.

Na Figura 83, são contempladas as frações da composição gravimétrica gerencial, na qual podemos observar a baixa dispersão em todas as frações analisadas, assimetria na distribuição dos dados de recicláveis e orgânicos, e a simetria da distribuição no caso dos rejeitos. Cabe destacar também a presença do valor discrepante 05-01 na fração recicláveis, explicado pelo alto percentual de recicláveis desse setor, de características comerciais, no centro de Teresina.

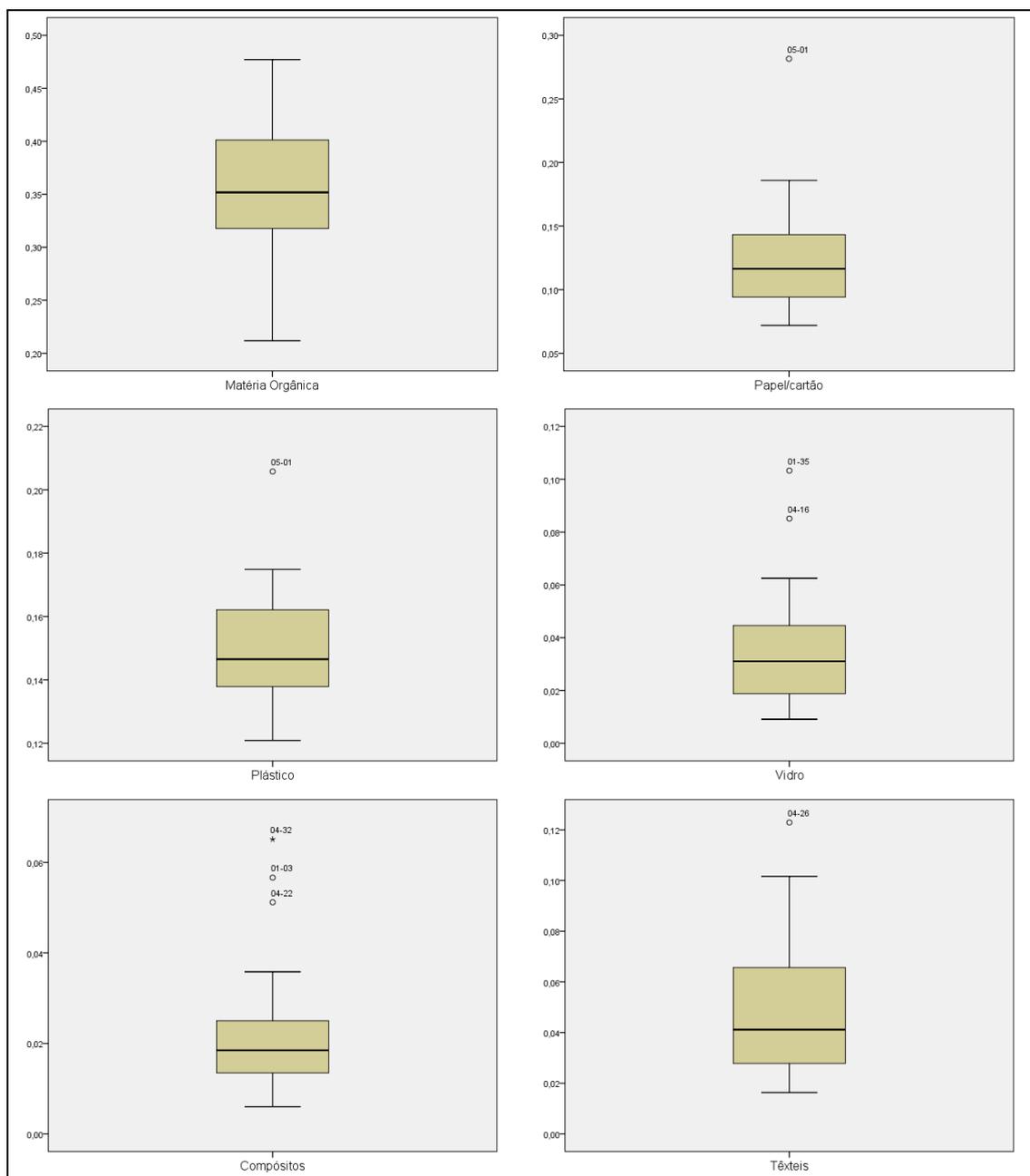
Figura 83 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica gerencial

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os Diagramas de Caixa da composição gravimétrica principal são apresentados nas Figuras 84 e 85, na qual podemos verificar a presença de valores discrepantes em quase todas as frações analisadas, exceto no caso de matéria orgânica. O setor 05-01 é um valor discrepante tanto de papel/cartão, como de plástico, fato ligado ao alto percentual de recicláveis desse setor, já apontado na Figura 84.

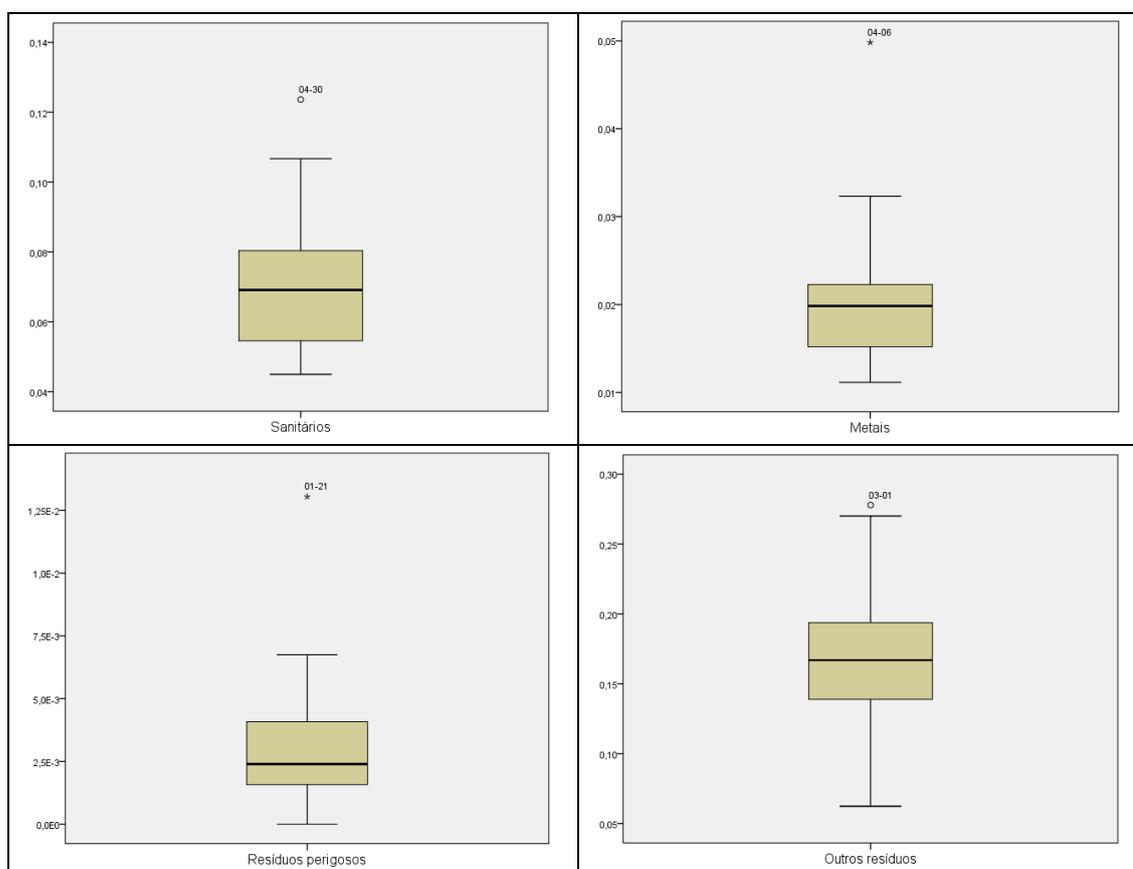
Além disso, nas Figuras 84 e 85 são indicados os seguintes valores discrepantes: vidro (01-35 e 04-16), compósitos (04-32, 01-03 e 04-22), têxtil (04-26), sanitários (04-30) e metais (04-06). Em geral, foram constatadas baixas dispersões nas frações da composição principal, com distribuições bem próximas da condição simétrica (com exceção de alguns casos, como plásticos, têxteis, sanitários e metais).

Figura 84 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica principal



Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura 85 - Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica principal
(Continuação)**



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nas Figuras C.6 a C.10 do Apêndice (Apêndice C) são apresentados os Diagramas de Caixa das frações contempladas na composição gravimétrica detalhada, nelas é possível identificar que em relação a dispersão houve comportamentos diversos, desde baixa dispersão (em frações como madeira, papelão, cobre, entre outros) a alta dispersão (como nas frações de resíduos de jardim, papel, PEBD, dentre outras frações). Também houve uma variedade de comportamentos em relação a distribuição dos dados, desde distribuições simétricas (como resíduos alimentares, madeira, papelão, entre outras frações) a distribuições extremamente assimétricas, como no caso de Outros resíduos perigosos.

Na tabela 28 é apresentado a síntese dos valores discrepantes observados por setor de coleta, referente aos resultados da composição gravimétrica. Essas indicações de valores discrepantes são bastante úteis na interpretação dos resultados de análise componentes principais e análise de agrupamentos hierárquicos, uma vez que setores discrepantes de diversas frações tendem a não se agrupar com os demais, ficando destacados dos grupos formados, são exemplos de setores que possuem essa característica 05-01, 05-05, 04-32, 04-06, dentre outros.

Tabela 28 – Valores discrepantes por setores

Subcategoria/Valor Discrepante	01-03	01-03	01-21	01-27	01-35	02-04	02-08	02-10	02-20	02-36	03-01	03-15	03-21	04-06	04-16	04-18	04-20	04-22	04-26	04-30	04-32	05-01	05-05
Madeira							x																
Dejetos animais				x						x												x	
Papelão																					x	x	
Jornal/panfleto/revista																	x		x				
PET							x																
PEAD			x																				
PP															x						x		
PS																						x	x
Outros plásticos												x											
Embalagens de vidro					x																		
Outros resíduos de vidro	x														x		x						
Compósitos																						x	
Tetra Pak®																		x					
Eletrônicos		x						x										x			x		
Têxteis																			x				
Sanitários																					x		
Cobre									x	x		x										x	
Ferro													x	x	x								
Pilhas							x							x									
Lâmpadas																		x					
Contaminantes						x					x						x				x		
Outros resíduos perigosos	x					x	x		x		x												x

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2.5 Análise de Componentes Principais segundo as classes principais

Observando os resultados da estatística descritiva das composições gravimétricas, realizaram-se algumas tentativas de redução fatorial para agrupamento dos setores de coleta analisados, onde para as composições detalhada e por classes principais conduziram a comunidades baixas e modelos pouco representativos.

O melhor modelo foi composto apenas pelas frações da composição gerencial. No entanto, na representação de componentes, ele não permitia a identificação clara de agrupamentos. Assim foram incluídas algumas frações para calibração do modelo, no caso dos recicláveis foram usados os principais grupos de recicláveis (papel/cartão, plásticos e metais), e para os orgânicos, foi usada a fração de resíduos alimentares (ALIMENTARES), que é a fração mais própria dos resíduos sólidos domiciliares.

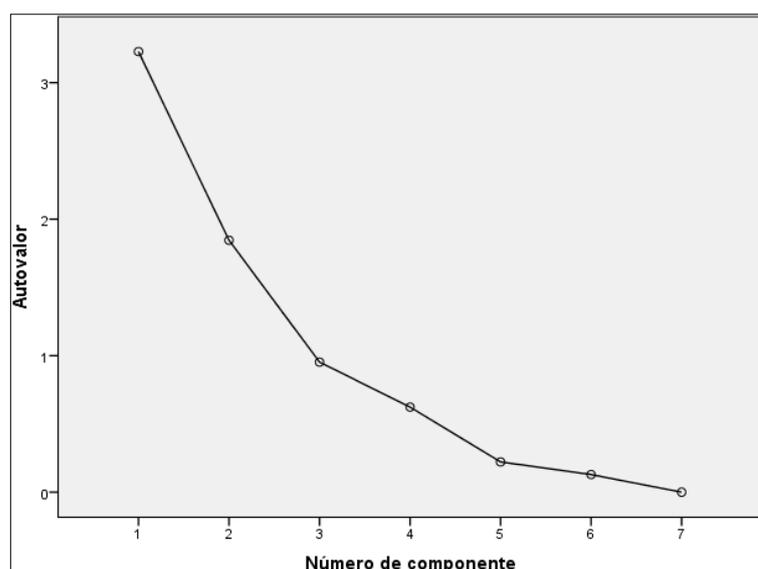
Dessa forma, os indicadores utilizados no modelo são representados na Tabela 29, com suas respectivas comunalidades, destacando-se que a maioria desses indicadores após a extração dos fatores apresentarem comunalidades dentro dos padrões recomendados (>0,7), exceto no caso dos plásticos e metais.

Tabela 29 - Comunalidade das Variáveis do Modelo

Comunalidades	
Variavel	Extração
Orgânicos	0,951
Recicláveis	0,925
Rejeitos	0,937
Papel/cartão	0,845
Plástico	0,302
Metais	0,268
ALIMENTARES	0,845

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar da possibilidade de extração de até 4 fatores, conforme a configuração do diagrama de declividade apresentado na Figura 86, optou-se por extrair apenas dois fatores, pela simplicidade na representação, análise e agrupamento da representação componente 1 versus componente 2.

Figura 86 - Diagrama de Declividade

Fonte: Elaborado pelo Autor.

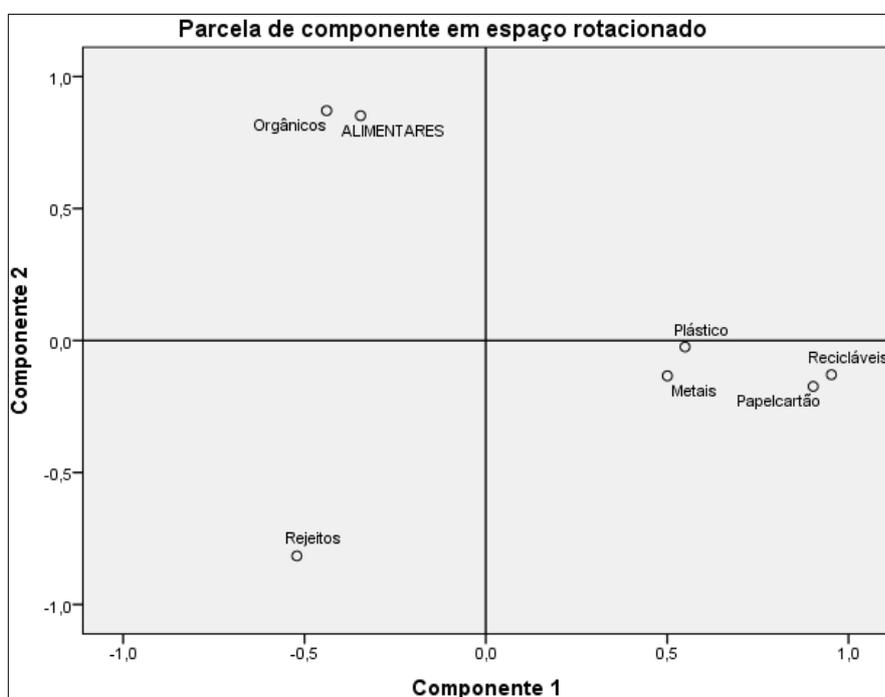
Nesse sentido, foram extraídos dois componentes, com a carga das variáveis indicadas na Tabela 30, na qual é possível delimitar a carga significativa de orgânicos (positiva), rejeitos (negativa) e alimentares (positiva) com o componente 2. As demais variáveis tiveram carga representativa ($>0,4$) apenas com a componente 1.

Tabela 30 - Cargas dos Componentes

Indicador	Componente	
	1	2
Orgânicos	-0,439	0,871
Recicláveis	0,953	
Rejeitos	-0,521	-0,816
Papel/cartão	0,902	
Plástico	0,549	
Metais	0,500	
ALIMENTARES	-0,345	0,852

Fonte: Elaborado pelo Autor.

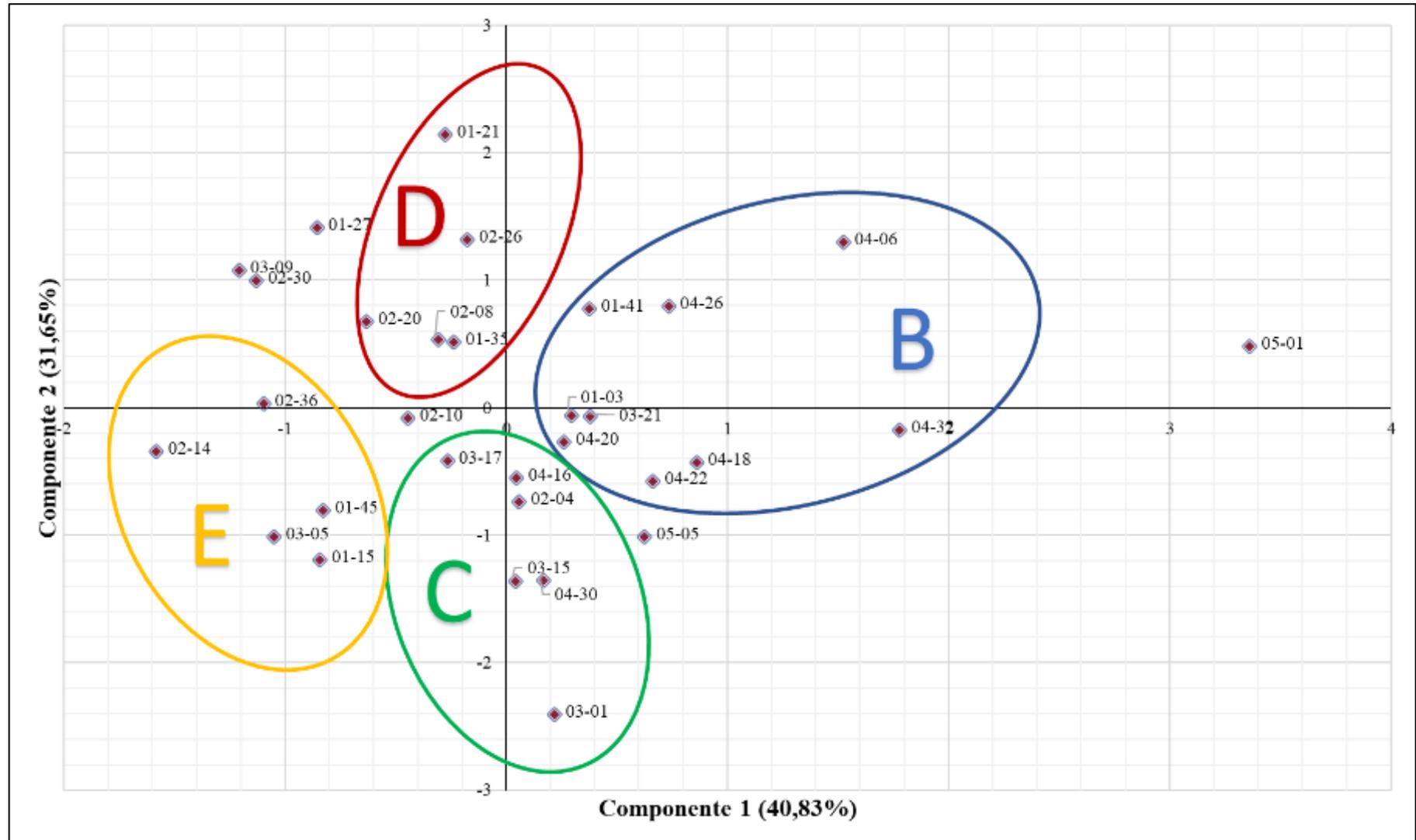
O diagrama de fatores é representado na Figura 87, onde o modelo de componentes principais representa 72,48% da variância total, sendo 40,83% atribuída a componente 1 e 31,65% atribuída a componente 2. Um fato interessante observado é a destacada diferenciação entre as frações de orgânicos, recicláveis e rejeitos, e a aderência das frações utilizadas como acessórias a suas respectivas classificações, ou seja, alimentares ficou bem aderido a orgânicos e plástico, metais e papel/cartão aderidos a recicláveis.

Figura 87 - Diagrama de Fatores - componente 1(40,83%) versus componente 2 (31,65%)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 88 é apresentado o diagrama de fatores, componente 1 versus componente 2, dos setores de coleta selecionados para a pesquisa de acordo com as variáveis de composição gravimétrica consideradas na modelagem. Nessa representação é possível distinguir os cinco grupos.

Figura 88 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os grupos delimitado na Figura 87 são apresentados na Tabela 31, onde os setores indicados com o asterisco são aqueles que não se agruparam com outros setores no diagrama de fatores, mas de acordo com suas características possuem melhor aderência ao grupo indicado.

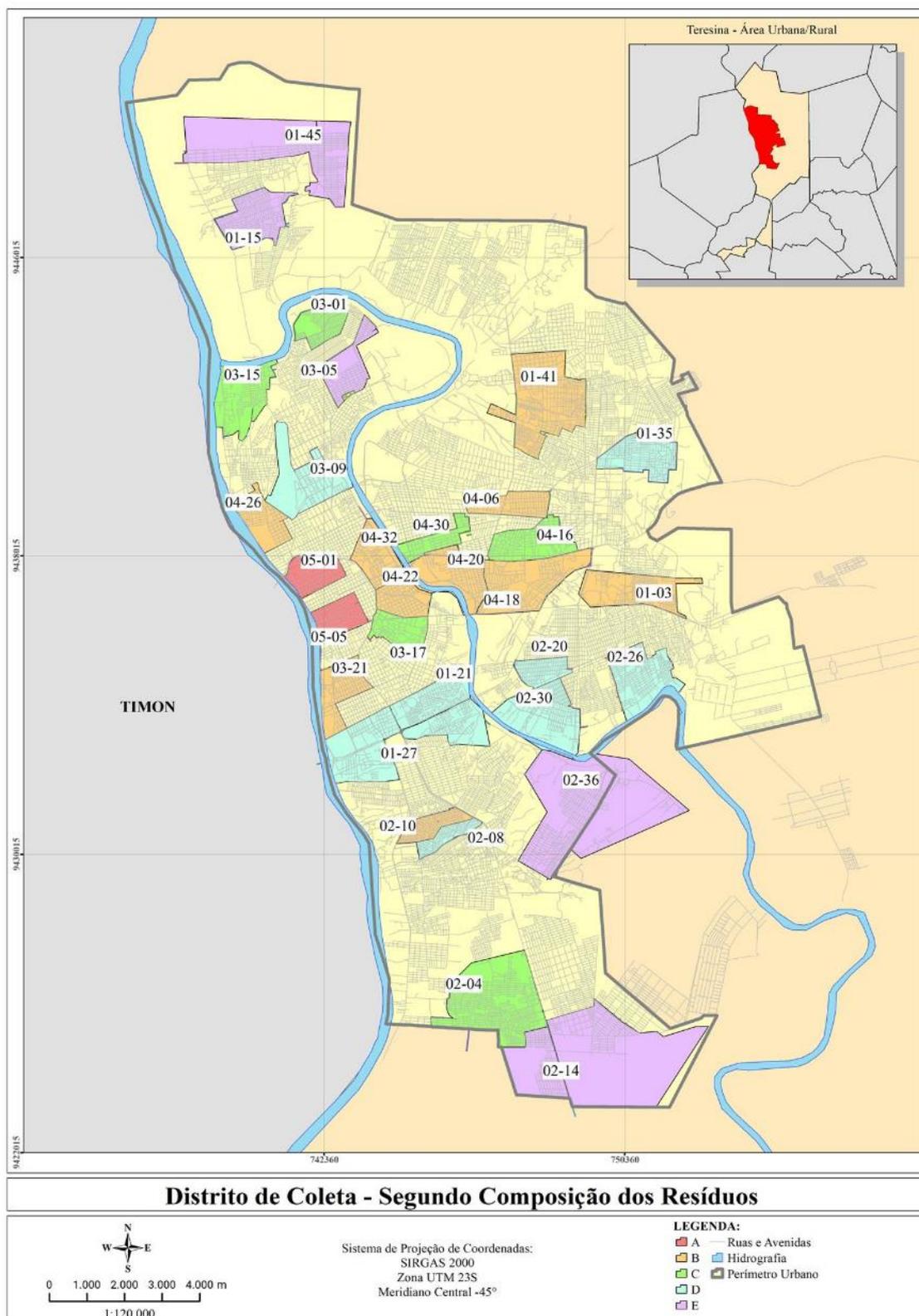
Tabela 31 - Diagrama de fatores dos setores de Coleta

Distrito	Setores	Componente de Relevância	Características
A	05-01 05-05	Componente 1 (Recicláveis - Positivo)	Setores com alto percentual de recicláveis (>42%), com destaque para papel/papelão e plásticos, natureza comercial.
B	01-03 01-41 03-21 04-06 04-18 04-20 04-22 04-26 04-32 02-10*	Componente 1 (Recicláveis - Positivo)	Setores com alto percentual de recicláveis (>40%) e baixo teor de rejeitos (<26%)
C	02-04 03-01 03-15 03-17 04-16 04-30	Componente 2 (Rejeitos - Positivo)	Setores com percentual de recicláveis próximo ao valor médio do município e teor de rejeitos alto (>27%)
D	01-21 01-27* 01-35 02-08 02-20 02-26 02-30* 03-09*	Componente 2 (Orgânicos – Positivo)	Setores com alto percentual de orgânicos (>38%), percentuais de recicláveis inferiores ao valor médio do município e rejeitos menores que 25%.
E	01-15 01-45 02-14 02-36 03-05	Componente 1 (Recicláveis - Negativo)	Setores com baixo teor de recicláveis (<37%), valores medianos de orgânicos e altos percentuais de rejeitos (>25%)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 89 é apresentada a representação espacial desses agrupamentos, no geral os agrupamentos formados são bem próximos dos agrupamentos delimitados pelos indicadores de gestão. Ficam bem destacado o agrupamento formado pelos setores comerciais (A), setores residenciais do vetor Centro-Leste (B) e os agrupamentos periféricos, como por exemplo o Distrito Operacional “E”, formado por setores da região de expansão da cidade de Teresina voltada para a população mais carente.

Figura 89 - Distritos de Coleta, agrupados de acordo com a composição dos RSD



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.3 MODELAGEM DA PREVISÃO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

O processo de modelagem foi realizado a partir de iterações com combinações dos indicadores estudados, prezando pela simplicidade da aplicação do modelo e pelos padrões de qualidade do modelo. O resultado das interações realizadas é apresentado na Tabela 32, a partir da qual é possível verificar os parâmetros de controle das regressões realizadas.

Os modelos 1 e 2, apesar de apresentarem um excelente valor de ajuste linear e um erro padrão bem reduzido, infringem a hipótese de inexistência de multicolinearidade, uma vez possuem valores de VIF superiores a 10, e a suposição dos erros independentes, já que os valores de Durbin-Watson razoavelmente distantes de 2. Já o modelo 3 foi descartado pelos valores de VIF. Cabe destacar que além de não passar nos testes, esses modelos são muito complexos exigindo a entrada de muitas variáveis.

Os modelos compreendidos entre 4 a 9 atendem a todos os parâmetros de qualidade e aceitabilidade de modelos de regressão previstos na literatura, sendo que o modelo 7 reúne as qualidades de maior R^2 e menor erro padrão, além de ser razoavelmente simples de ser aplicado.

Para fins comparativos com a atual metodologia utilizada pela prefeitura municipal de Teresina para previsão/cobrança de resíduos sólidos domiciliares, baseada em índices de geração e área construída, foi realizado o modelo 10 com preditores Geração e Área construída, que não passou no teste de independência dos erros (Durbin-Watson) e apresentou um erro padrão bem superior ao modelo 7.

Tabela 32 - Iterações de Ajuste do Modelo de Regressão

Modelo	Preditores	R ²	R ² ajustado	Erro Padrão	F	Durbin-Watson	VIF	Sig. ANOVA
1	ACONS, DD, GT, POP, IPTU, CAGU, CENER, CESG, RPC, RD	0,995	0,993	0,070	437,752	1,010	73,475	0,000
2	ACONS, CESG, IPTU, POP, CAGU, CENER, GT, RD	0,994	0,991	0,077	448,429	0,910	26,887	0,000
3	ACONS, CESG, IPTU, CAGU, CENER, RD	0,927	0,909	0,251	52,543	1,734	19,181	0,000
4	ACONS, CESG, CAGU, CENER	0,926	0,915	0,242	84,922	1,730	7,998	0,000
5	ACONS, CENER, CAGU	0,923	0,915	0,243	112,147	1,841	8,160	0,000
6	CENER, CAGU	0,923	0,918	0,239	173,506	1,873	6,861	0,000
7	GT, CENER, CAGU	0,940	0,934	0,214	146,640	1,614	8,095	0,000
8	RD, CAGU, CENER	0,924	0,916	0,241	113,801	1,792	6,710	0,000
9	GT, RD, CENER, CAGU	0,940	0,931	0,218	106,139	1,603	7,852	0,000
10	GT, ACONS	0,868	0,859	0,313	95,098	0,862	8,093	0,000

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observando que o erro padrão do modelo está significativamente alto em relação aos valores que são medidos na geração per capita, buscaram-se meios de reduzir o valor do erro padrão. Na estatística descritiva apontou-se que os setores comerciais 05-01 e 05-05 foram valores discrepantes dos preditores utilizados no modelo 7, e de vários outros preditores, assim realizou-se uma nova iteração com a retirada desses setores de coleta, homogeneizando a equação para áreas residenciais. Os resultados desse ajuste são apresentados na Tabela 33, a qual apresenta duas modelagens para a estimativa da geração per capita de resíduos domiciliares na cidade de Teresina.

Cabe destacar, que no modelo 7b, houve a inclusão da renda domiciliar melhorando os parâmetros da equação e mantendo a simplicidade do modelo, uma vez que todos os preditores podem ser facilmente levantados: renda domiciliar (através de cadastro ou dados do IBGE), geração (através do relatório da balança dos caminhões da rota que atende a residência), consumo de água per capita (através das faturas de água) e consumo de energia per capita (através das faturas de energia).

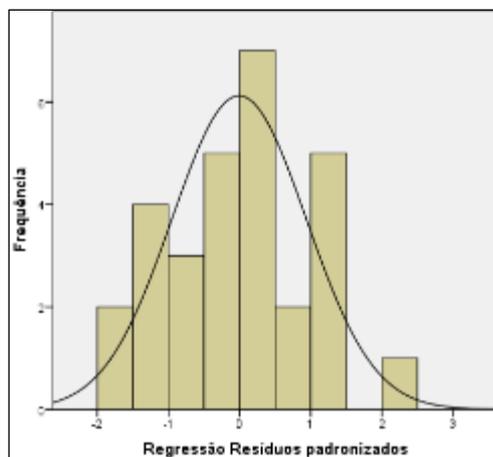
Tabela 33 - Modelo de Regressão Ajustado

Modelo	Preditores	R ²	R ² ajustado	Erro Padrão	F	Durbin-Watson	VIF	Sig. ANOVA
7a	CENER, GT, CAGU	0,965	0,961	0,132	236,133	1,737	6,935	0,000
7b	RD, GT, CAGU, CENER	0,972	0,968	0,119	218,907	1,819	7,537	0,000

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O histograma do modelo 7b é mostrado na Figura 90, indicando a normalidade dos resíduos e qualidade do modelo. Apesar da deficiência de resíduos em alguns pontos ao longo da curva normal, a distribuição pode ser considerada normal.

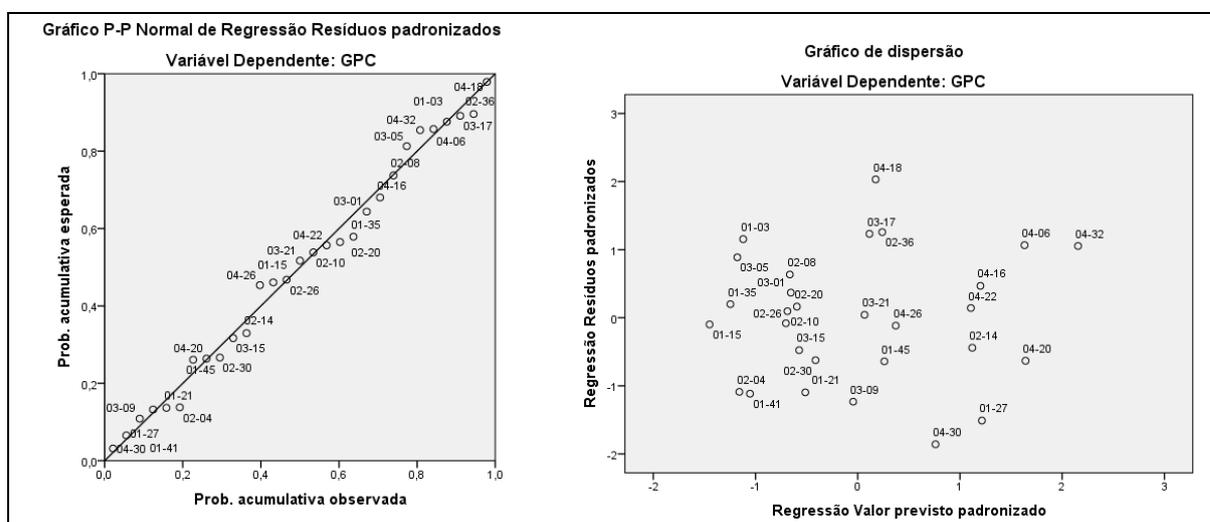
Figura 90 - Histograma dos resíduos da regressão



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 91 são apresentados o diagrama das probabilidades normais dos dados (gráfico P-P) e o gráfico dos resíduos padronizados contra resíduos previstos. No gráfico P-P os pontos estão dispostos com excelente aderência à linha diagonal, indicando a normalidade do modelo, e sua boa capacidade de estimativa da geração per capita de resíduos. O gráfico de dispersão também indica a normalidade e qualidade do modelo, uma vez que os pontos estão dispostos de forma aleatória sem a formação de cones ondulações.

Figura 91 - Gráfico PP e Gráfico de dispersão da modelo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O modelo delimitado pode ser expresso matematicamente através da equação 2, que estima geração per capita de resíduos sólidos domiciliares através dos preditores geração total diária do setor de coleta do domicílio (GT), renda domiciliar (RD), consumo de água per capita (GAGU) e consumo per capita de energia (CENER) com um erro padrão de $\pm 0,119$ kg/hab.dia.

$$GP = (4,15 * 10^{-2} * GT) + (1,61 * 10^{-3} * CAGU) + (1,07 * 10^{-2} * CNER) + (3,56 * 10^{-5} * RD) \pm 0,119$$

(Equação 2)

GP – Geração per capita (kg/hab.dia)

GT – Geração total (t/dia)

CAGU - Consumo de água per capita (l/hab.dia)

CNER – Consumo de energia per capita (kWh/hab.dia)

RD – Renda domiciliar (R\$/domicílio)

Os coeficientes de regressão do modelo são excelentes, apresentando altos valores tanto de R^2 como R^2 ajustado, que por serem bem próximos, reforçam a qualidade do modelo obtido. Pelo primeiro, é indicado que 97,2% da variação dos valores previstos para geração per capita podem ser explicados pelo modelo, que apresenta excelente aderência. Já o coeficiente de regressão ajustado indica que quando generalizado o modelo é capaz de explicar 96,8% da variância da geração per capita em função dos preditores selecionados.

Por fim, cabe destacar que o valor da geração per capita (GP), estimada pelo modelo, pode ser aplicada tanto para o planejamento/dimensionamento dos serviços de gestão dos resíduos sólidos domiciliares, como também na cobrança desses serviços, pois a Equação 2, quando aplicada por residência, com o valor do GP multiplicado pelo número de habitantes desse domicílio e a quantidade de dias de um ano (ou mês) nos fornece uma quantidade de resíduo gerado anual (ou mensal) que combinada ao preço unitário do serviço subsidia uma cobrança razoavelmente “compatível” com o princípio do poluidor-pagador.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral o estudo atendeu de forma satisfatória a seus objetivos, dentro das dificuldades encontradas foi feito o possível para conseguir os melhores resultados possíveis. Dessa forma, as conclusões da pesquisa, dificuldades encontradas na execução da pesquisa e recomendações para pesquisa futuras são aparentadas a seguir.

6.1 CONCLUSÕES

A presente pesquisa atendeu a seus objetivos de maneira satisfatória, sendo capaz de auxiliar na condução de uma Gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Teresina mais alinhados com a PNRS. As principais contribuições da pesquisa em relação aos preceitos da PNRS foram a caracterização dos RSD (geração e composição), diagnóstico dos fatores que influenciam nessa caracterização e as variações nas regiões da cidade, e por fim, a proposição de um sistema de previsão de geração que pode ser aplicado na tarifação desses serviços, atendendo o princípio do poluidor pagador.

Outro aspecto relevante foi a indicação de duas propostas de setorização, em distritos operacionais, para a gestão dos resíduos sólidos domiciliares de Teresina, que contribuem para o direcionamento de abordagem mais específicas às características dessas unidades, melhorando assim a eficiência dos esforços empreendidos. A primeira proposta, de natureza preditiva, foi concebida com base nos indicadores socioeconômicos e de consumo, agrupando setores de coleta com características comuns, sendo mais voltada para o direcionamento para a gestão como um todo. Já a segunda proposta, possui uma natureza verificatória, uma vez que foi concebida com base na composição gravimétrica dos resíduos, sendo mais voltada para a parte mais operacional da gestão, como escolha do sistema de coleta, mecanismos de aproveitamento, sistema de tratamento e destinação final dos RSD.

As propostas de setorização da cidade de Teresina mostraram bem correntes, uma que apesar de constatarem dados naturezas diferentes (indicadores são preditores e a composição gravimétrica é verificaria) apontam para grupos razoavelmente próximos.

Na representação espacial dos indicadores de gestão, ficou evidenciada uma distribuição da geração de RSD com concentração no eixo centro-leste dos indicadores de renda (domiciliar e per capita), consumo de energia, consumo de água, coleta de esgoto, IPTU e área construída, indicadores estes que remetem ao padrão de vida. No entanto, foram observadas variações dos indicadores de consumo e socioeconômicos em nível de município (variação nas Subzonas) e

até mesmo nas Subzonas (variação nos setores de coleta), confirmando assim a complexidade do mosaico urbano teresinense, que necessita de abordagens específicas de gestão para cada uma das suas regiões.

Com base na análise estatística, constatou-se que os indicadores que melhor se correlacionam com a geração per capita, em ordem hierárquica decrescente são: população (total), consumo de água per capita, consumo de energia per capita, renda per capita e renda domiciliar. Seguidos de correlações mais baixas, em ordem hierárquica, de: coleta de esgoto per capita, área construída média, IPTU e densidade demográfica.

A composição gravimétrica de Teresina chama atenção em um primeiro momento por se distanciar da composição média nacional em relação aos orgânicos, fato já esperado em função da distância temporal dos dados, cerca de 10 anos, mas razoável com resultados obtidos em pesquisas para outras cidades brasileiras, em especial Recife e Brasília. Constatou-se que 35,69% dos RSD de Teresina são de orgânicos, 39,74% recicláveis e 24,57% são rejeitos, tal fato indica que cerca de 6.300 toneladas das 16.000 toneladas de resíduos que são depositadas mensalmente no aterro controlado de Teresina poderiam ser aproveitadas e desviadas de destinação final, diminuindo o impacto no meio ambiente e distribuindo renda.

Por fim, o modelo delimitado na pesquisa estima a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares através dos preditores geração total diária do setor de coleta do domicílio (GT), renda domiciliar (RD), consumo de água per capita (GAGU) e consumo per capita de energia (CENER) com um erro padrão de $\pm 0,119$ kg/hab.dia.

6.2 DIFICULDADES

Durante a execução do trabalho foram encontradas dificuldades relacionadas, principalmente, com a obtenção dos dados socioeconômicos e de consumo, bem como a escassez de estudos voltados para a composição gravimétrica de Teresina. Nesse sentido, podem ser destacados os seguintes pontos específicos:

- Qualidade dos dados disponibilizados pelos órgãos responsáveis: na maioria dos indicadores houve unidades com dados ausentes ou incoerentes, por exemplo, alguns setores censitários do IBGE estavam sem informações censitárias, sendo necessário, então, ajustes com base nos setores circunvizinhos. E outro fato já comentado, diz respeito ao indicador coleta de esgoto, que pela metodologia do órgão responsável é quantificado a partir de uma estimativa derivada do consumo de água.

- Incompatibilidade da base de informações geográficas: ou seja, todos os indicadores tiveram que ser ajustados para a base de informações geográficas do IBGE. Os órgãos responsáveis pelos indicadores levantados utilizam bases próprias, que não são derivadas da base geográfica do país, dificultando assim o intercâmbio de informações.
- Atualidade dos dados: uma vez que as informações censitárias remetem ao ano de 2010, sendo atualizadas por estimativas de crescimento populacional e correção monetária. Tal fato tende a distorcer algumas correlações, uma vez que no mosaico das grandes cidades, temos comportamentos que nem sempre seguem uma tendência uniforme.
- Escassez de recursos humanos e materiais para a realização da campanha de campo: em função da disponibilidade de recursos houve uma limitação no número de setores analisados, fato que prejudicou os resultados estatísticos obtidos, além disso, pela indisponibilidade de equipamentos não foram realizados os estudos de umidade dos resíduos, fato que prejudicou a qualidade da estimativa de aproveitamento, uma vez que frações com alta capacidade de retenção, como o papelão, ficaram superestimadas.
- Infraestrutura de campo para a realização da composição gravimétrica: os resíduos sólidos domiciliares de Teresina são encaminhados para um Aterro Controlado, que não possui áreas adequadas (cimentadas) para a realização desse tipo de estudo, sendo feito assim um paliativo por meio da utilização de lonas, que quase sempre são danificadas pelo equipamento (escavadeira ou similar) utilizado para a homogeneização, logo foi necessário um cuidado redobrado para evitar a incorporação de solo ao resíduo amostrado.
- Rotas noturnas: conforme foi pontuado no estudo, em Teresina existem rotas noturnas e diurnas, sendo que na coleta noturna, os caminhões de coleta descarregam no aterro entre 0h e 6h, concomitante a atividade dos catadores que muitas vezes reviram os resíduos dessas rotas retirando materiais recicláveis para a venda. Logo, a maioria das rotas identificadas com alto teor de recicláveis era noturna, e podem ter tido esse potencial de aproveitamento subestimado, uma vez que os catadores noturnos retiravam materiais como PET, PEAD, PVC, alumínio, cobre e eletrônicos.

- Condições de segurança no Aterro Controlado: uma vez que não há restrição de acesso à área a frente de operação do aterro, tem-se uma população significativa de catadores no aterro, muitas vezes armados e foragidos, que convive com o uso deliberado de entorpecentes, logo foi necessária uma mediação junto a alguns grupos de catadores para que as atividades fossem desenvolvidas com segurança.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS

Para futuras pesquisas, que busquem replicar ou aprofundar o presente estudo, são repassadas as seguintes sugestões:

- Aumentar a população utilizada no estudo, contemplando um número maior de rotas, de maneira a melhorar a qualidade das análises estatísticas e a compreensão da variação da composição e geração dos resíduos sólidos domiciliares com os indicadores socioeconômicos e de consumo.
- Incluir análises de umidade dos resíduos sólidos domiciliares, inclusive por frações, de maneira a obter a composição gravimétrica em base seca, e assim fornecendo valores de estimativa de aproveitamento de melhor qualidade.
- Realizar uma pesquisa mercadológica do comércio de recicláveis em Teresina, e das cidades que poderiam ser associadas a esse comércio, de maneira a valorar as receitas que poderiam ser obtidas com a venda dos materiais viáveis.
- Realizar estudos de poder calorífico, potencial energético e potencial de biodigestão dos resíduos sólidos domiciliares, de maneira a verificar a viabilidade e dimensionar as melhores alternativas de aproveitamento.
- Propor um sistema de tratamento/aproveitamento dos resíduos sólidos domiciliares com base nas características dos resíduos do zoneamento proposto, otimizando assim a logística da gestão desses resíduos.

REFERÊNCIAS

- ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Ranking ABES da universalização do saneamento**. Disponível em: < <http://abes-dn.org.br/?p=18536>>. Acesso em: 27 jun. 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004b. 21 p.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. 2017. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. 2016. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. 2015. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013**. 2014. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. 2013. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011**. 2012. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. 2011. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 11 ago. 2017.
- ALCÂNTARA, Perboyre Barbosa. **Avaliação da influência da composição dos resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. 2007. 366 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5397>>. Acesso em: 01 maio 2017.
- AMBROSI, A. Resíduos Sólidos Urbanos – Uma revisão de conceitos, práticas de redução e a nova política nacional dos resíduos sólidos. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE**, 14., 2012, São Paulo. Anais... São Paulo, 2012. 17p.

AWASTHI, Mukesh Kumarç; MAHAR, Amanullah; ALI, Amjad; WANG, Quan e ZHANG, Zengqiang. Component Technologies for Municipal Solid Waste Management. In: KUMAR, Sunil. **Municipal Solid Waste Management in Developing Countries**. Boston: Academic Press, 2016.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC; USP, 1999.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 1988. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, DF, 2010c. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 4.367, de 9 de setembro de 2002**. Regulamenta a Lei Complementar no 112, de 19 de setembro de 2001, que autoriza o Poder Executivo a criar a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina e instituir o Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Teresina, e dá outras providências. Brasília, DF, 2002. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4367.htm>. Acesso em: 16 abril 2018.

BRASIL. **Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007**. Regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Brasília, DF, 2007a. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6017.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF, 2010b. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Lei 11.107, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília, DF, 2007b. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Lei 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1999. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm >. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. **Lei complementar nº 112, de 19 de setembro de 2001**. Autoriza o Poder Executivo a criar a Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina e instituir o Programa Especial de Desenvolvimento da Grande Teresina e dá outras providências. Brasília, DF, 2001. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp112.htm>. Acesso em: 16 abril 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm >. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Parnaíba e São Francisco – CODEVASF. **Plano de Ação Integrado e Sustentável para a RIDE Grande Teresina, Produto II: Diagnóstico Situacional Participativo**. Teresina, 2013. 226 p. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/Ride-Diagnostico-Situacional-Participativo.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2017. 173 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2018. 188 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS)**. Brasília: Editora, 2009. 277p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Por um Brasil Sustentável (ProNEA, Marcos Legais & Normativos)**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80221/pronea_4edicao_web-1.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2017.

BRASIL. SENADO FEDERAL. **Código Tributário Nacional E Legislação Correlata**. 2012. 189pp. Disponível em: < <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/496301/000958177.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Súmula Vinculante nº 29**. Disponível em: < <http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/menuSumario.asp?sumula=1282>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Súmula Vinculante nº19**. Disponível em: < <http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/menuSumario.asp?sumula=1248>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

BRUCE, Nathan; ASHA, Aklima Zerim; NG, Kelvin Tsun Wai. Analysis of solid waste management systems in Alberta and British Columbia using provincial comparison. **Canadian Journal Of Civil Engineering**, [s.l.], v. 43, n. 4, p.351-360, abr. 2016. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjce-2015-0414>.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 17, n. 2, p.171-180, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522012000200006>.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato. Direito constitucional ambiental brasileiro. 4ª ed. rev. São Paulo: Saraiva, 2011.

CARVALHO JUNIOR, F. H. **Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na Cidade de Fortaleza-CE**. 2013. 209 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

CEARÁ. **CADERNO TEMÁTICO: Mecanismos de Cobrança dos Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos**. 2014. 55pp. Disponível em: <<http://www.sema.ce.gov.br/attachments/article/44259/Caderno%20Tem%C3%A1tico%20Mecanismos%20de%20Cobran%C3%A7a%20.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 358/2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. 2005. 8 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 09 set. 2017.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 5, de 5 de agosto de 1993**. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. 1993. 4 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=130>>. Acesso em: 09 set. 2017.

DIÁRIO DA REPÚBLICA PORTUGUESA. Diário da República n.º 251/2014. PARTE H. **SECÇÃO IV: Tarifário de Serviço de Gestão de Resíduos Urbanos**. Disponível em: <<https://dre.pt/application/conteudo/65993533>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

DIÁRIO DA REPÚBLICA PORTUGUESA. **Portaria nº 851/2009**. Norma portuguesa que estabeleci a padronização da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos. 1º Série, nº 152, 7 de agosto de 2009. p. 5143-5146. Disponível em: <http://www.azores.gov.pt/NR/rdonlyres/477B465B-4CEA-4422-BC3B-AD71D844789E/615511/P_851_2009.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

Disponível em: <<http://arsete.teresina.pi.gov.br/admin/upload/documentos/4fe38460c4.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

Disponível em: <<https://www.selur.com.br/publicacoes/islu-indice-de-sustentabilidade-da-limpeza-urbana-para-os-municipios-brasileiros-2a-edicao-2017/>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

FIELD, Andy. **Descobrimdo a estatística usando o SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FIRMO, Alessandra Lee Barbosa. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. 2013. 288 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12875>>. Acesso em: 01 maio 2017.

GIACOMINI FILHO, G. **Meio ambiente & consumismo**. São Paulo: Editora Senac, 2008. Série Meio Ambiente; 8. 255 p.

GRISOLIA, M.; NAPOLEONE, Q. & TANCREDI, G. Contribution to a technical classification of MSW. In: International Landfill Symposium, 5th, 1995. **Proceedings... S. Margherita Di Pula, Cagliari**. Vol. 2, pp 703 - 710, 1995.

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (GRS/ UFPE). Relatório de Pesquisa: Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. **PRODUTO 10: Relatório final de avaliação técnica, econômica e ambiental das técnicas de tratamento e destinação final dos resíduos**. setembro, 2013.

HABITZREUTER, Milena Tomasi. **Análise da composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da região de Santa Maria, pré e pós-triagem**. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/76148>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

HAIR, Joseph F.. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do Universo por setor censitário. 2011. 201 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoes_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acesso em: 14 maio 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**: Sinopse agregados por Setores Censitários - Piauí. 2010a. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Sinopse/Agregados_por_Setores_Censitarios/Base_informacoes_setores2010_sinopse_PI.zip>. Acesso em: 14 maio 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**: Malhas setores Censitários - Piauí. 2010b. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais/censo_2010/setores_censitarios_shp/pi/pi_setores_censitarios.zip>. Acesso em: 14 maio 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**: Teresina. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>>. Acesso em: 14 abril 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **RESOLUÇÃO da Presidência nº 1/2005**. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. Disponível em:

ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em: 20 agosto 2018.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**: Relatório de Pesquisa. 2012. 82 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=17247>. Acesso em: 15 ago. 2017.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Instrumentos Econômicos e Sistemas de Informação para Gestão de Resíduos Sólidos**. Relatório de Pesquisa. 2012. 46p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120814_relatorio_instrumentos_economicos.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

JANNUZZI, P. de M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fontes de dados e aplicações para a formulação e avaliação de Políticas Públicas e elaboração de estudos socioeconômicos. 4 ed. Campinas: Alínea, 2009.

JOHNSTONE, Nick; LABONNE, Julien. Generation of Household Solid Waste in OECD Countries: An Empirical Analysis Using Macroeconomic Data. **Land Economics**, [s.l.], v. 80, n. 4, p.529-538, nov. 2004. University of Wisconsin Press. <http://dx.doi.org/10.2307/3655808>.

JUCÁ, J. F. T.; FIRMO, A. L. B.; OLIVEIRA, L. R. G.; BRITO, E. P. L.; SILVA, R. C. P.; GÓIS, T. M. L.. **Estudo da geração e composição dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife**. Relatório técnico. Versão final. Abril, 2014a. 106p.

JUCÁ, J. F. T.; JUCÁ, A. S. C.; BRITO, E. P. L.; FARIAS, R. M. S.; ANDRADE, D. M.. **ESTUDOS E PROPOSIÇÃO DE MODELAGEM PARA EXECUÇÃO EFICIENTE DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL, PRODUTO 1: DIAGNÓSTICO SOBRE OS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO DISTRITO FEDERAL**. Relatório técnico. Versão final. Dezembro, 2015.

JUCÁ, Jose Fernando Thomé. **Geotecnia ambiental**: Gestão de Resíduos. 2018. 01 aug. 2017, 22 dec. 2017. 1 p. Notas de Aula. Apresentação.

JUCÁ, José Fernando Thomé; LIMA, José Dantas de; MARIANO, Maria Odete Holanda; FIRMO, Alessandra Lee Barbosa; Danuza Andrade Lima; Luciana Lucena; Paulo Farias; HUMBERTO, F.; Eraldo Carvalho; FERREIRA, J. A.; Geraldo Reichert. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. 1. ed. Recife: CCS Gráfica Editora Ltda, 2014b. v. 1. 186p.

KNOCHENMUS, G.; WOJNAROWICZ, M; VAN IMPE, W.F. Stability of municipal solid wastes. In: **Proceedings of the 3rd international congress on environmental geotechnics**, Lisboa, vol 3, pp 977–1000, 1998.

LANDAU, Sabine; EVERITT, Brian S. **A handbook of statistical analyses using SPSS**. Washington: CRC Press LLC, 2004.

LETCHER, Trevor M. e VALLERO, Daniel A. **Waste: A Handbook for Management**. Boston: Academic Press, 2011.

LIMA, A. K. T.. Principais pontos da Política Nacional de Resíduos Sólidos para a gestão de resíduos municipais. In: Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1ed. Recife: EDUFRRPE, 2014, v. 1, p. 11-15.

LIMA, Jose Dantas de. **CONSORCIO DE DESENVOLVIMENTO INTERMUNICIPAL : INSTRUMENTO DE INTEGRAÇÃO REGIONAL**. 1. ed. JOAO PESSOA: JOSE DANTAS DE LIMA, 2003. v. 1000. 278p.

LIMA, Jose Dantas de. **GESTAO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS NO BRASIL**. 01. ed. JOAO PESSOA: JOSE DANTAS DE LIMA, 2001. v. 2000. 267p.

LIU, Chen; WU, Xin-wu. Factors influencing municipal solid waste generation in China: A multiple statistical analysis study. **Waste Management & Research**, [s.l.], v. 29, n. 4, p.371-378, 10 ago. 2010. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x10380114>.

MACIEL, Felipe Jucá. **Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 355 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5213>>. Acesso em: 01 maio 2017.

MARIANO, M.O.H.; MACIEL, F.J.; FUCALE, JUCÁ. F.T.J.; BRITO, A.R. Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE. In: **VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL**, Recife, 2007.

MEDEIROS, Julie Eugênio da Siva Francisco; PAZ, Adriano Rolim da; MORAIS JÚNIOR, Joácio de Araújo. Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros indicadores de consumo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.119-130, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000120117>.

MESQUITA JÚNIOR, J. M. **Gestão integrada de resíduos sólidos**. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40p.

MILES, J., SHEVILIN, M. **Applying regression and correlation: a guide for students and researchers**. London: Sage, 2001.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CONSÓRCIOS PÚBLICOS**. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/5_manual_implantao_sistema_info_rmao_gesto_rs_cp_125.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Planos Estaduais de Resíduos Sólidos**. 2017. Disponível em: << <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/item/10611-planos-estaduais>>>. Acesso em 15 de jun. 2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2018. Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>>>. Acesso em 15 de maio. 2018.

MOITA NETO, J. M.. **Estatística multivariada: Uma visão didática-metodológica**. Crítica. Revista de Filosofia e Ensino, v. 1, n.1, p. 1-1, 2004.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.*. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204p.

OLAYUNGBO, Adenike Anike; FADARE, Samson Olawale. Socio-economic factors affecting household solid waste generation in selected wards in Ife central Local Government area, Nigeria. **Herald Journal of Geography and Regional Planning**, [s.l.], v. 3, n. 4, p.158-167, ago. 2014. Disponível em:<<http://www.heraldjournals.org/hjgrp/2014/8/3/4/151020161700>>. Acesso em 15 de abr. 2018.

ONOFRE, Fabiana Lima. **ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**. 2011. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba.

PEBESMA, Edzer. **Map overlay and spatial aggregation in sp**. 2018. 19 p. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/sp/vignettes/over.pdf>. Acesso em: 20 agosto 2018. PIAUÍ. Secretaria das Cidades do Estado do Piauí. **PLANO DE REGIONALIZAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ESTADO DO PIAUÍ – VOLUME I**. 2011a. 117 p. Disponível em:<< <http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/64-residuos-solidos>>>. Acesso em 15 de jun. 2017.

PIAUÍ. Secretaria das Cidades do Estado do Piauí. **PLANO DE REGIONALIZAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ESTADO DO PIAUÍ – VOLUME II**. 2011b. 271 p. Disponível em:<< <http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/64-residuos-solidos>>>. Acesso em 15 de jun. 2017.

PINHEIRO, Tais Saraiva de. **Proposta de gestão integrada corporativa dos resíduos sólidos**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, 2010.

PMT – PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA. Secretaria Municipal de Finanças. [Carta] abril de 2018, Teresina [para] SOUSA, A.V.N, Teresina. **IPTU 2018**.

ROMANI, Andrea Pitanguy de e SEGALA, Karin. **Planos de resíduos sólidos: desafios e oportunidades no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2014. 98p.

SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros**. 2017. 114 p. SEMDUH. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **COMPARATIVO DOS RESÍDUOS REMOVIDOS (T) "DOMICILIAR"**. 2016. Planilha Impressa.

SEMPPLAN. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **AGENDA TERESINA 2030: A CIDADE DESEJADA**. Teresina, 2015. 126 p. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/Teresina-Agenda-2030.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

SEMPPLAN. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA SÓCIO-ECONÔMICA-CULTURAL DA CIDADE DE TERESINA: Contribuições da Agenda 2030**. Teresina, 2016. 321 p. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2016/12/Diagnóstico-Sócio-Econômico-e-Cultural-da-Cidade-de-Teresina-Contribuição-da-Agenda-2030.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

SEMPPLAN. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2017. Disponível em: << <http://semplan.teresina.pi.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico/>>>. Acesso em 15 de jun. 2017.

SENZIGE, Jonas Petro. Factors Influencing Solid Waste Generation and Composition in Urban Areas of Tanzania: The Case of Dar-es-Salaam. **American Journal Of Environmental Protection**, [s.l.], v. 3, n. 4, p.172-178, 2014. Science Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.11648/j.ajep.20140304.11>.

SILVA, Rodrigo Cândido Passos da. **Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife/PE e estudos dos indicadores gerenciais nos setores de coleta por meio de técnicas multivariadas**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17250>>. Acesso em: 01 maio 2017.

SOARES, Erika Leite de Souza Ferreira. **ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E PODER CALORÍFICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. 2011. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES_ELSF_EJP_11_T_M_.pdf>. Acesso em: 14 maio 2017.

SOUSA, A. N.; JUCÁ, J. F. T. ; OLIVEIRA, B. L. M. . ESTIMATE OF THE VALUATION OF URBAN DOMESTIC WASTE DEPOSITED IN THE CONTROLLED LANDFILL OF THE CITY OF TERESINA/PI, BRAZIL. In: SUM2018, Fourth Symposium on Urban Mining, 2018, Bergamo. **Proceedings of the Fourth Symposium on Urban Mining**. Bergamo: CISA Publisher, 2018.

SOUSA, A. N.; JUCÁ, J. F. T. ; SILVA JUNIOR, D. B. ; OLIVEIRA, J. P. F. ; SALES, J. S. . Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares da região administrativa Sul do município de Teresina/PI. In: XIV - Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais do 14º Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2018.

SOUZA, Maria Auxiliadora Pimentel. **Gestão Ambiental: importância de geoprocessamento no diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. 2017. 161 p. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental, Programa de Pós Graduação em Planejamento Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2011. Disponível em: <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/handle/prefix/357>. Acesso em: 20 agosto 2018.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEIN, H.; VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues**. New York: Mcgraw-Hill. 975p. 1993.
TERESINA. **Decreto nº 17.644, de 23 de março de 2018**. Institui e regulamenta o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB do Município de Teresina.

TERESINA. **Lei Complementar Nº 4.974 de 2016: INSTITUI O NOVO CÓDIGO TRIBUTÁRIO DO MUNICÍPIO DE TERESINA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS**. Disponível em: < <http://www.teresina.pi.leg.br/acervodigital/norma/lei-complementar-4974-2016>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

TERESINA. **Lei nº 4.973, de 26 de dezembro de 2016**. Institui os objetivos e metas para o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Teresina e dá outras providências. Disponível em: < <http://dom.teresina.pi.gov.br/admin/upload/DOM1997-27122016.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Teresina: Produto Final**. 2018. 1234 p. Disponível em: < <http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2018/04/PRODUTO-FINAL-PMSB-28.03-.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2018.

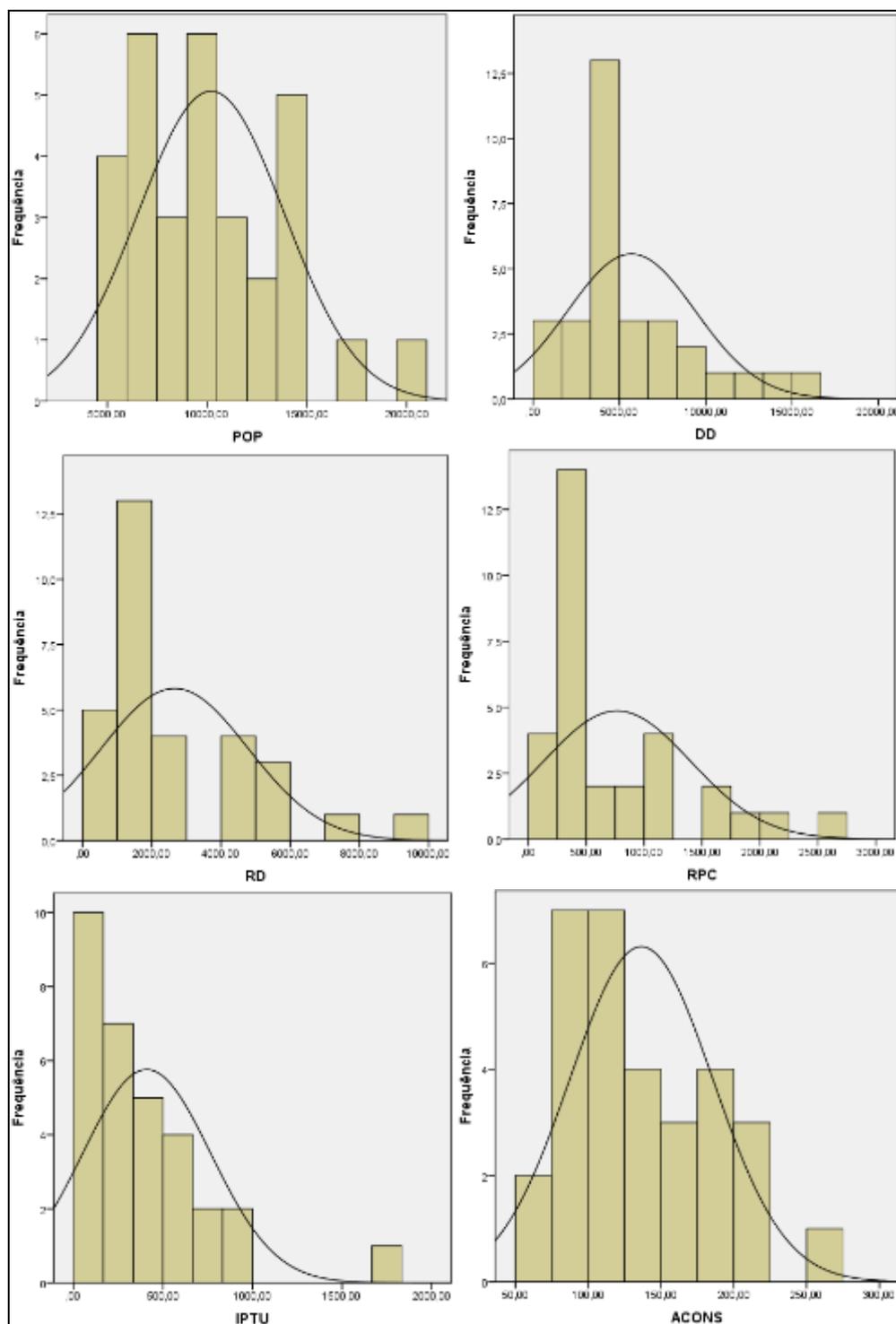
TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **TERESINA: DINÂMICA POPULACIONAL**. 2016. 9 p. Disponível em: < <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/TERESINA-POPULA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 15 abril 2018.

TRANG, Pham Thi Thuy *et al.*. The Effects of Socio-economic Factors on Household Solid Waste Generation and Composition: A Case Study in Thu Dau Mot, Vietnam. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 107, p.253-258, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.144>.

VENTURA, Katia Sakihama; SHIBASAKI, Karina. ESTUDO DE MÉTODO DE COBRANÇA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2016, Campina Grande, PB.

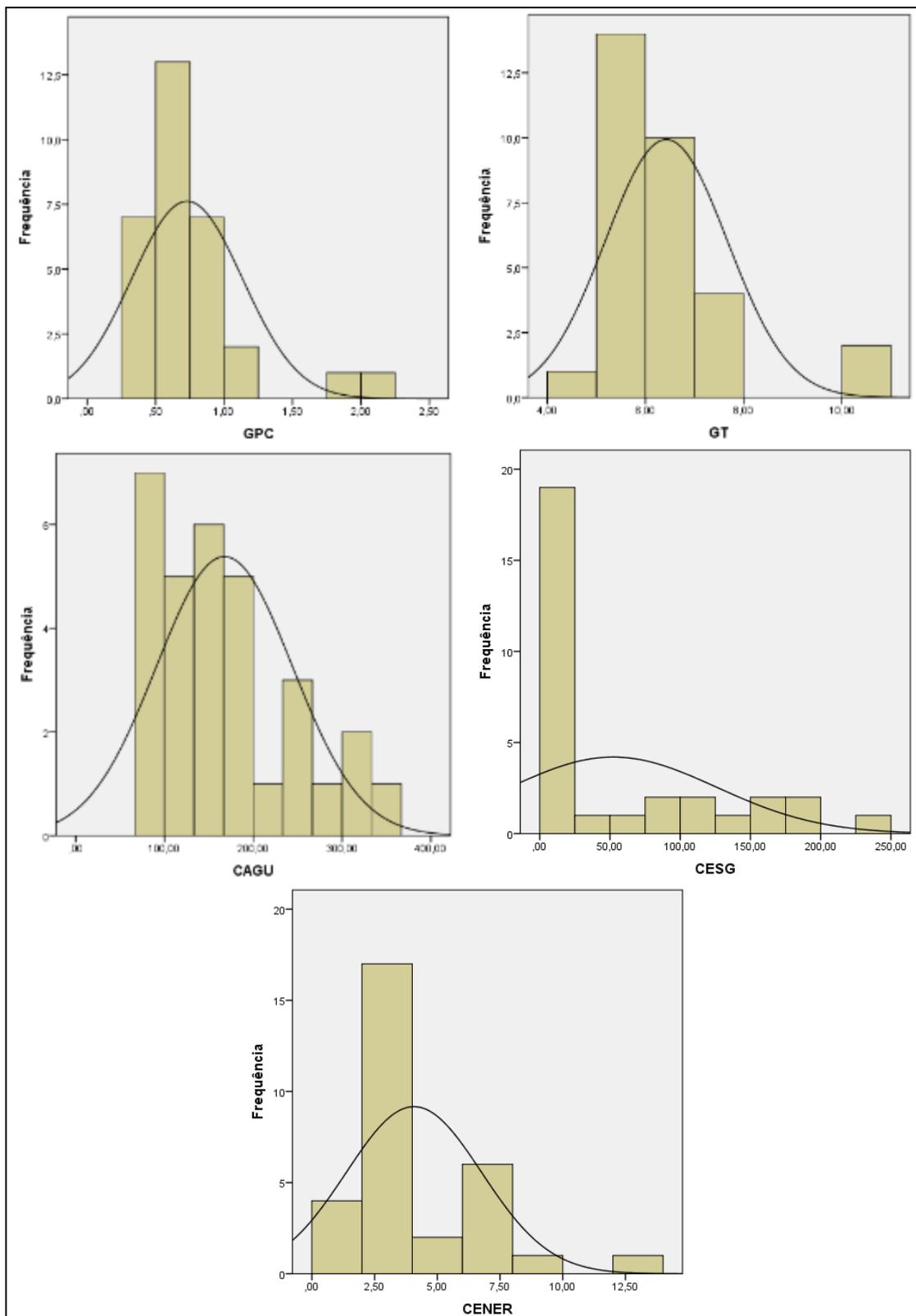
APÊNDICE A – HISTOGRAMAS DOS INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E DE CONSUMO

Figura A.1 - Histograma dos Indicadores Socioeconômicos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura A.2 - Histograma dos Indicadores de Consumo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

APÊNDICE B – RESULTADOS DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS SETORES DE COLETA SELECIONADOS PARA A PESQUISA

Tabela B.1 - Resultado da análise gravimétrica das subzonas de Teresina – base úmida

Classes	Subcategoria	NORTE I	NORTE II	CENTRO	LESTE I	LESTE II	LESTE III	SUDESTE I	SUDESTE II	SUL I	SUL II	TERESINA	Final
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares	22,72%	16,97%	21,51%	20,03%	28,13%	23,39%	34,26%	30,02%	26,47%	28,63%	25,21%	35,69%
	(2) Resíduos de jardim	8,58%	15,99%	5,03%	8,47%	9,65%	8,28%	6,76%	6,75%	9,79%	6,45%	8,58%	
	(3) Madeira	0,40%	0,81%	0,19%	1,12%	1,20%	0,85%	0,87%	0,88%	0,73%	1,64%	0,87%	
	(4) Dejetos Animais	1,00%	1,11%	2,28%	0,67%	0,83%	0,08%	0,51%	1,31%	0,68%	1,85%	1,03%	
Papel/cartão	(5) Papel	4,28%	3,40%	3,65%	5,80%	2,63%	5,06%	2,22%	1,92%	4,97%	3,09%	3,70%	12,73%
	(6) Papelão	5,57%	4,53%	15,98%	5,14%	8,06%	5,73%	4,35%	5,93%	5,12%	5,42%	6,58%	
	(7) Jornal/revista/panfletos	3,25%	1,24%	3,22%	2,22%	2,83%	4,31%	1,77%	2,47%	1,81%	1,38%	2,45%	
Plástico	(8) PET	1,49%	1,64%	1,15%	1,36%	2,01%	1,97%	1,34%	1,55%	1,54%	1,84%	1,59%	15,23%
	(9) PEAD	1,29%	1,54%	1,63%	1,05%	1,51%	1,39%	1,15%	1,40%	1,54%	1,20%	1,37%	
	(10) PVC	1,15%	0,60%	0,63%	1,14%	0,51%	0,86%	0,57%	1,44%	0,90%	1,10%	0,89%	
	(11) PP	0,91%	0,61%	1,08%	0,66%	0,68%	1,73%	0,75%	0,77%	0,88%	0,64%	0,87%	
	(12) PEBD	4,53%	4,97%	5,67%	4,23%	4,81%	4,80%	5,57%	6,07%	4,65%	4,87%	5,02%	
	(13) PS	0,95%	0,62%	3,60%	1,26%	0,74%	0,90%	0,72%	0,78%	1,11%	0,73%	1,14%	
	(14) Outros plásticos	4,44%	3,52%	5,28%	4,46%	3,54%	4,47%	4,38%	4,58%	5,01%	3,87%	4,35%	
Vidro	(15) Resíduos de embalagens de vidro	2,60%	2,94%	1,82%	6,79%	6,88%	3,41%	2,92%	2,83%	2,79%	2,55%	3,55%	3,74%
	(16) Outros resíduos de vidro	0,04%	0,19%	0,00%	0,40%	0,02%	0,44%	0,05%	0,42%	0,12%	0,18%	0,18%	
Compósitos	(17) Resíduos compósitos	0,95%	0,29%	0,42%	0,52%	0,15%	1,30%	0,41%	0,97%	0,79%	0,79%	0,66%	2,24%
	(18) Tetra Pak®	0,59%	0,37%	0,85%	1,27%	0,97%	0,75%	0,50%	0,84%	0,91%	0,58%	0,76%	
	(19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos	0,66%	0,87%	0,60%	1,11%	0,68%	0,59%	0,50%	1,43%	0,93%	0,84%	0,82%	
Têxteis	(20) Resíduos têxteis	6,95%	6,49%	1,70%	2,51%	3,45%	3,58%	5,25%	4,69%	4,74%	5,41%	4,48%	4,48%
Sanitários	(21) Sanitários	6,32%	8,87%	8,74%	10,19%	7,29%	8,11%	8,07%	4,94%	6,00%	6,12%	7,46%	7,46%
Metais	(22) Cobre	0,20%	0,03%	0,00%	0,11%	0,02%	0,03%	0,15%	0,06%	0,00%	0,06%	0,07%	2,08%
	(23) Ferro	1,21%	1,44%	1,16%	1,78%	2,00%	1,48%	0,99%	1,47%	1,50%	1,14%	1,42%	
	(24) Alumínio	0,65%	0,45%	0,80%	0,52%	0,73%	0,80%	0,40%	0,48%	0,71%	0,46%	0,60%	
Resíduos perigosos	(25) Pilhas e acumuladores	0,05%	0,05%	0,04%	0,05%	0,15%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,09%	0,07%	0,31%
	(26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo	0,06%	0,05%	0,03%	0,05%	0,05%	0,06%	0,07%	0,07%	0,07%	0,03%	0,05%	
	(27) Contaminantes	0,16%	0,11%	0,05%	0,20%	0,08%	0,14%	0,11%	0,04%	0,40%	0,13%	0,14%	
	(28) Outros resíduos perigosos	0,02%	0,03%	0,11%	0,00%	0,00%	0,03%	0,04%	0,24%	0,00%	0,05%	0,05%	
Outros resíduos	(29) Isopor	0,02%	0,12%	0,10%	0,05%	0,02%	0,14%	0,08%	0,18%	0,06%	0,06%	0,08%	16,03%
	(30) Minerais não metálicos	6,48%	7,23%	1,68%	3,75%	2,49%	5,29%	2,21%	4,51%	3,60%	5,75%	4,30%	
	(31) Couro e Borracha	2,80%	2,65%	3,40%	1,88%	1,25%	1,01%	3,48%	1,41%	2,39%	3,12%	2,34%	
	(32) Restos	9,70%	10,27%	7,60%	11,21%	6,64%	9,00%	9,49%	9,52%	9,71%	9,95%	9,31%	
TOTAL		100,00%											

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela B.2 - Resultado da análise gravimétrica dos setores de coleta 01-03 a 02-14 – base úmida

Classes	Tipo de Resíduo	01-03	01-15	01-21	01-27	01-35	01-41	01-45	02-04	02-08	02-10	02-14	02-20
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares	25,42%	14,73%	42,10%	36,58%	27,67%	25,48%	19,21%	21,14%	29,99%	28,80%	30,68%	33,59%
	(2) Resíduos de jardim	7,79%	18,08%	4,88%	5,68%	7,47%	13,64%	13,90%	8,52%	3,34%	3,08%	5,40%	4,65%
	(3) Madeira	1,34%	1,53%	0,06%	0,75%	1,94%	0,57%	0,09%	1,30%	5,80%	0,47%	0,49%	1,02%
	(4) Dejetos Animais	0,32%	0,26%	0,67%	3,54%	1,66%	0,83%	1,97%	0,82%	0,63%	1,66%	0,72%	0,80%
Papel/cartão	(5) Papel	1,39%	1,33%	3,39%	2,67%	0,34%	4,17%	5,47%	4,30%	0,55%	4,43%	1,69%	1,50%
	(6) Papelão	6,42%	4,63%	5,12%	4,53%	8,95%	6,99%	4,43%	6,01%	6,71%	5,43%	4,01%	4,24%
	(7) Jornal/revista/panfletos	2,90%	1,49%	1,68%	1,52%	1,20%	2,83%	0,99%	1,62%	0,53%	2,14%	1,49%	2,76%
Plástico	(8) PET	2,17%	1,57%	1,56%	2,03%	2,67%	1,70%	1,70%	1,96%	2,95%	1,69%	1,25%	1,54%
	(9) PEAD	1,97%	1,46%	3,35%	1,14%	0,83%	2,01%	1,62%	1,33%	1,81%	1,03%	0,73%	1,16%
	(10) PVC	1,97%	0,62%	0,63%	0,58%	0,37%	0,58%	0,57%	1,65%	2,26%	1,04%	0,47%	0,61%
	(11) PP	0,83%	0,73%	0,94%	0,66%	0,92%	0,53%	0,49%	0,80%	0,89%	0,44%	0,56%	0,65%
	(12) PEBD	6,26%	6,59%	5,48%	4,29%	6,47%	4,10%	3,36%	5,26%	5,15%	4,32%	5,91%	6,14%
	(13) PS	0,77%	0,66%	1,16%	1,12%	0,74%	0,60%	0,57%	0,59%	0,94%	0,36%	0,41%	0,75%
	(14) Outros plásticos	3,43%	3,22%	3,90%	4,57%	2,13%	4,24%	3,82%	4,39%	2,77%	3,40%	4,50%	3,63%
Vidro	(15) Resíduos de embalagens de vidro	2,95%	1,63%	1,27%	3,02%	10,33%	4,73%	4,24%	1,57%	4,20%	3,04%	2,29%	3,91%
	(16) Outros resíduos de vidro	0,63%	0,24%	0,06%	0,09%	0,00%	0,00%	0,14%	0,26%	0,54%	0,00%	0,17%	0,00%
Compostos	(17) Resíduos compostos	1,71%	0,49%	0,85%	0,50%	0,09%	0,22%	0,09%	1,36%	1,19%	0,30%	0,44%	0,64%
	(18) Tetra Pak®	1,20%	0,25%	0,75%	0,71%	0,72%	1,25%	0,49%	0,62%	0,56%	0,45%	0,41%	0,47%
	(19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos	2,75%	0,63%	0,67%	0,63%	0,28%	0,91%	1,10%	0,52%	0,75%	1,82%	0,54%	0,46%
Têxteis	(20) Resíduos têxteis	2,56%	7,43%	3,33%	2,97%	2,58%	4,65%	5,55%	7,54%	4,12%	9,61%	5,18%	6,31%
Sanitários	(21) Sanitários	4,82%	7,50%	4,50%	6,91%	6,46%	7,55%	10,24%	6,35%	4,55%	6,27%	7,15%	8,07%
Metais	(22) Cobre	0,11%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,07%	0,05%	0,05%	0,00%	0,23%
	(23) Ferro	1,77%	1,85%	0,68%	1,03%	0,92%	0,93%	1,03%	1,37%	1,46%	0,94%	0,96%	1,08%
	(24) Alumínio	0,60%	0,25%	0,59%	0,60%	0,37%	0,99%	0,66%	0,64%	0,63%	0,27%	0,32%	0,49%
Resíduos perigosos	(25) Pilhas e acumuladores	0,08%	0,00%	0,03%	0,06%	0,14%	0,06%	0,09%	0,06%	0,22%	0,08%	0,06%	0,04%
	(26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo	0,08%	0,00%	0,03%	0,00%	0,09%	0,00%	0,09%	0,05%	0,05%	0,03%	0,03%	0,11%
	(27) Contaminantes	0,03%	0,06%	1,24%	0,03%	0,00%	0,13%	0,16%	0,38%	0,10%	0,03%	0,08%	0,18%
	(28) Outros resíduos perigosos	0,48%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	0,24%	0,00%	0,00%	0,09%
Outros resíduos	(29) Isopor	0,12%	0,24%	0,03%	0,04%	0,00%	0,06%	0,00%	0,02%	0,14%	0,00%	0,00%	0,10%
	(30) Minerais não metálicos	3,79%	8,27%	2,62%	3,52%	4,52%	1,21%	6,20%	7,44%	4,20%	6,37%	8,99%	2,32%
	(31) Couro e Borracha	1,02%	2,87%	2,40%	2,34%	1,66%	1,69%	2,42%	1,29%	3,50%	3,83%	3,15%	3,52%
	(32) Restos	12,29%	11,26%	6,02%	7,88%	8,48%	7,29%	9,28%	10,69%	9,17%	8,59%	11,95%	8,95%
TOTAL		100,00%											

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela B.3 - Resultado da análise gravimétrica dos setores de coleta 02-26 a 04-18 – base úmida

Classes	Tipo de Resíduo	02-26	02-30	02-36	03-01	03-05	03-09	03-15	03-17	03-21	04-06	04-16	04-18
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares	34,62%	34,93%	24,58%	13,17%	20,51%	37,99%	18,17%	24,97%	22,80%	31,25%	25,02%	24,41%
	(2) Resíduos de jardim	5,70%	8,88%	12,65%	6,38%	12,77%	4,44%	10,20%	7,20%	11,80%	7,84%	4,99%	5,33%
	(3) Madeira	0,42%	0,72%	1,06%	0,30%	0,43%	0,91%	0,65%	1,52%	0,93%	1,09%	1,12%	0,97%
	(4) Dejetos Animais	2,29%	0,22%	3,71%	1,33%	1,60%	0,00%	0,54%	1,19%	0,00%	0,00%	0,67%	0,13%
Papel/cartão	(5) Papel	2,44%	2,94%	4,90%	8,38%	1,61%	1,99%	4,50%	4,54%	4,78%	3,39%	4,26%	7,63%
	(6) Papelão	5,44%	4,46%	5,81%	5,76%	4,99%	5,21%	4,58%	5,35%	3,97%	8,25%	4,70%	6,72%
	(7) Jornal/revista/panfletos	2,04%	0,77%	0,98%	2,05%	2,01%	1,72%	4,05%	1,41%	1,76%	4,46%	2,69%	3,41%
Plástico	(8) PET	0,92%	1,13%	1,14%	1,44%	2,10%	1,26%	0,91%	1,89%	1,53%	1,65%	1,92%	1,23%
	(9) PEAD	0,84%	1,13%	1,12%	1,80%	2,20%	0,86%	1,18%	0,77%	0,62%	1,68%	1,37%	1,25%
	(10) PVC	0,91%	0,54%	0,62%	1,44%	1,64%	0,72%	0,73%	0,83%	1,55%	0,59%	1,61%	1,08%
	(11) PP	0,70%	0,85%	0,50%	0,50%	0,71%	0,83%	0,56%	1,04%	0,29%	0,59%	0,77%	2,77%
	(12) PEBD	5,88%	5,00%	4,27%	4,44%	3,46%	4,64%	5,04%	4,84%	4,09%	3,86%	3,57%	5,03%
	(13) PS	0,79%	0,69%	0,94%	0,61%	0,84%	0,44%	0,73%	1,57%	0,53%	0,88%	0,81%	0,95%
(14) Outros plásticos	5,72%	5,13%	3,60%	4,14%	3,71%	3,34%	8,32%	5,70%	6,67%	4,25%	3,10%	3,48%	
Vidro	(15) Resíduos de embalagens de vidro	2,71%	1,93%	1,17%	1,75%	1,67%	2,21%	1,68%	2,84%	0,80%	5,59%	7,82%	2,93%
	(16) Outros resíduos de vidro	0,21%	0,10%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,30%	0,12%	0,05%	0,69%	0,23%
Compósitos	(17) Resíduos compósitos	0,23%	0,19%	0,97%	0,20%	0,58%	1,64%	0,33%	0,57%	0,33%	0,15%	0,89%	0,71%
	(18) Tetra Pak®	0,48%	0,54%	0,69%	0,40%	0,30%	0,46%	0,79%	0,85%	0,29%	0,95%	1,52%	0,57%
	(19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos	0,10%	0,54%	0,79%	0,00%	0,38%	0,11%	0,19%	0,14%	0,96%	0,85%	1,00%	0,42%
Têxteis	(20) Resíduos têxteis	6,82%	4,19%	3,08%	8,61%	4,29%	8,29%	2,59%	2,63%	10,16%	3,11%	2,74%	3,21%
Sanitários	(21) Sanitários	5,05%	8,06%	5,49%	6,53%	4,80%	4,90%	6,35%	5,43%	5,09%	7,86%	8,01%	8,34%
Metais	(22) Cobre	0,00%	0,06%	0,18%	0,05%	0,00%	0,14%	0,42%	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,03%
	(23) Ferro	1,17%	0,89%	1,06%	1,38%	1,42%	0,39%	1,36%	1,26%	2,67%	4,16%	2,51%	1,69%
	(24) Alumínio	0,36%	0,32%	0,27%	0,76%	0,78%	0,59%	0,48%	0,72%	0,57%	0,82%	0,48%	0,84%
Resíduos perigosos	(25) Pilhas e acumuladores	0,04%	0,06%	0,07%	0,04%	0,10%	0,06%	0,04%	0,00%	0,10%	0,25%	0,10%	0,06%
	(26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo	0,06%	0,03%	0,03%	0,05%	0,00%	0,06%	0,11%	0,08%	0,00%	0,05%	0,06%	0,00%
	(27) Contaminantes	0,04%	0,05%	0,14%	0,47%	0,10%	0,11%	0,00%	0,05%	0,15%	0,11%	0,06%	0,10%
	(28) Outros resíduos perigosos	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%
Outros resíduos	(29) Isopor	0,24%	0,06%	0,15%	0,00%	0,05%	0,06%	0,00%	0,06%	0,09%	0,00%	0,10%	0,17%
	(30) Minerais não metálicos	5,23%	2,09%	3,97%	10,36%	8,49%	5,99%	8,52%	4,82%	3,67%	1,73%	3,24%	5,49%
	(31) Couro e Borracha	1,80%	3,45%	4,62%	4,18%	2,07%	3,38%	3,80%	4,14%	2,30%	0,40%	1,75%	1,13%
	(32) Restos	6,74%	10,04%	11,43%	13,25%	16,40%	7,27%	13,19%	13,31%	11,39%	4,14%	12,28%	9,63%
TOTAL		100,00%											

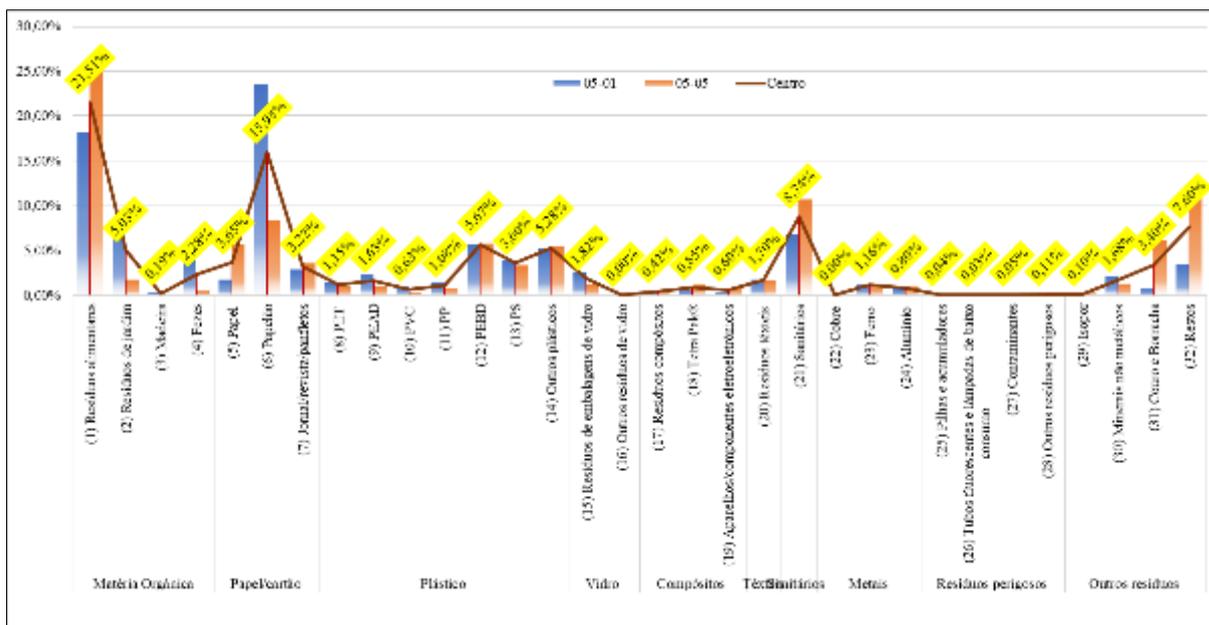
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela B.4 - Resultado da análise gravimétrica dos setores de coleta 04-20 a 04 – base úmida

Classes	Tipo de Resíduo	04-20	04-22	04-26	04-30	04-32	05-01	05-05	Final	Final
Matéria Orgânica	(1) Resíduos alimentares	22,37%	16,02%	25,08%	15,05%	21,38%	18,24%	24,79%	25,51%	35,94%
	(2) Resíduos de jardim	11,23%	15,29%	10,71%	11,96%	6,98%	8,33%	1,74%	8,41%	
	(3) Madeira	0,72%	0,40%	0,00%	1,13%	0,13%	0,26%	0,11%	0,91%	
	(4) Dejetos Animais	0,03%	0,86%	1,66%	0,66%	0,87%	4,10%	0,47%	1,10%	
Papel/cartão	(5) Papel	2,49%	7,19%	3,97%	7,34%	5,21%	1,72%	5,57%	3,74%	12,39%
	(6) Papelão	4,73%	6,05%	3,15%	5,58%	9,74%	23,53%	8,43%	6,26%	
	(7) Jornal/revista/panfletos	5,20%	2,40%	6,02%	1,75%	3,65%	2,91%	3,53%	2,39%	
Plástico	(8) PET	2,71%	1,19%	1,48%	0,80%	1,73%	1,35%	0,95%	1,62%	15,02%
	(9) PEAD	1,54%	1,41%	0,86%	0,72%	0,86%	2,38%	0,89%	1,35%	
	(10) PVC	0,64%	0,59%	0,88%	0,68%	1,50%	0,93%	0,34%	0,94%	
	(11) PP	0,68%	1,26%	1,09%	0,54%	1,76%	1,34%	0,83%	0,84%	
	(12) PEBD	4,56%	4,22%	5,97%	4,89%	3,65%	5,58%	5,76%	4,91%	
	(13) PS	0,85%	1,18%	1,31%	1,70%	1,76%	3,83%	3,36%	1,05%	
Vidro	(14) Outros plásticos	5,47%	3,76%	2,95%	5,82%	4,16%	5,18%	5,37%	4,32%	3,51%
	(15) Resíduos de embalagens de vidro	3,89%	6,25%	4,29%	5,77%	3,98%	2,51%	1,14%	3,36%	
Compósitos	(16) Outros resíduos de vidro	0,65%	0,00%	0,00%	0,11%	0,09%	0,00%	0,00%	0,16%	2,25%
	(17) Resíduos compósitos	1,89%	1,42%	0,47%	0,15%	2,49%	0,26%	0,57%	0,71%	
	(18) Tetra Pak®	0,94%	1,74%	0,44%	1,03%	1,18%	0,48%	1,21%	0,73%	
Têxteis	(19) Aparelhos/componentes eletroeletrônicos	0,75%	1,97%	0,42%	1,22%	2,84%	0,40%	0,81%	0,80%	4,90%
	(20) Resíduos têxteis	3,95%	2,83%	12,29%	2,28%	5,61%	1,77%	1,63%	4,90%	
Sanitários	(21) Sanitários	7,87%	8,98%	7,09%	12,36%	8,24%	6,81%	10,67%	7,04%	7,04%
	(22) Cobre	0,03%	0,00%	0,00%	0,05%	0,58%	0,00%	0,00%	0,08%	
Metais	(23) Ferro	1,26%	1,41%	0,77%	1,05%	1,97%	1,19%	1,13%	1,38%	2,05%
	(24) Alumínio	0,76%	0,98%	0,67%	0,56%	0,61%	0,66%	0,93%	0,60%	
	(25) Pilhas e acumuladores	0,03%	0,12%	0,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,07%	
Resíduos perigosos	(26) Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo	0,12%	0,18%	0,00%	0,05%	0,13%	0,00%	0,06%	0,05%	0,32%
	(27) Contaminantes	0,18%	0,15%	0,17%	0,34%	0,11%	0,00%	0,10%	0,16%	
	(28) Outros resíduos perigosos	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,21%	0,04%	
Outros resíduos	(29) Isopor	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,19%	0,07%	16,58%
	(30) Minerais não metálicos	5,09%	3,27%	2,99%	4,25%	2,54%	2,10%	1,27%	4,66%	
	(31) Couro e Borracha	0,89%	0,71%	0,57%	2,02%	2,82%	0,71%	6,09%	2,47%	
	(32) Restos	8,36%	8,13%	4,63%	10,14%	3,43%	3,44%	11,76%	9,38%	
TOTAL		100,00%								

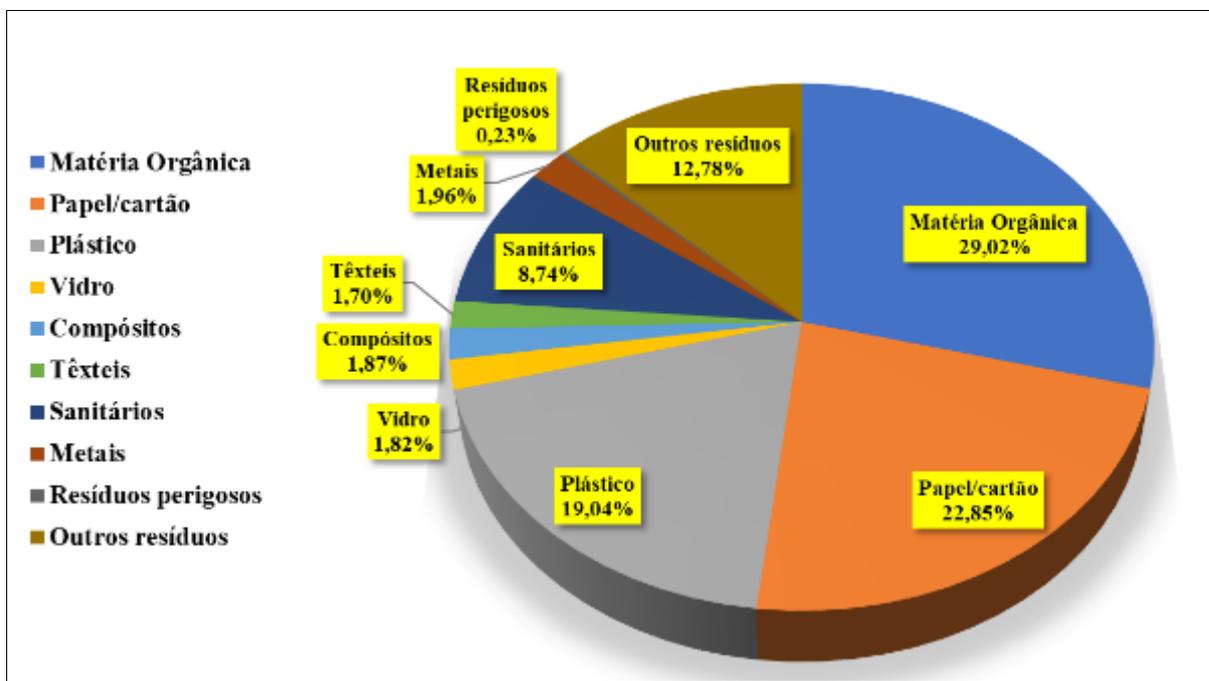
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.1 - Composição Gravimétrica da Subzona Centro – base úmida



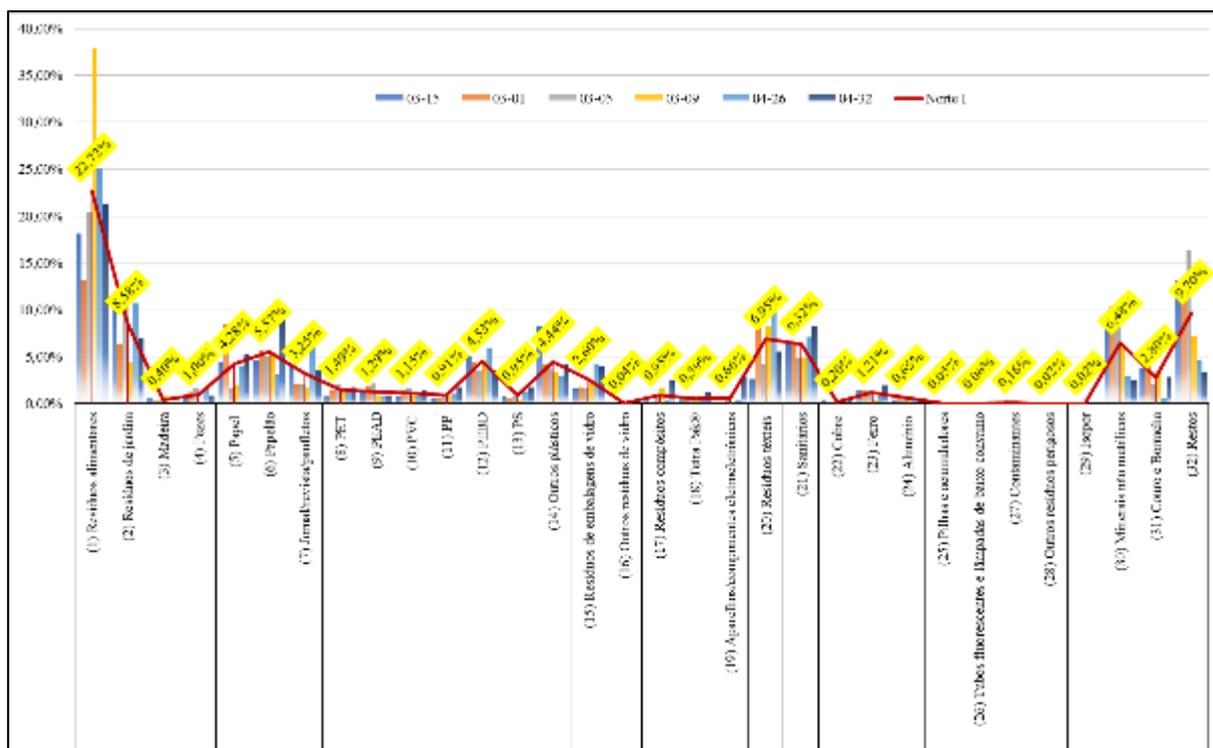
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.2 - Classes principais de resíduos da Subzona Centro – base úmida



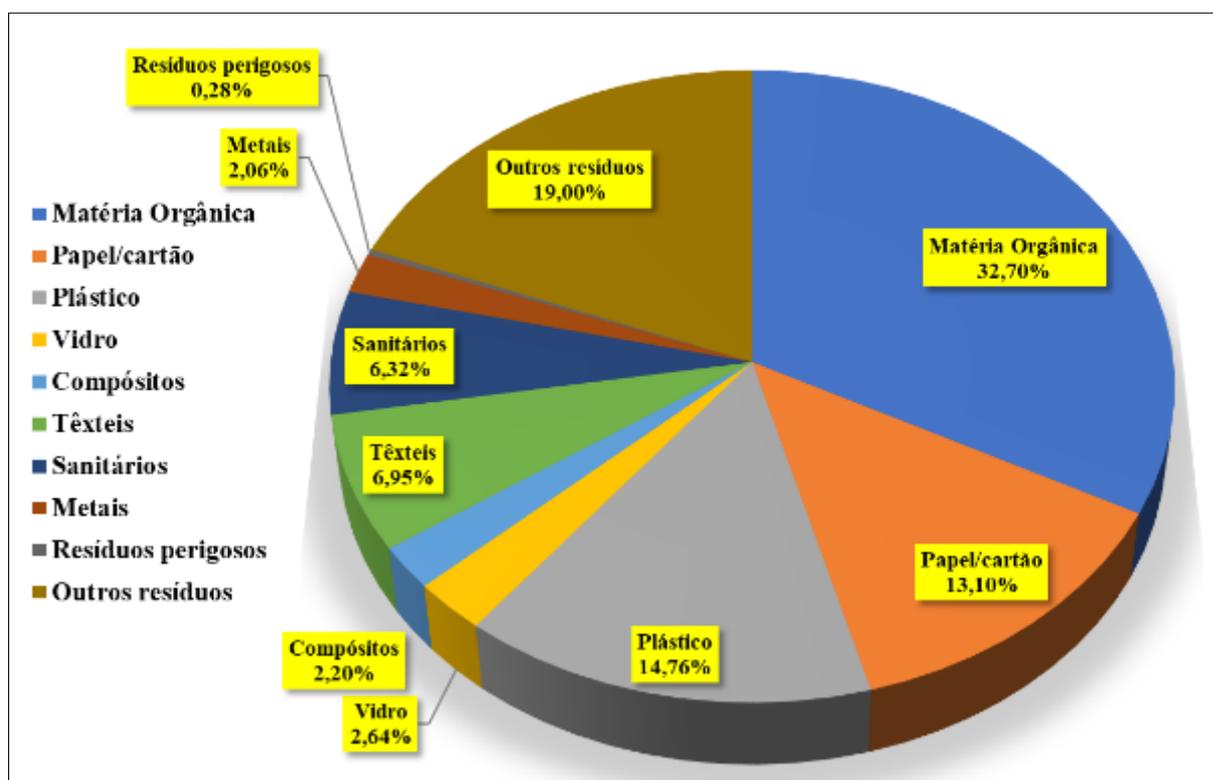
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.3 - Composição Gravimétrica da Subzona Norte I – base úmida



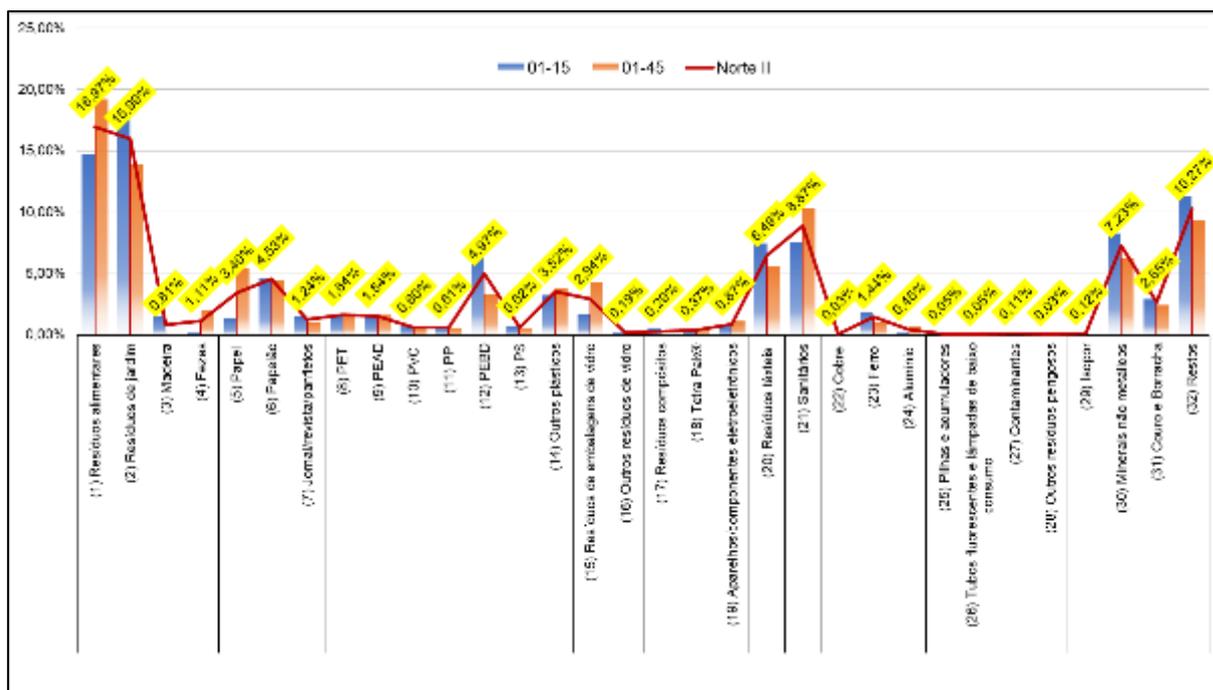
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.4 - Classes principais de resíduos da Subzona Norte I – base úmida



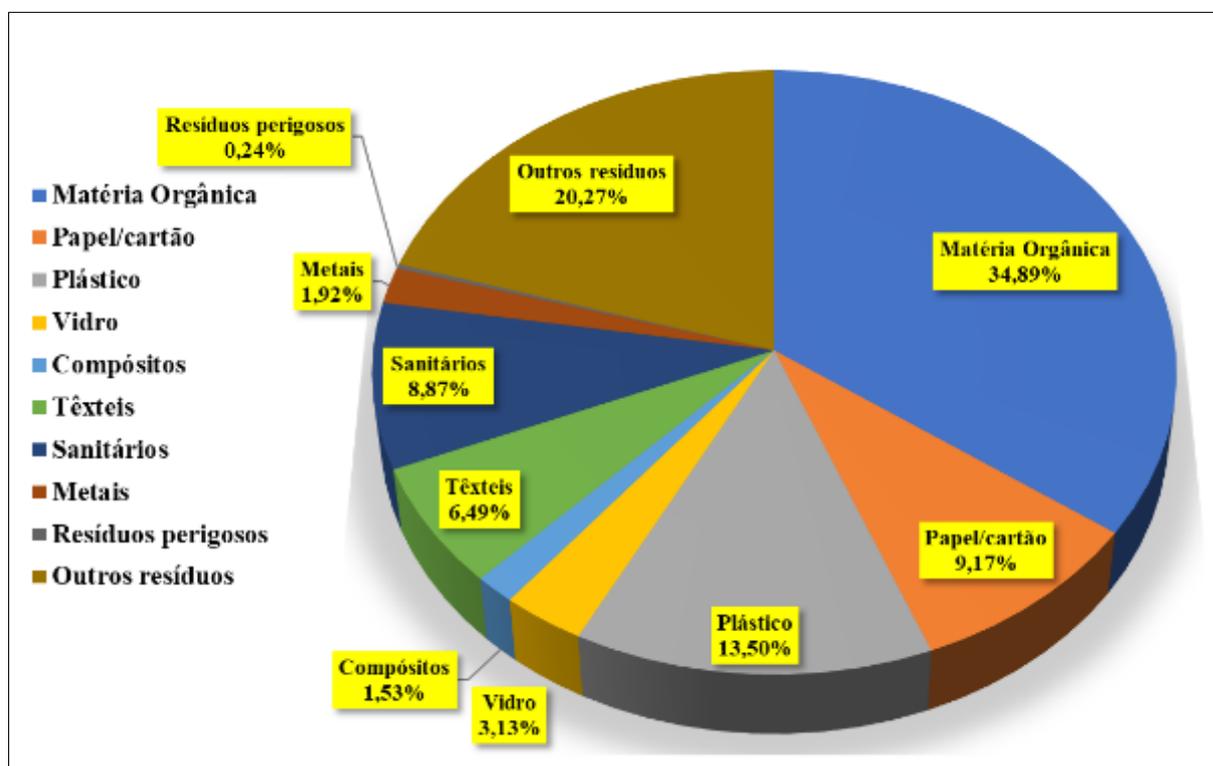
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.5 - Composição Gravimétrica da Subzona Norte II – base úmida



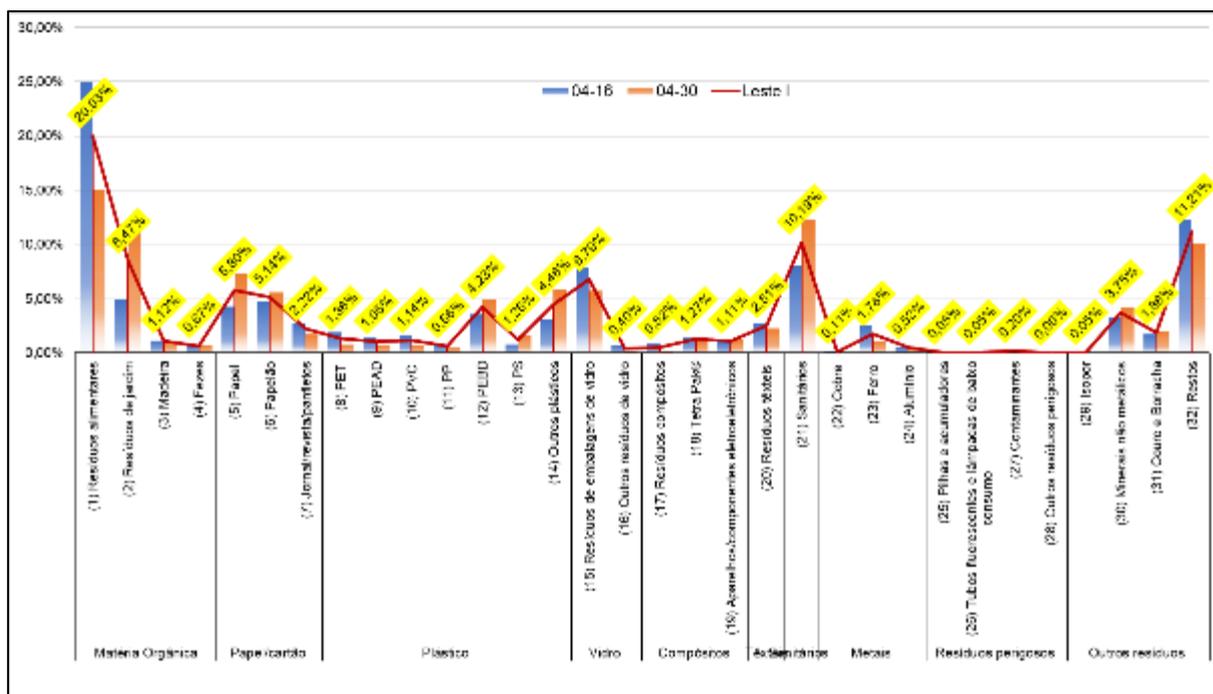
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.6 - Classes principais de resíduos da Subzona Norte II – base úmida



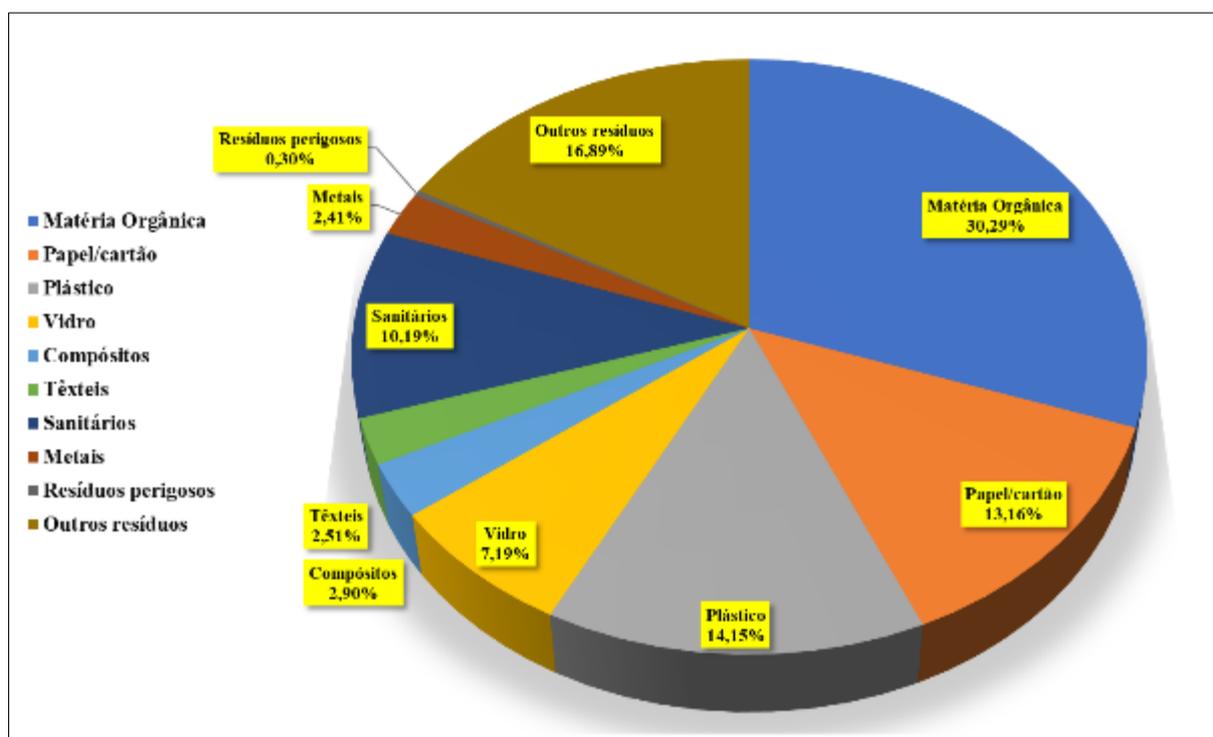
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.7 - Composição Gravimétrica da Subzona Leste I – base úmida



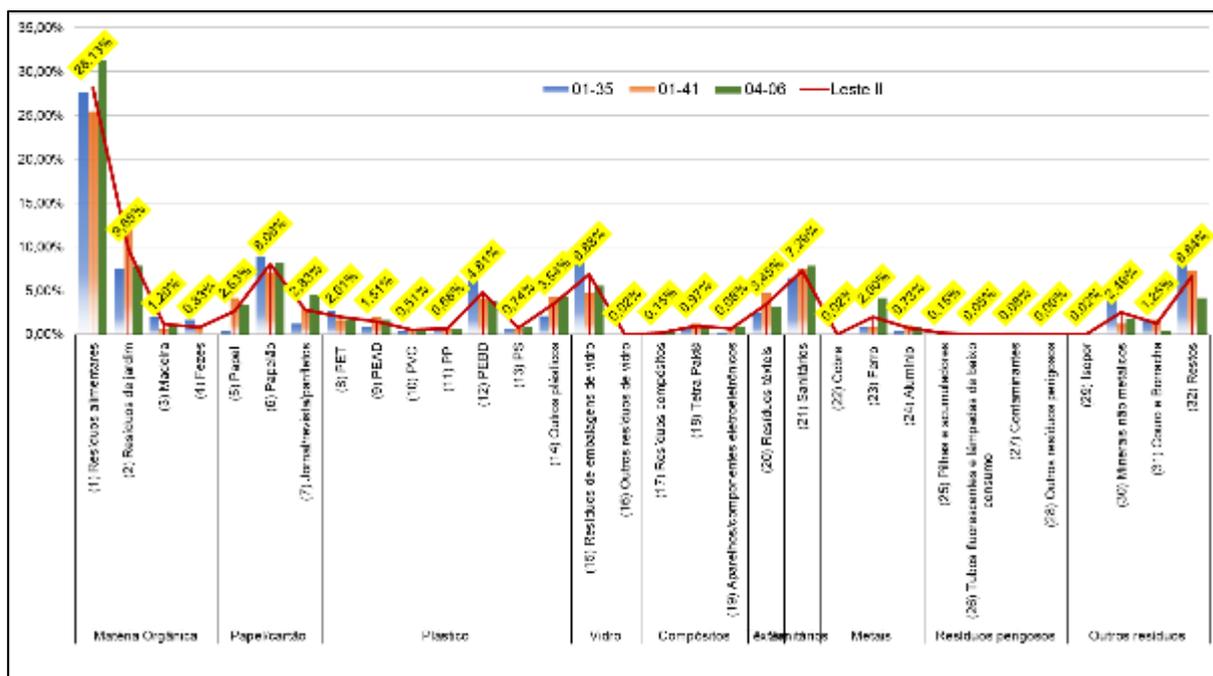
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.8 - Classes principais de resíduos da Subzona Leste I – base úmida



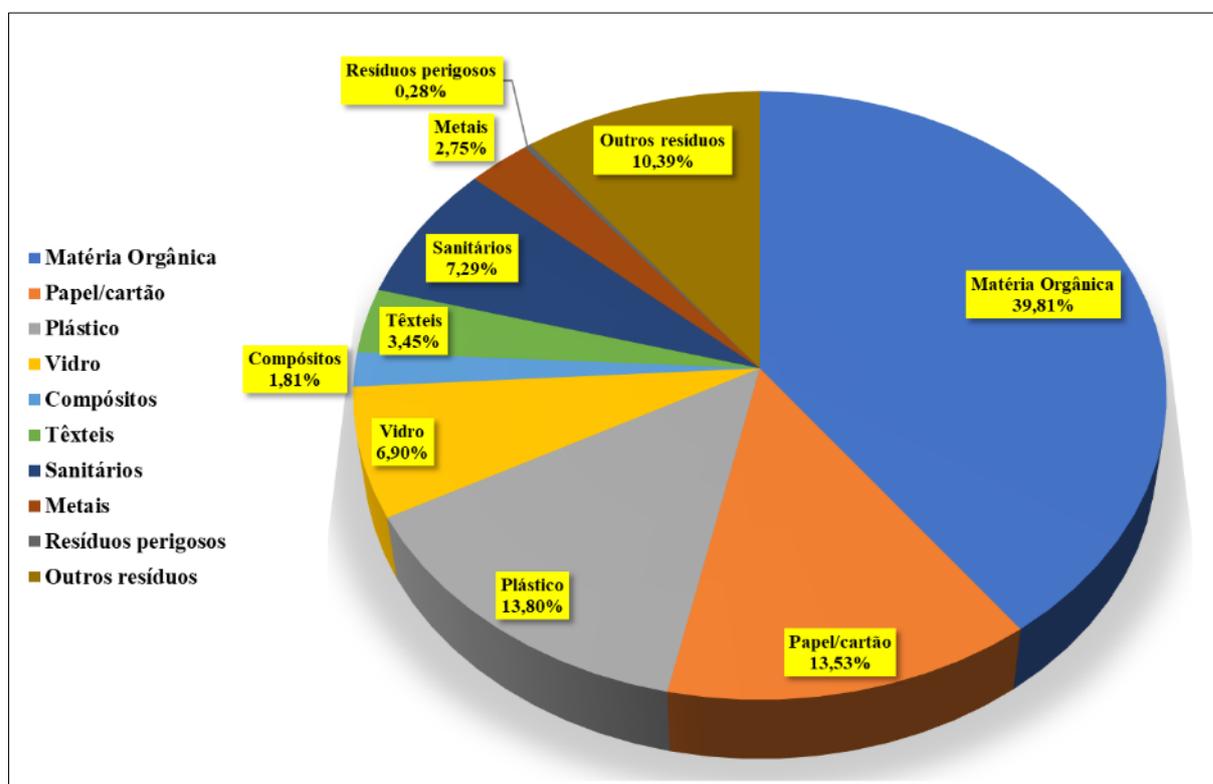
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.9 - Composição Gravimétrica da Subzona Leste II – base úmida



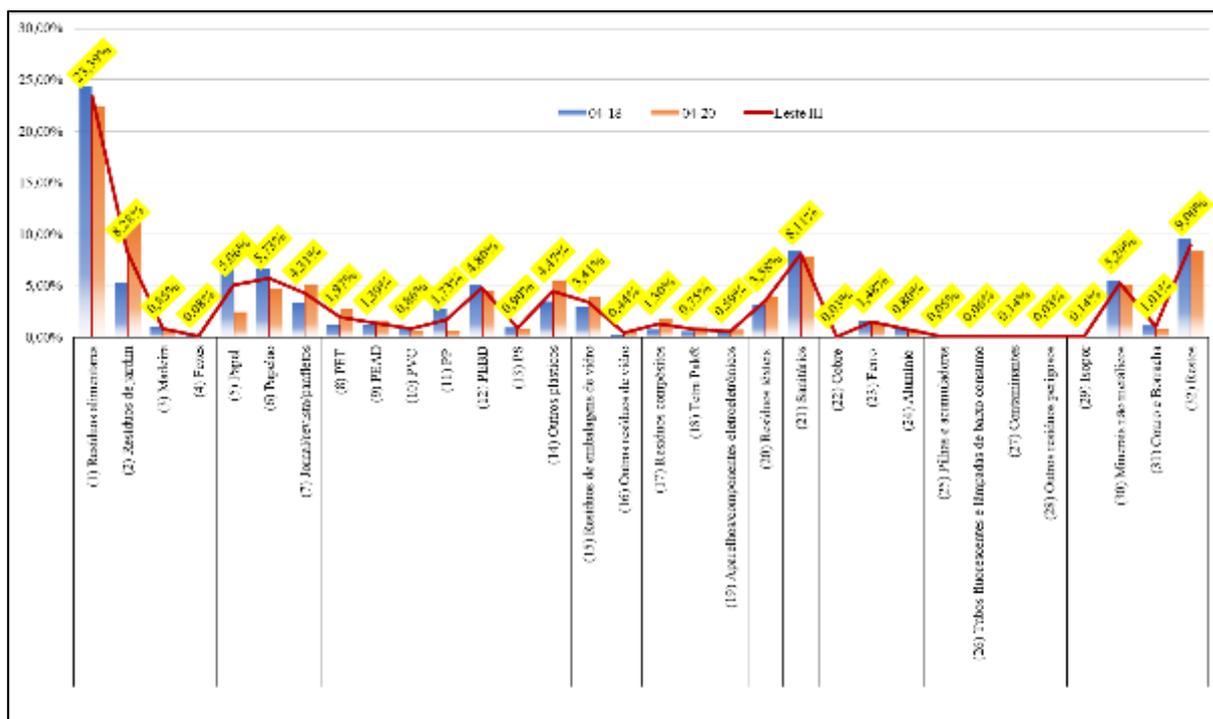
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.10 - Classes principais de resíduos da Subzona Leste II – base úmida



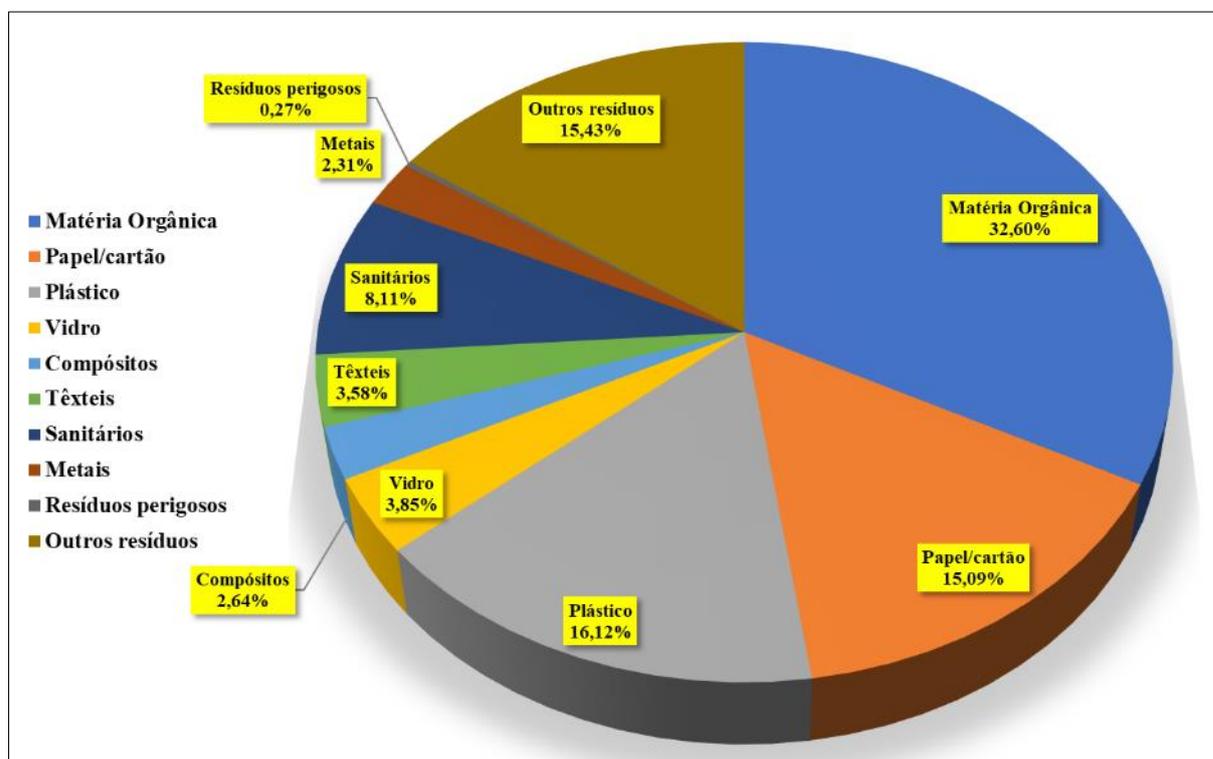
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.11 - Composição Gravimétrica da Subzona Leste III – base úmida



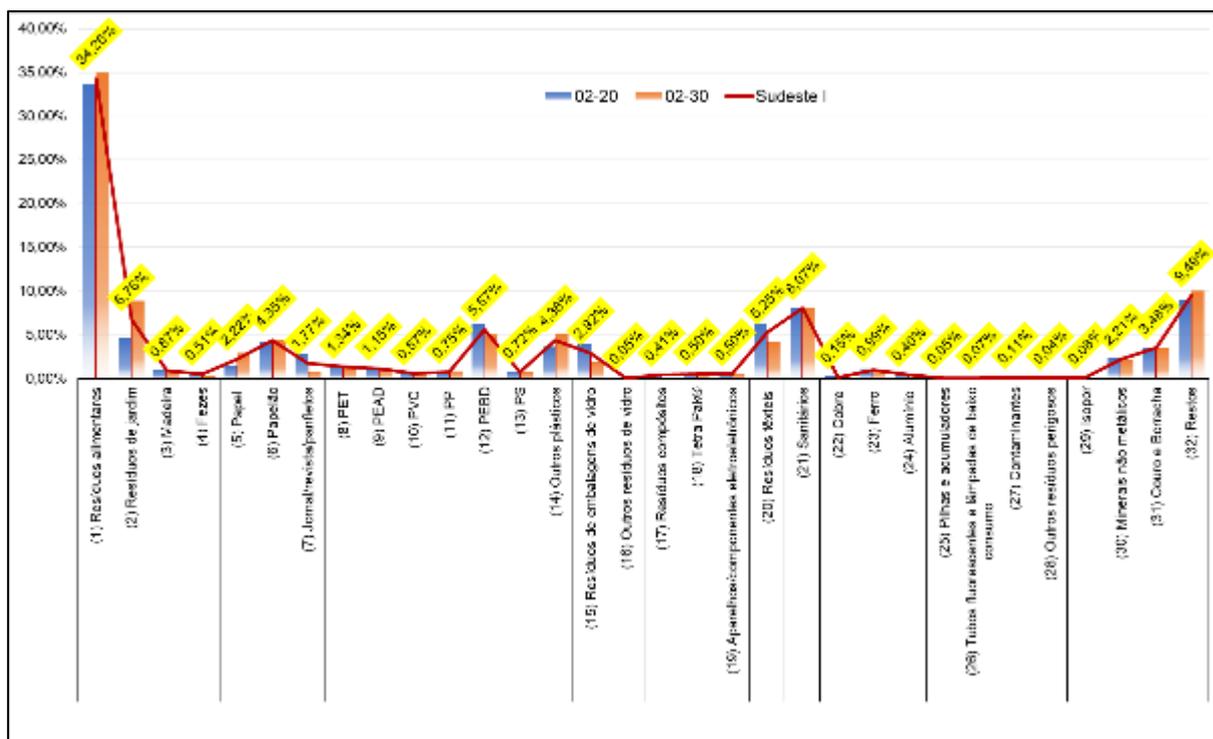
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.12 - Classes principais de resíduos da Subzona Leste III – base úmida



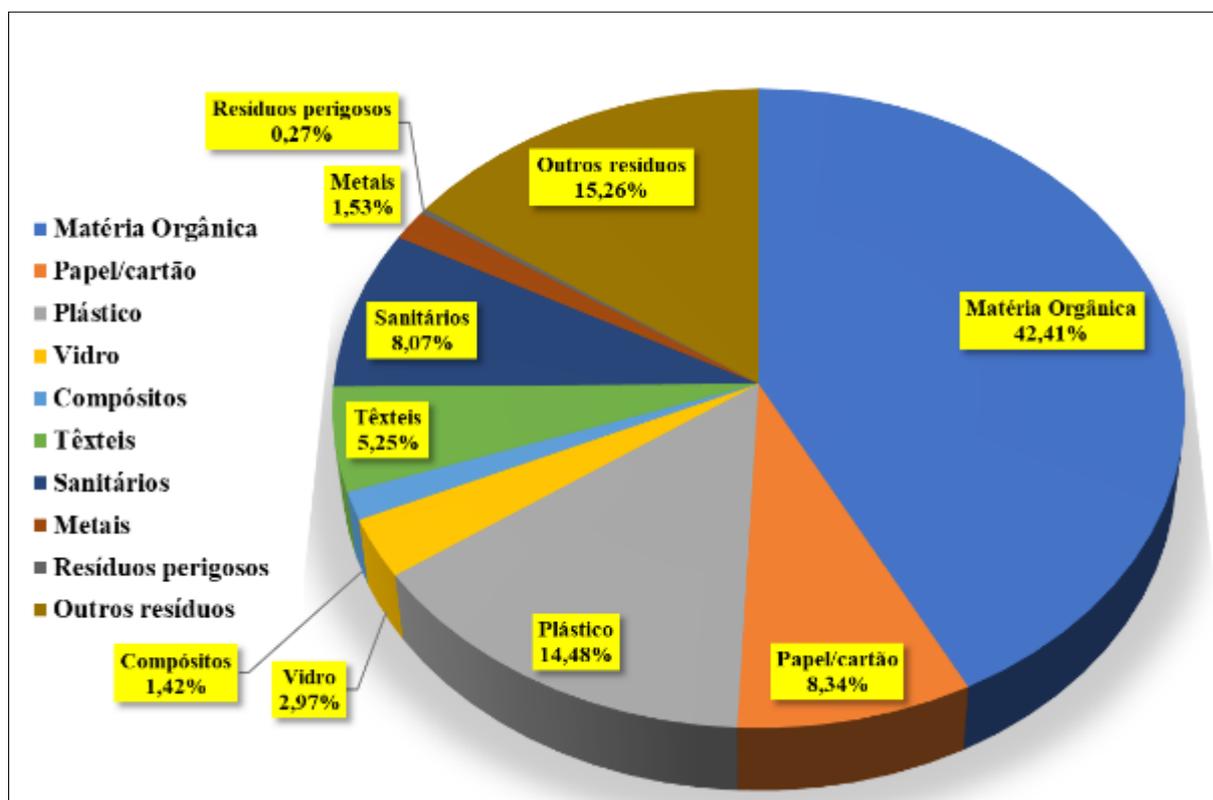
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.13 - Composição Gravimétrica da Subzona Sudeste I – base úmida



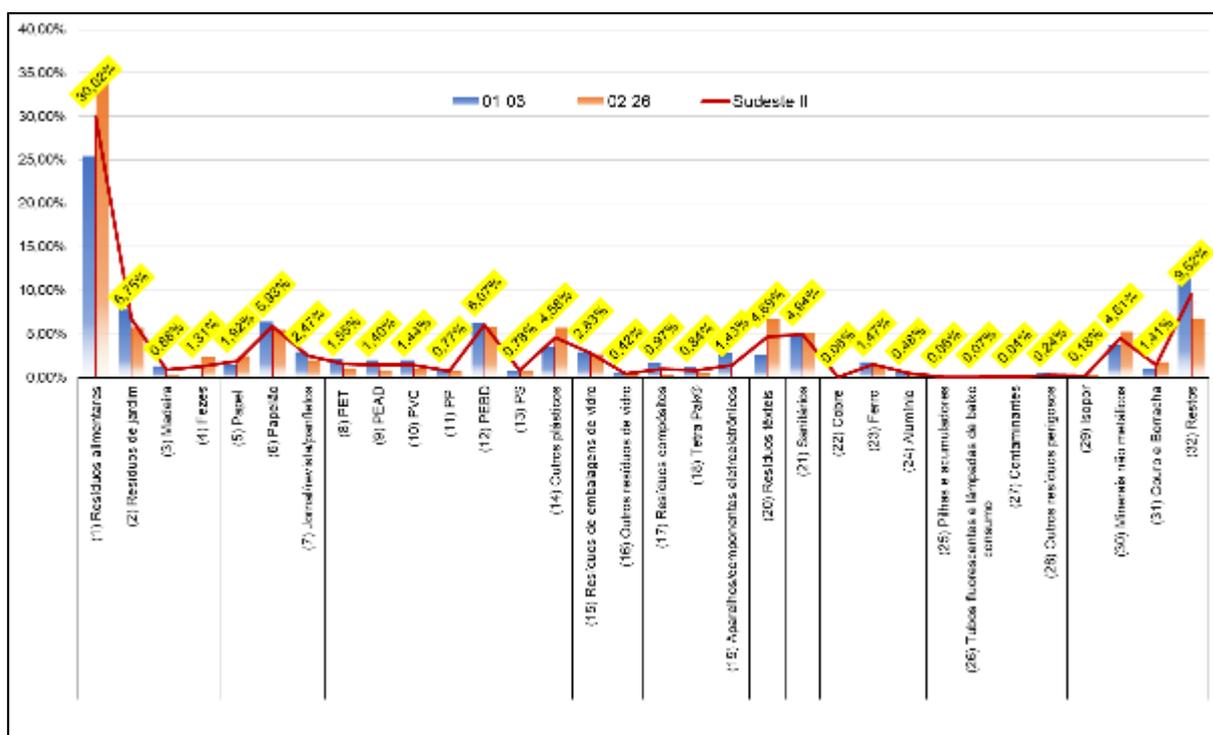
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.14 - Classes principais de resíduos da Subzona Sudeste I – base úmida



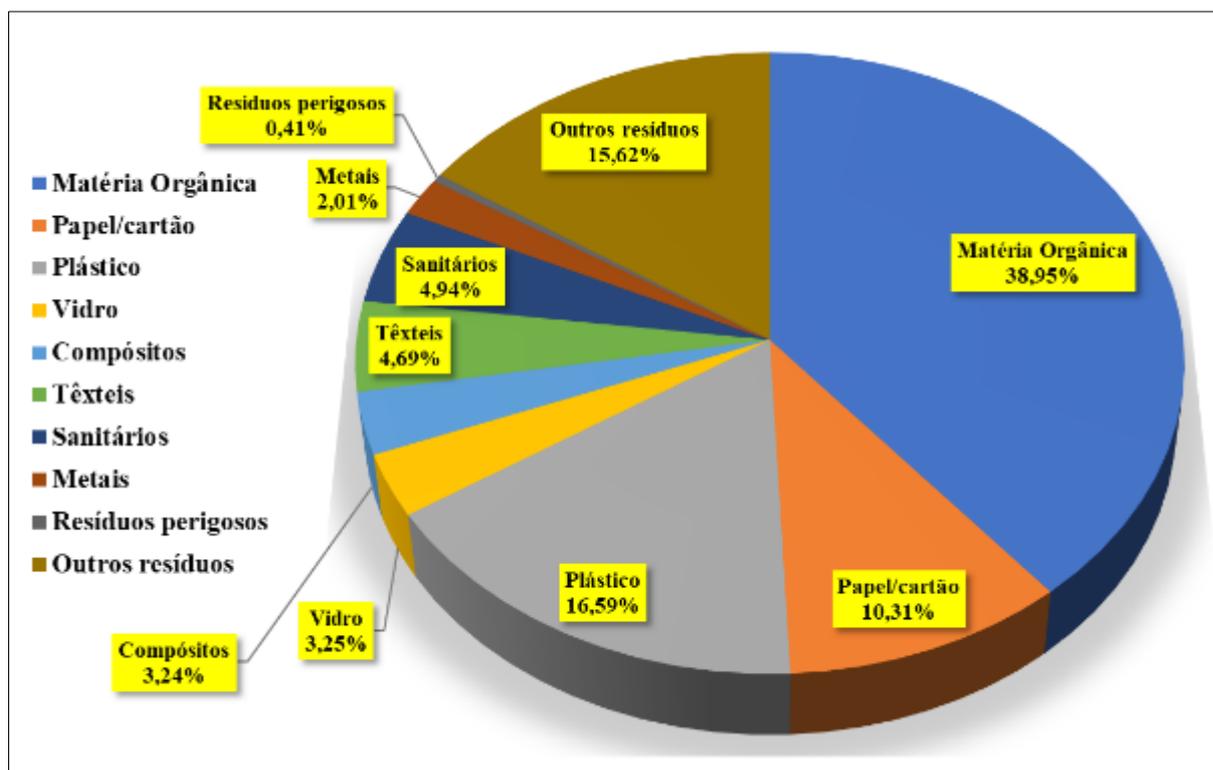
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.15 - Composição Gravimétrica da Subzona Sudeste II – base úmida



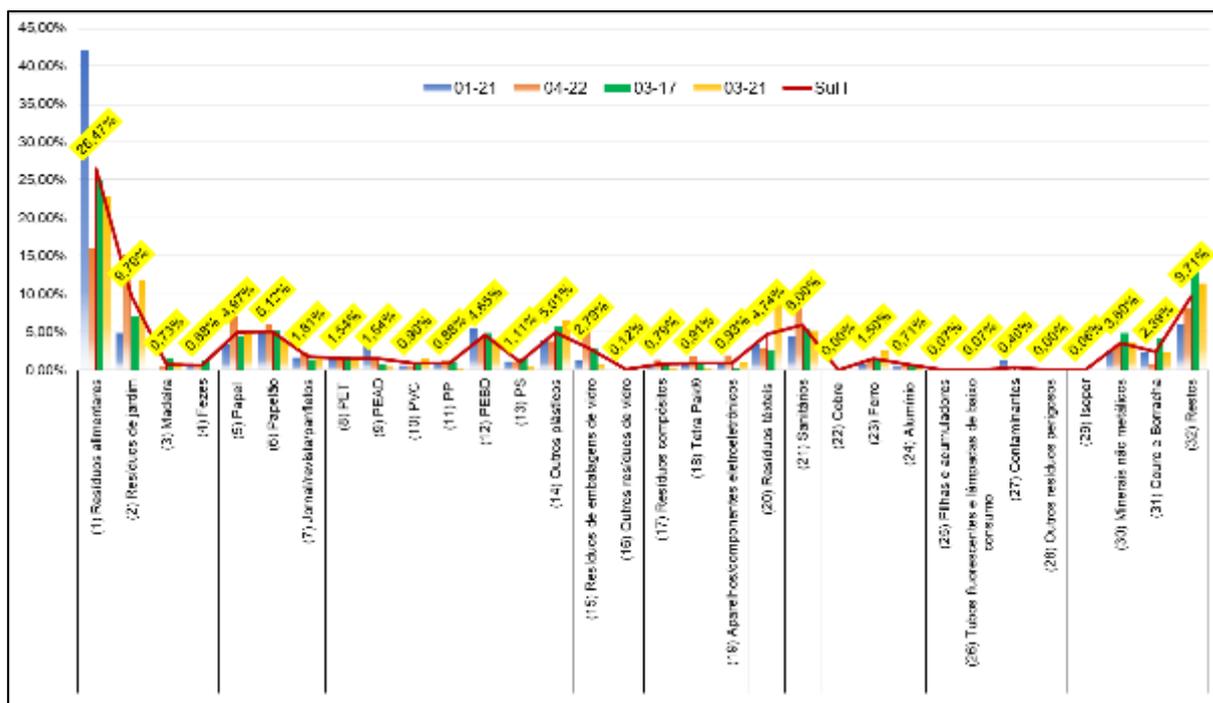
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.16 - Classes principais de resíduos da Subzona Sudeste II – base úmida



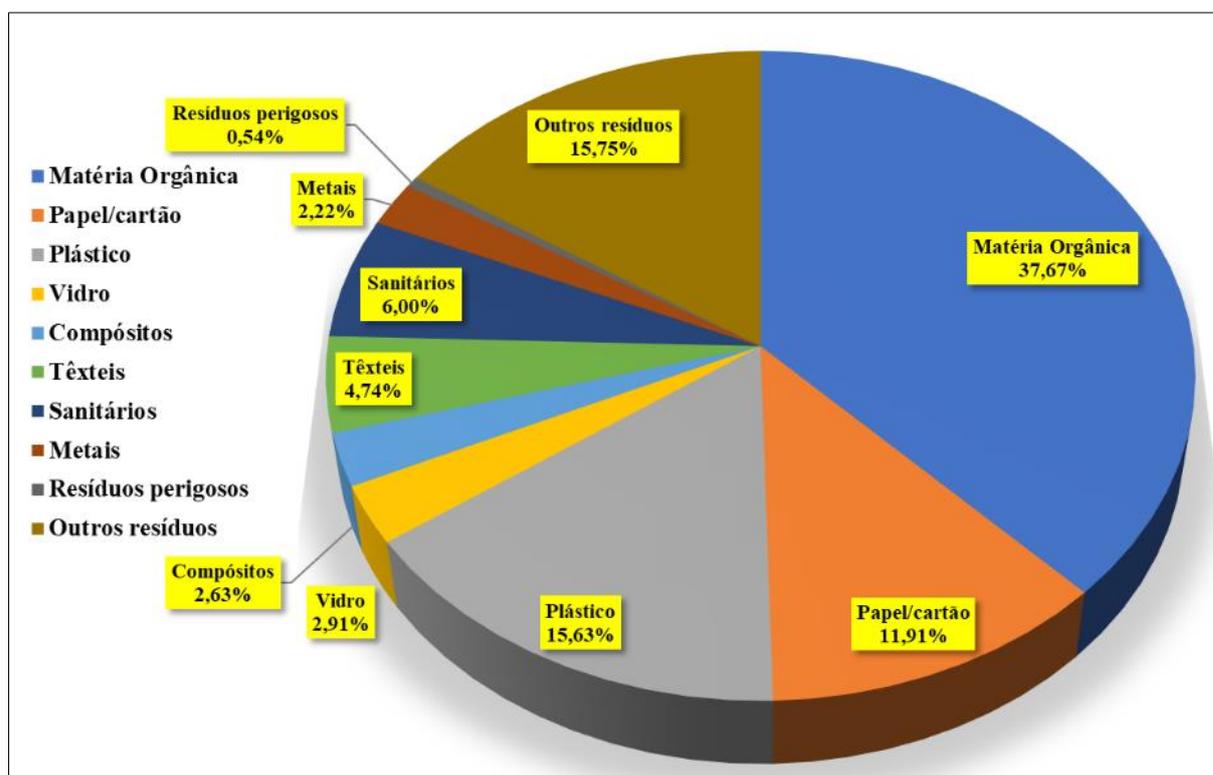
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.17 - Composição Gravimétrica da Subzona Sul I – base úmida



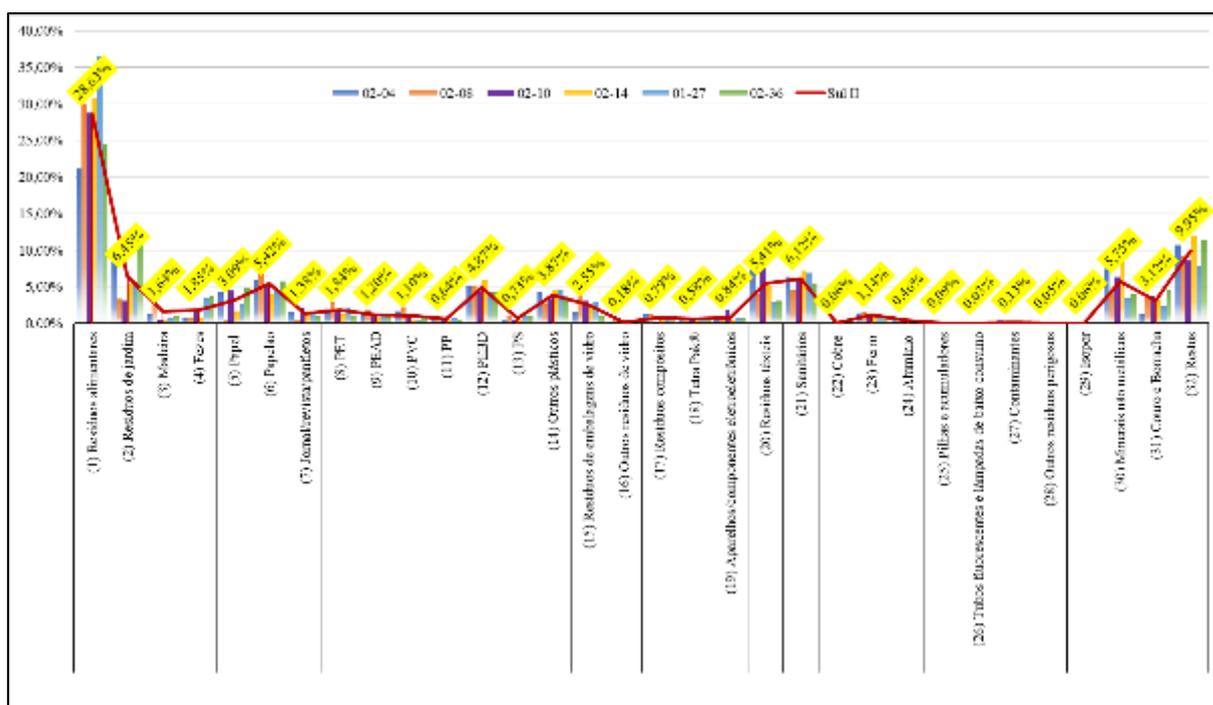
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.18 - Classes principais de resíduos da Subzona Sudeste II – base úmida



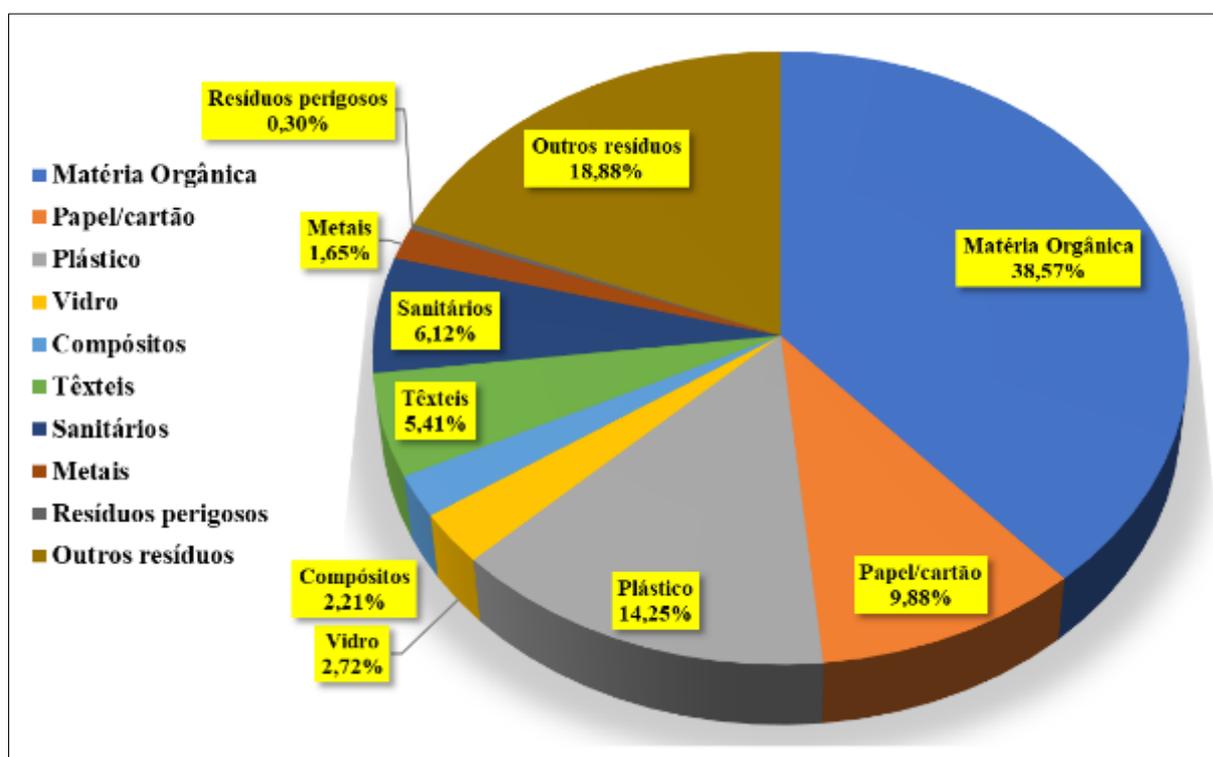
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura B.19 - Composição Gravimétrica da Subzona Sul II – base úmida



Fonte: Elaborado pelo Autor.

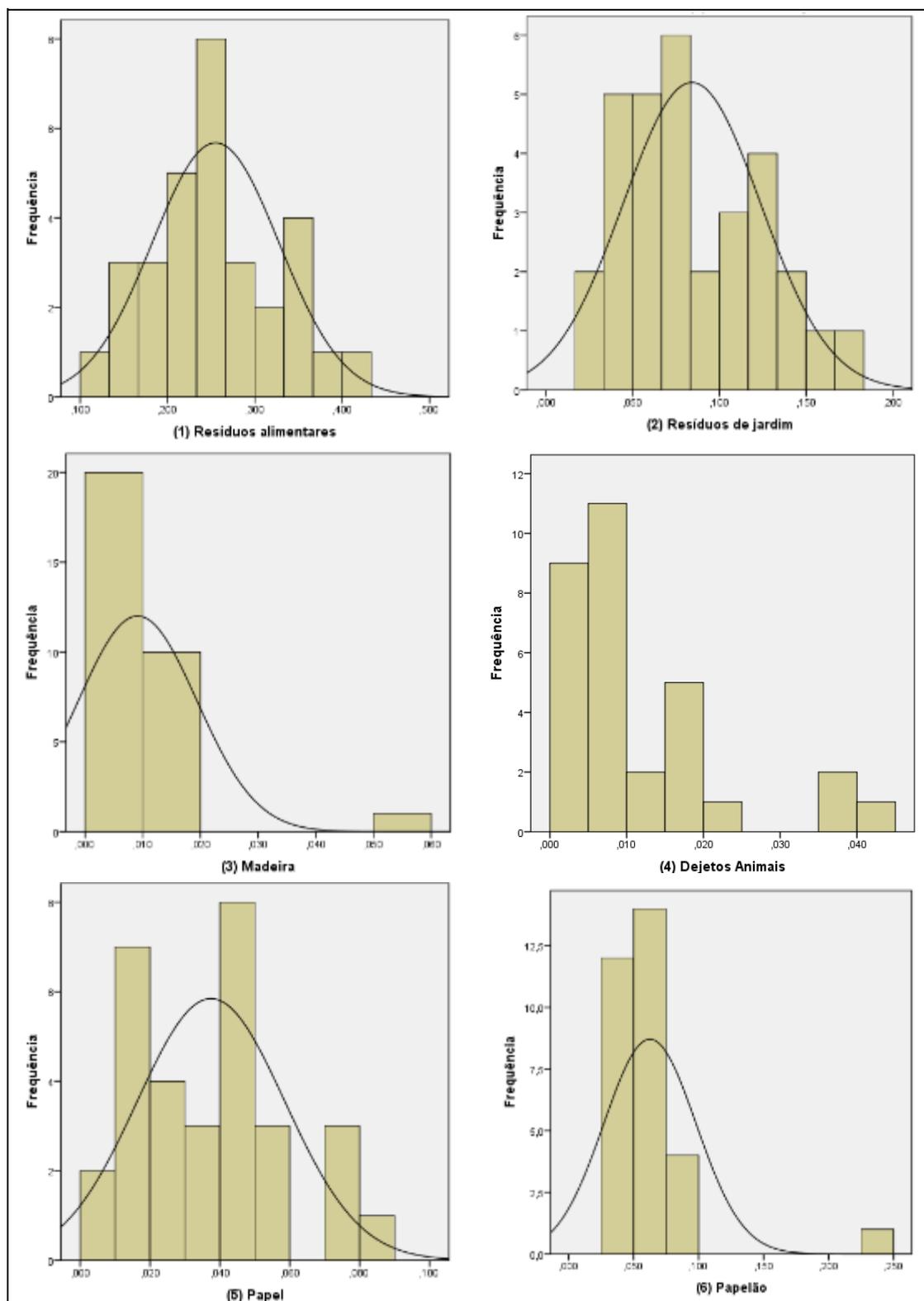
Figura B.20 - Classes principais de resíduos da Subzona Sudeste II – base úmida



Fonte: Elaborado pelo Autor.

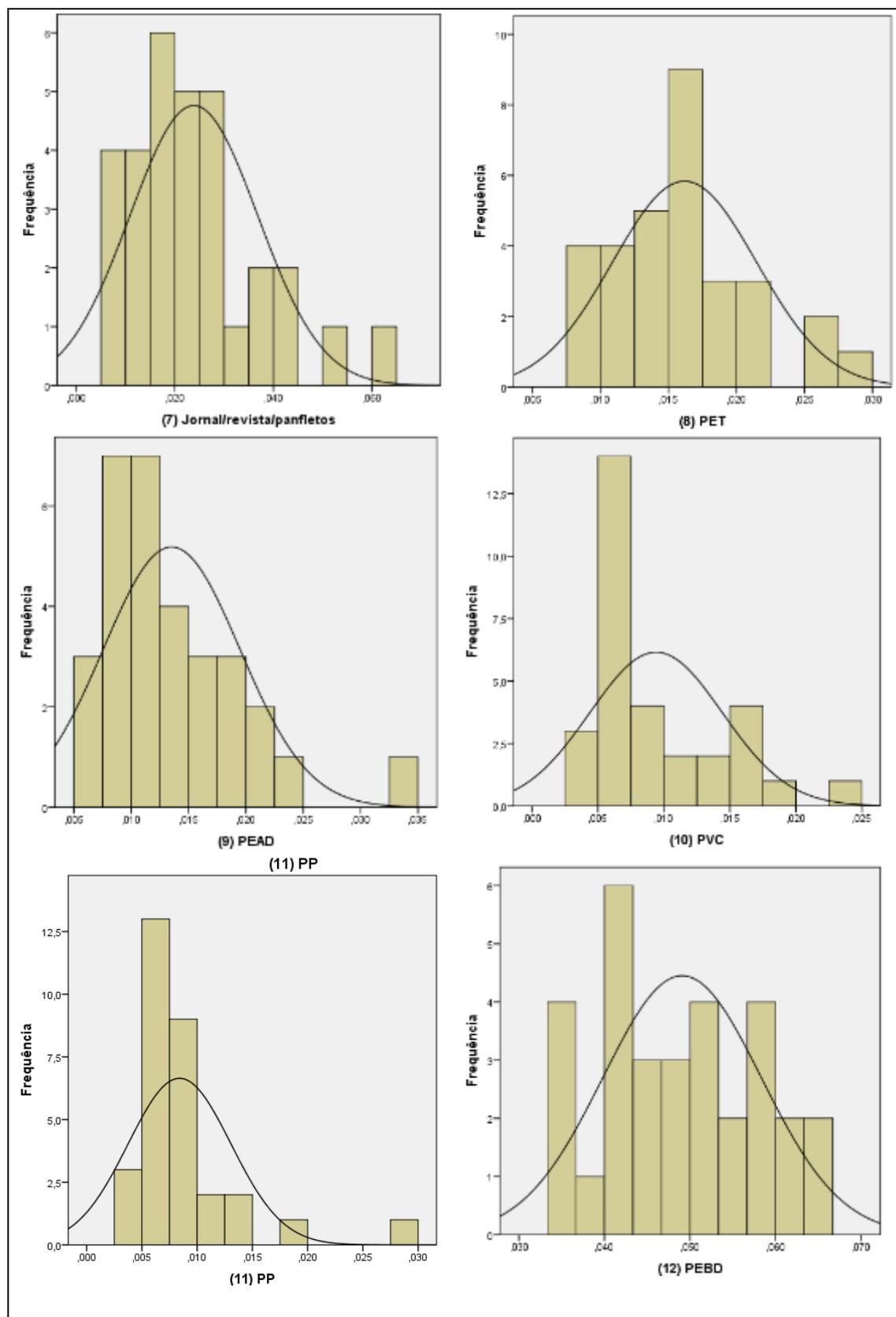
APÊNDICE C – RESULTADOS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS INDICADORES DE GESTÃO E DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

Figura C.1 - Histograma das frações da classificação detalhada de *resíduos*



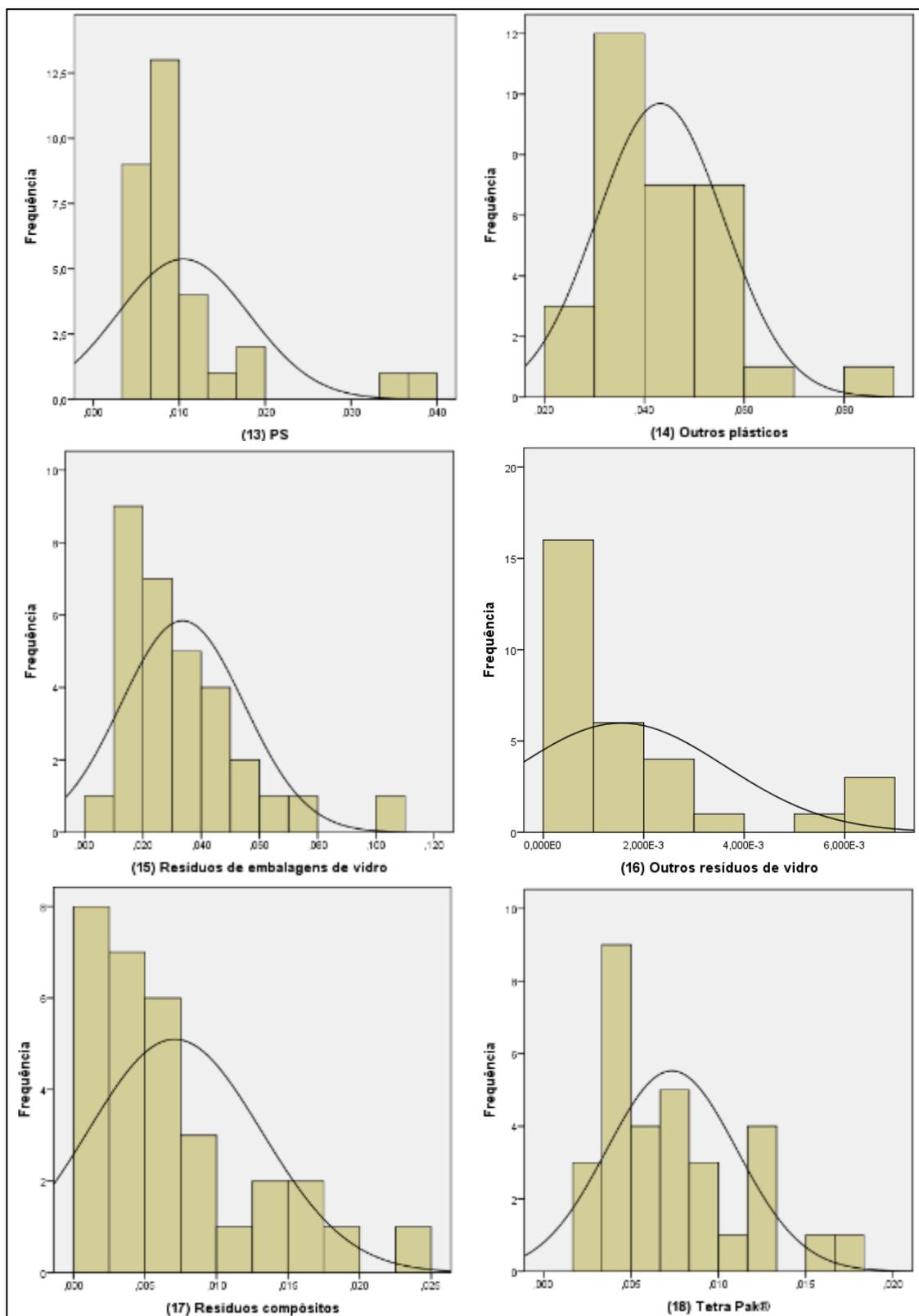
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.2 - Histograma das frações da classificação detalhada de resíduos (Continuação)



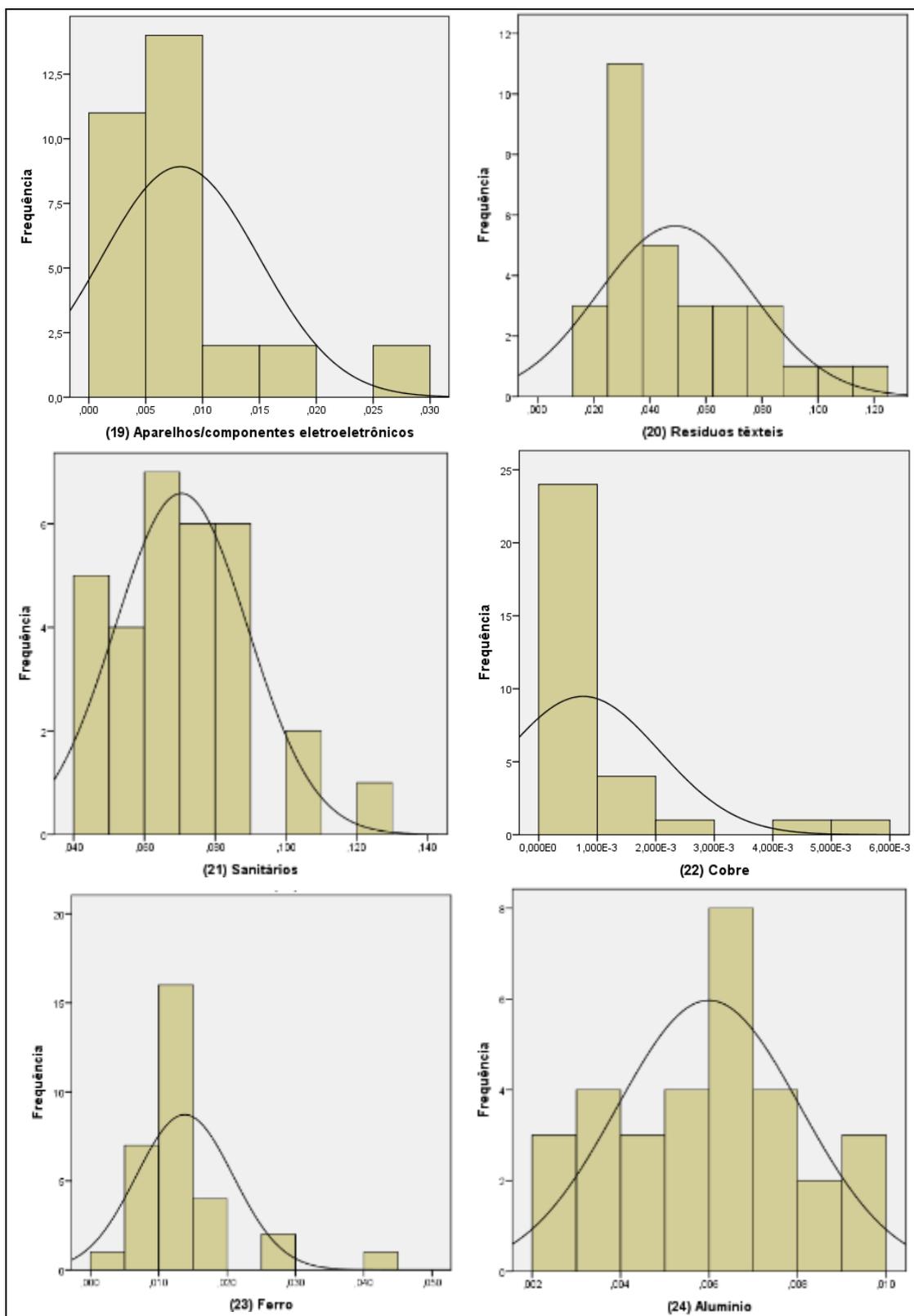
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.3 - Histograma das frações da classificação detalhada de resíduos (Continuação)



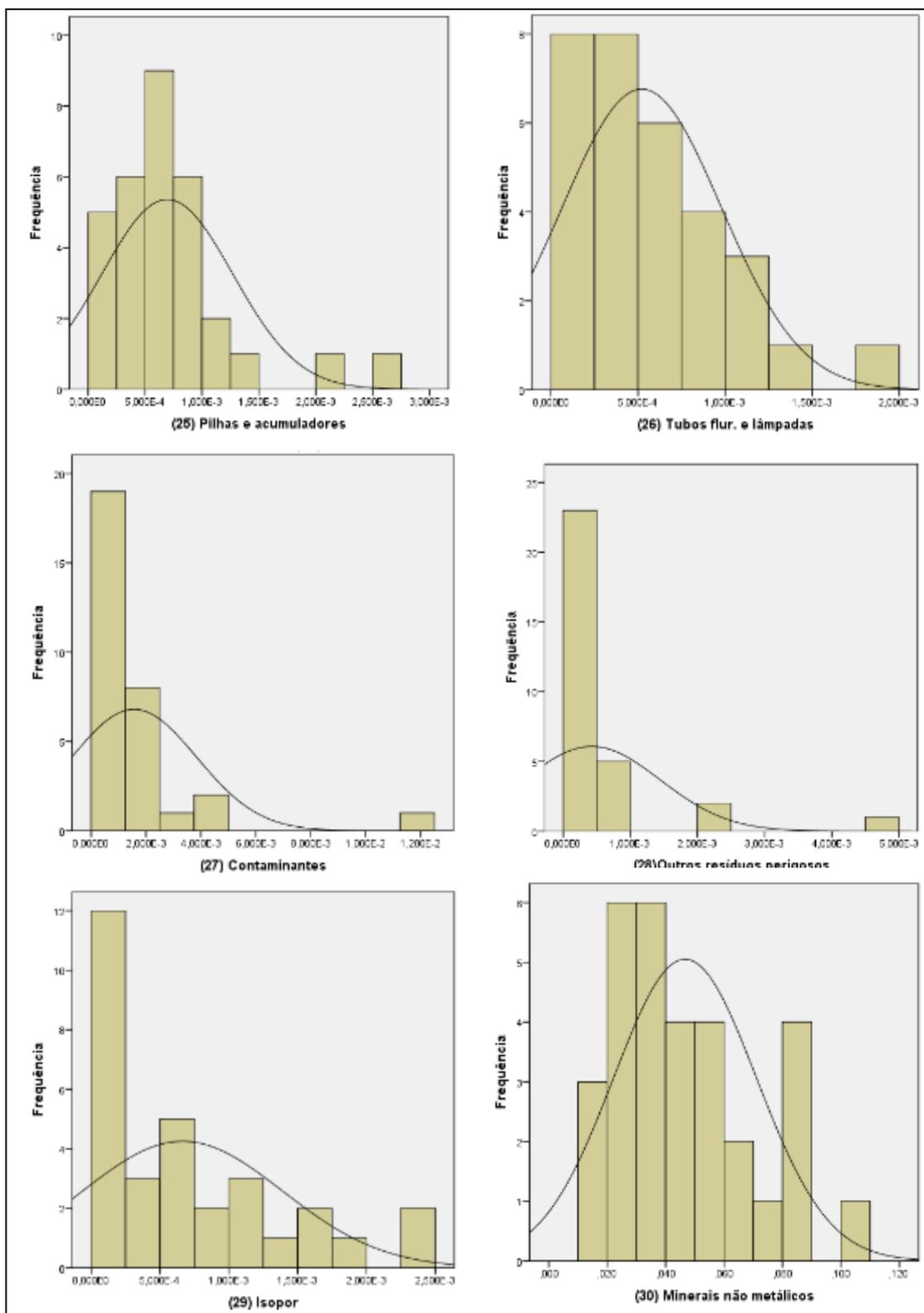
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.4 - Histograma das frações da classificação detalhada de resíduos (Continuação)

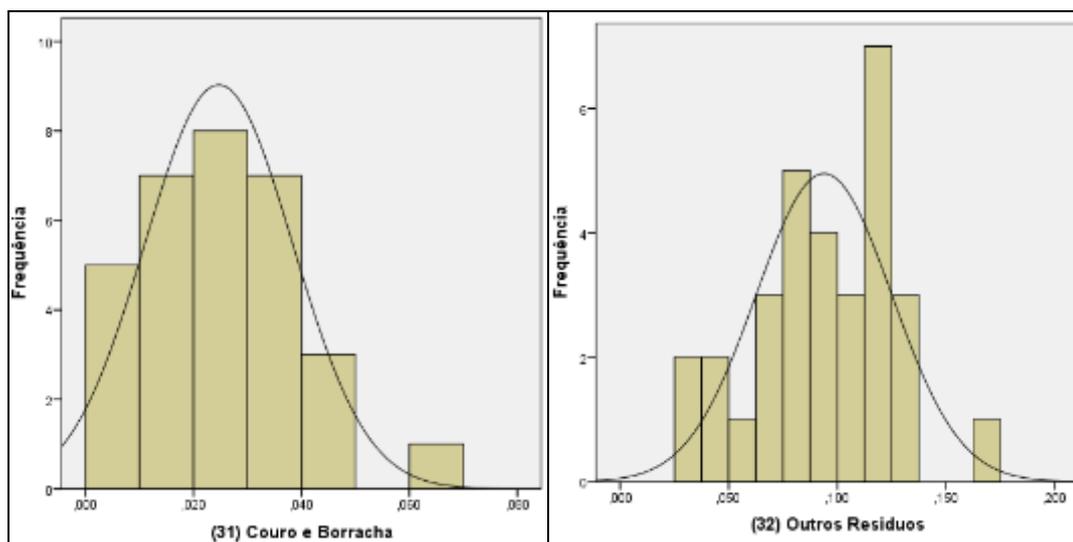


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.4 - Histograma das frações da classificação detalhada de resíduos (Continuação)

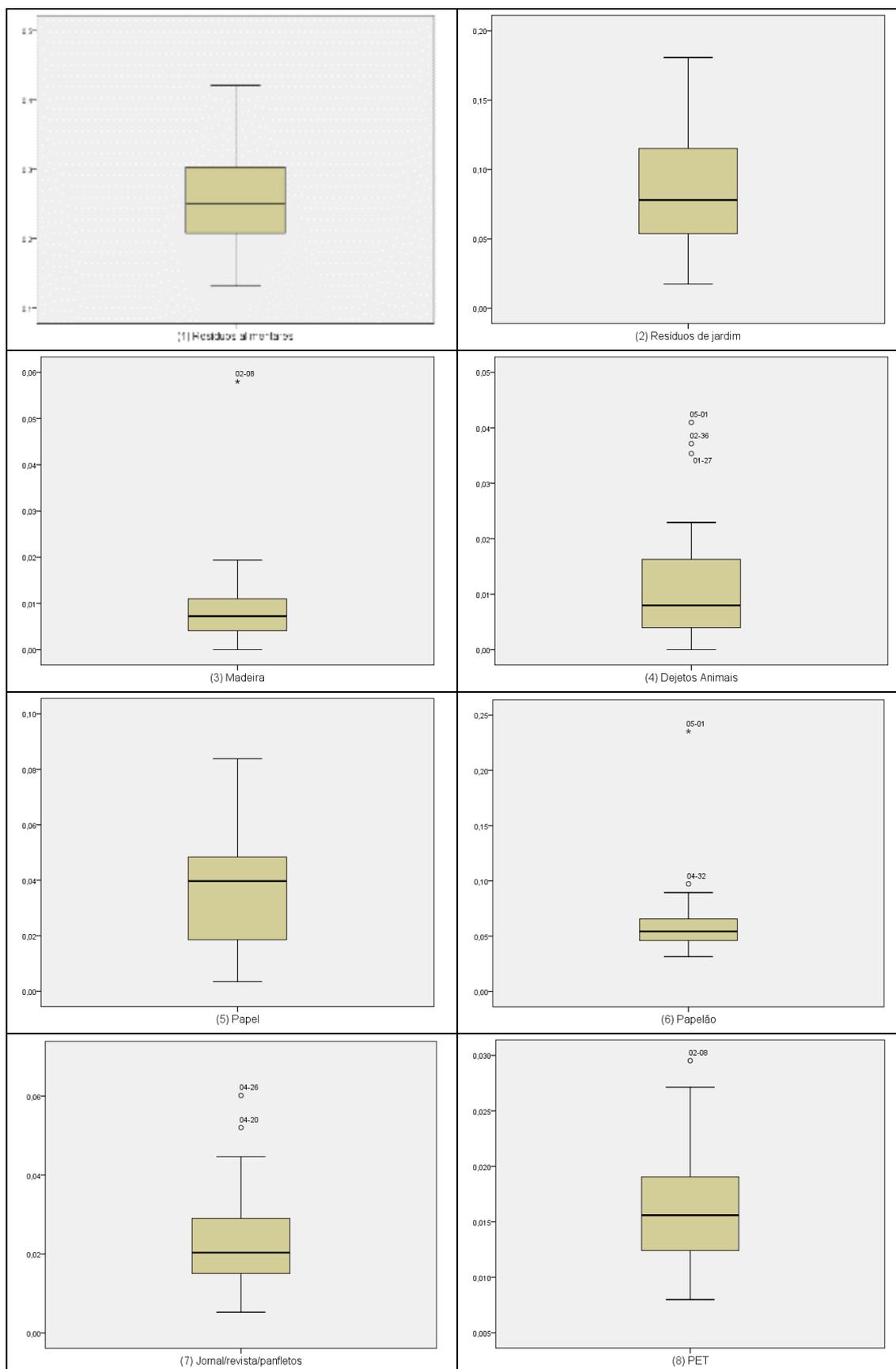


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.5 - Histograma das frações da classificação detalhada de resíduos (Continuação)

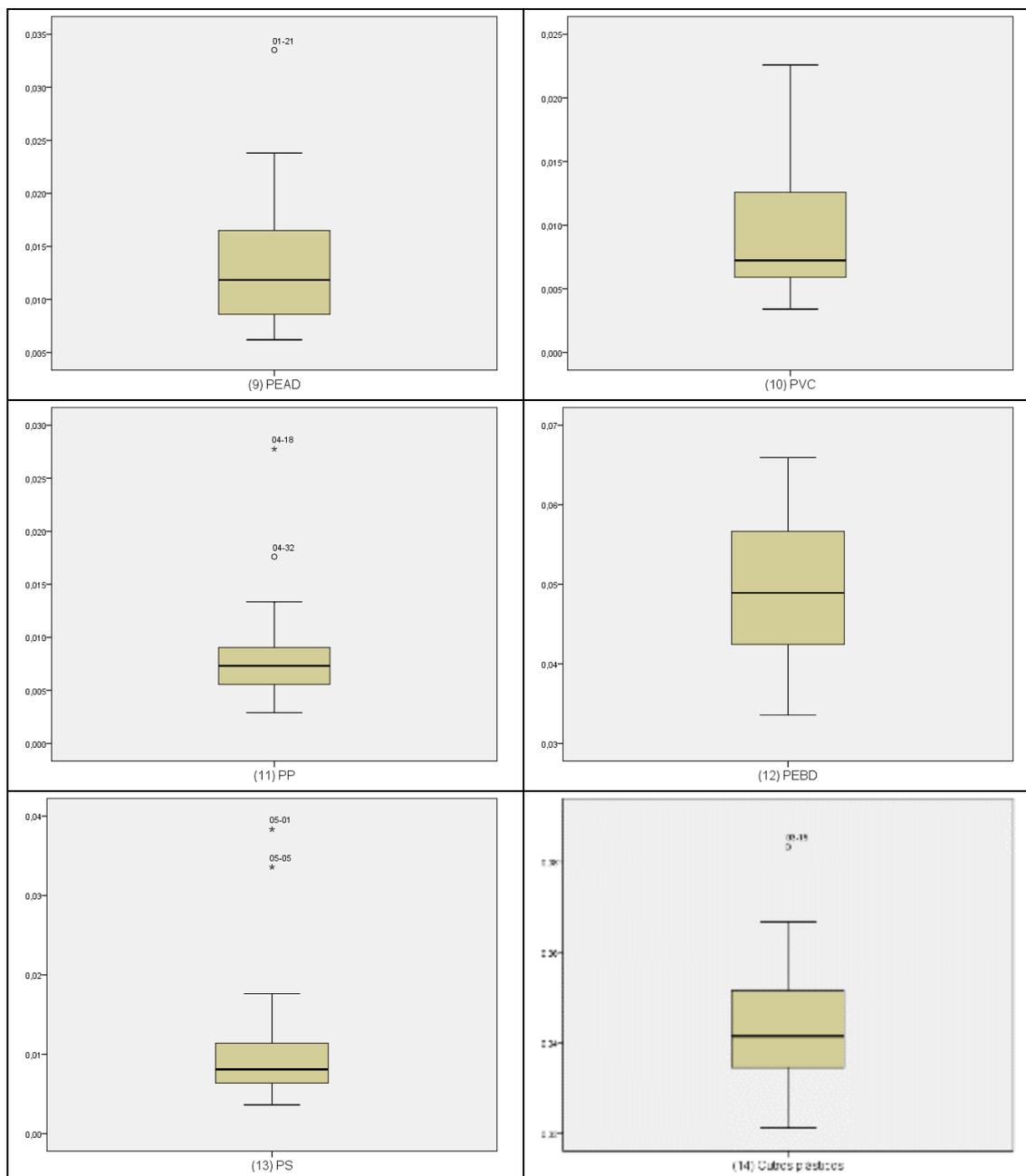
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.6 – Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica detalhada



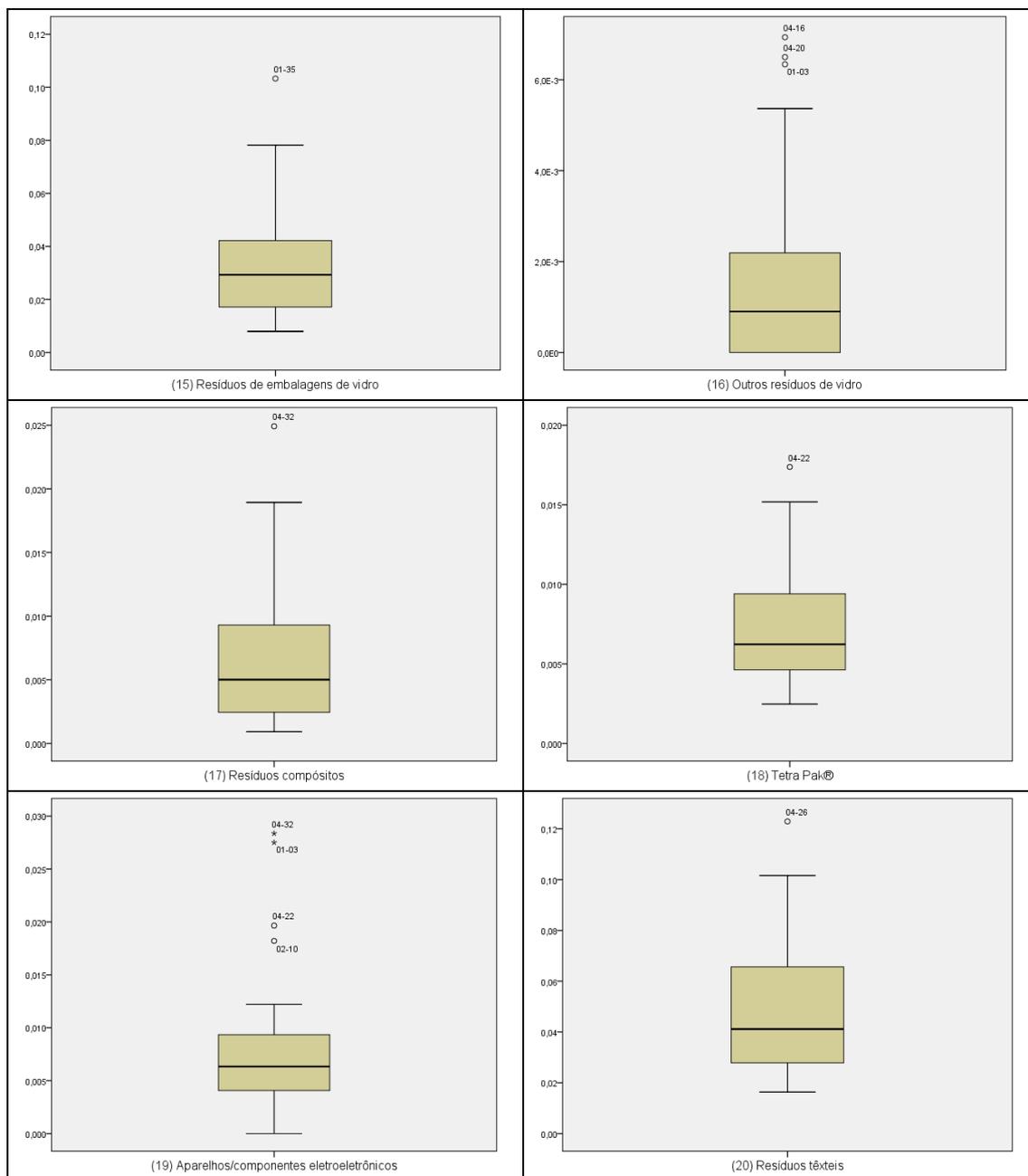
Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura C.7 – Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica detalhada
(Continuação)**



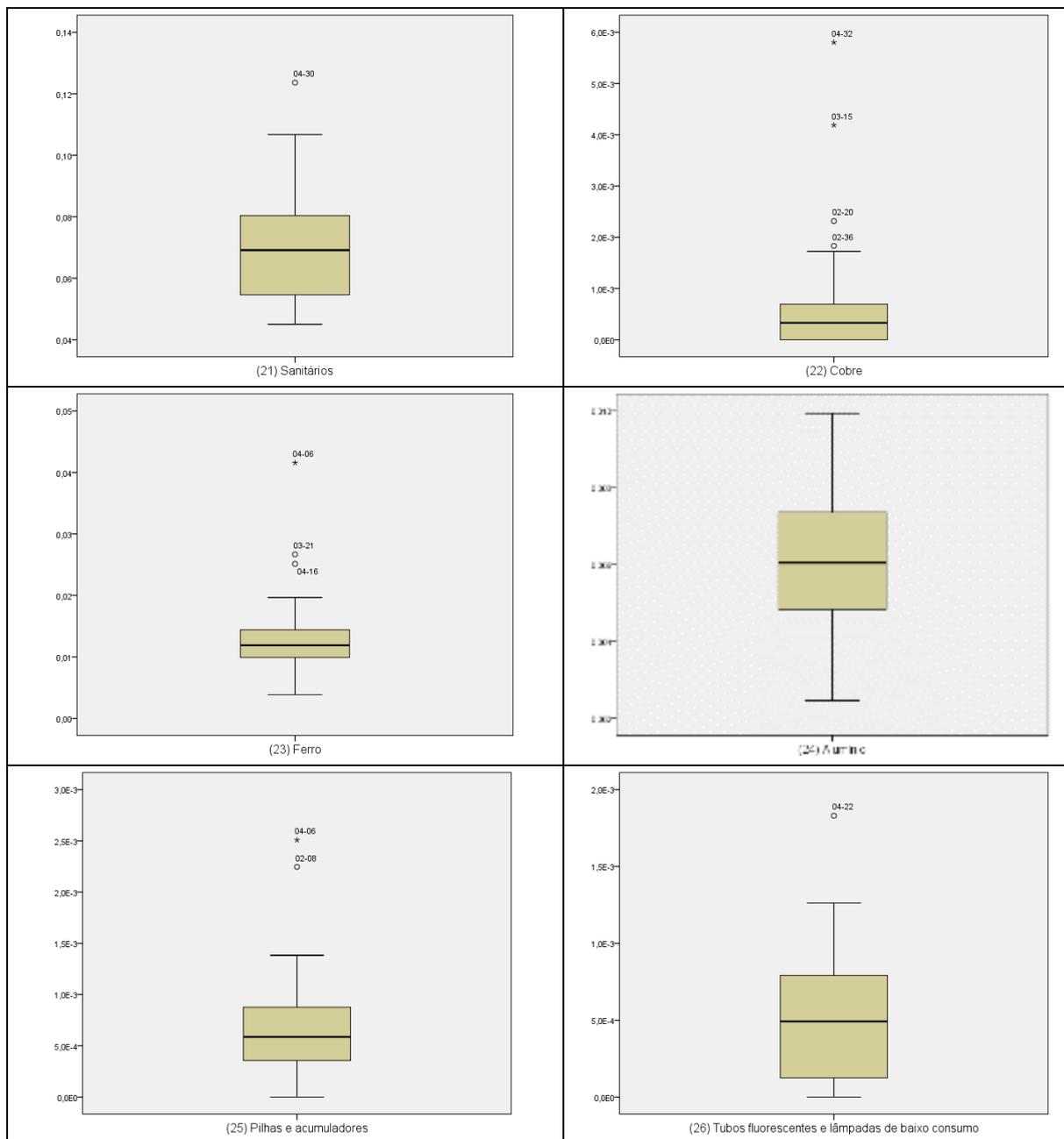
Fonte: Elaborado pelo Autor.

**Figura C.8 – Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica detalhada
(Continuação)**



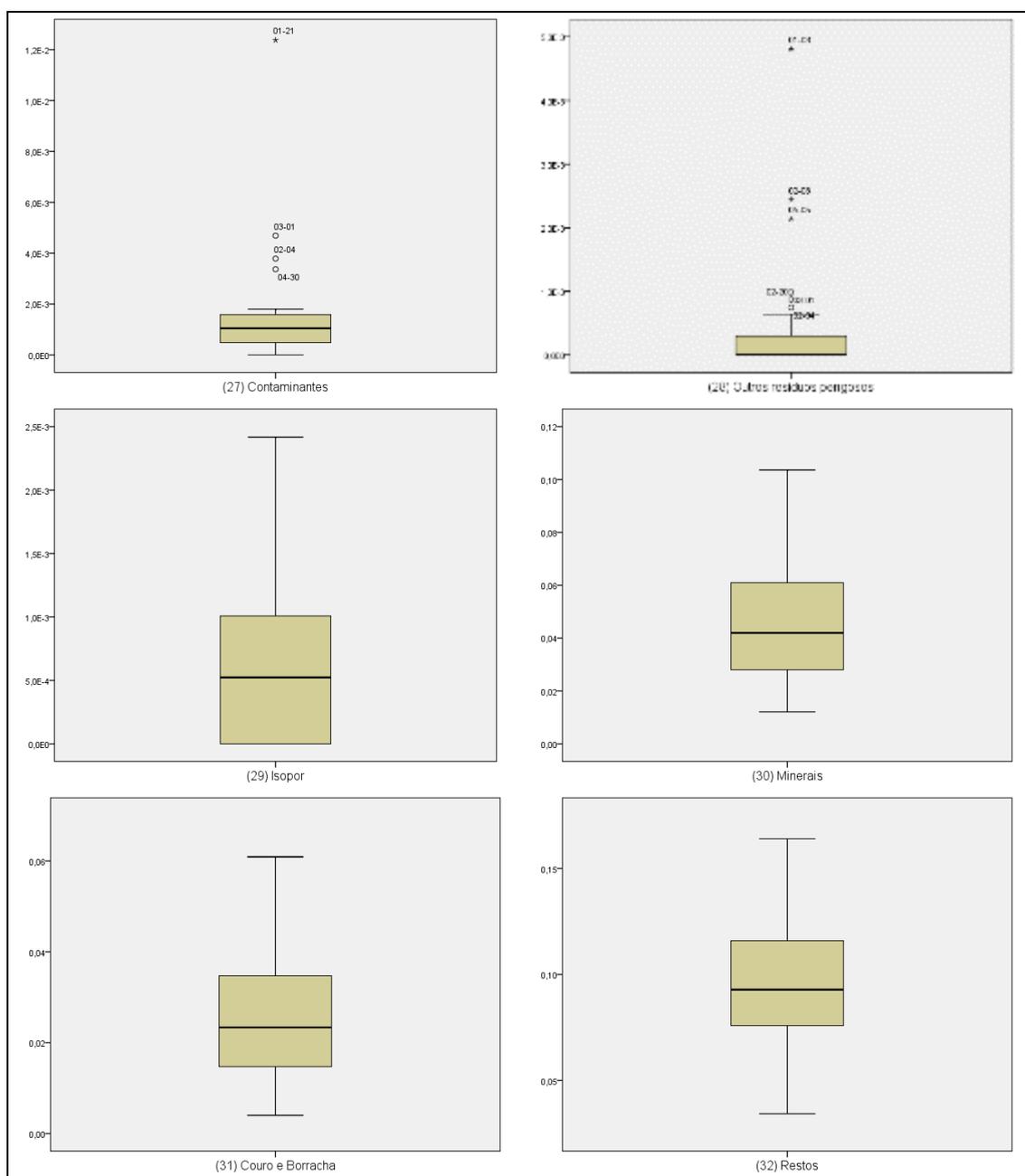
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.9 – Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica detalhada (Continuação)



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura C.10 – Diagrama de Caixa das frações da composição gravimétrica detalhada
(Continuação)



Fonte: Elaborado pelo Autor.