

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

**CRISTINE HELENA LIMEIRA PIMENTEL**

**A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO  
PESSOA/PB - À LUZ DAS ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO**

**RECIFE**

**2017**

**CRISTINE HELENA LIMEIRA PIMENTEL**

**A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO  
PESSOA/PB - À LUZ DAS ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como requisito para a obtenção do grau de Doutora em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Geotecnia

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

Co-orientadora: Prof. Dra. Claudia Coutinho Nóbrega

**RECIFE**

**2017**

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

P644g

Pimentel, Cristine Helena Limeira.

A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/  
PB - à luz das rotas tecnológicas de tratamento / Cristine Helena Limeira  
Pimentel. - 2017.

279folhas, Il. Gra.; Qd.; Tab.; Abr. e Sigl.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

Coorientadora: Prof. Dra. Cláudia Coutinho Nóbrega.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.  
CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2017.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Resíduos sólidos. 3. Gestão. 4. Rotas  
tecnológicas. I. Jucá, José Fernando Thomé. (Orientador). II. Nóbrega,  
Cláudia Coutinho. (Coorientadora). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-166

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

Comissão examinadora da Defesa de Tese de Doutorado

**A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO  
PESSOA/PB - À LUZ DAS ROTAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO**

Defendida por

**Cristine Helena Limeira Pimentel**

Recife, Agosto de 2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá  
Orientador - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

---

Prof(a). Dr(a). Luciana de Figueiredo Lopes Lucena  
Examinadora Externa - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

---

Prof. Dr. José Dantas de Lima  
Examinador Externo – Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ )

---

Prof. Dr. Paulo Celso dos Reis Gomes  
Examinador Externo – Universidade de Brasília (UnB)

---

Prof. Dr. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro  
Examinador Interno - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Ao meu eterno Professor, Severino Ramos Pimentel (*in memoriam*), dedico este resultado em sinal do meu reconhecimento como grande professor da engenharia e da vida, e por sua eterna dedicação a arte de ensinar, saudades! Minha família, o ar que respiro, todo meu esforço e razão de viver. DEDICO TUDO A VOCÊS!!!!

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha existência, pela ajuda nos momentos obscuros e difíceis e pela compreensão das minhas fraquezas nunca deixando de acolher-me e iluminar.

Aos meus pais, Ubiratan e Neveline, trago comigo o exemplo de trabalho, respeito ao próximo e à natureza, dignidade, honradez, temor a Deus, e tantas outras lições que nossa convivência propiciou. Vocês sempre me conduziram a me tornar quem eu sou.

Ao meu esposo, Fábio Roneli, sou grata por todo apoio, paciência, incentivo, companheirismo, pelas luzes acessas madrugada a dentro, e por assumir o papel de pai e mãe na minha ausência.

Às minhas irmãs, Catarine e Caroline, minhas...tudo, porque tudo na minha vida tem que ter vocês para estar completo. Obrigada, por todo apoio com meus filhos, e com as exigências da Academia.

E aos meus meninos, Gabriel (9) e Daniel (3), minhas fontes de inspiração, por mais que eu tente agradecer, vocês não compreenderão. Assim como não compreendem as ausências, tanto estudo, que tudo sirva pelo menos de exemplo. Que o amanhã de vocês seja melhor que o meu hoje e ontem. Toda minha força busquei e achei em vocês.

À minha tia Lala, todo seu carinho e apoio, fizeram e sempre fazem muita diferença.

À minha eterna orientadora, Professora Claudia Coutinho Nóbrega, exemplo de professora, de pesquisadora, não teria terminado esse doutorado sem você, aliás, não teria nem iniciado. Minha gratidão pelo apoio, pelas palavras de carinho, pelo equilíbrio, pelos ensinamentos, é sempre uma grande honra trabalhar com esta excelente professora.

Ao meu orientador José Fernando Thomé Jucá, que com muita serenidade me acolheu, conduziu meus passos nessa pesquisa com determinação, críticas e paciência, a minha gratidão e meu reconhecimento.

Aos meus amigos do Grupo de Resíduos Sólidos, em especial, Aline e Rodrigo, por terem me auxiliado nos momentos cruciais da pesquisa e, Magdalena, por toda acolhida e receptividade.

Às amigas da UFPB, Wanessa, Camila, Raissa, Júlia e Beth, sempre bom saber que temos com quem contar, boa sorte a todas.

Agradeço à EMLUR, Autarquia Especial de Limpeza Urbana do município, o acesso e a disponibilização dos dados e informações utilizados na pesquisa, sem os quais não teria sido provável a conclusão do trabalho. Um agradecimento muito especial à Livia e a Edmilson Fonseca (*in memoriam*), grande incentivador e facilitador, e pela receptividade e apoio nas piores horas. Também sou grata a Carlos, Neide, Samir, Josué e Dantas.

A todos que participaram da gravimetria dos resíduos no Aterro Sanitário, Professor Joácio Moraes Júnior, obrigada pela oportunidade, e todos os colaboradores, que fizeram aqueles momentos se tornarem uma experiência ímpar.

Aos funcionários do Aterro Sanitário e das empresas terceirizadas, que sempre tinham um sorriso no rosto e uma resposta a todas as minhas indagações, além das lições de vida.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, catedráticos exigentes e dedicados, acima de tudo revelando ser especial essa missão doutrinária, obrigada por tudo.

Aos professores que compõe a banca examinadora, pela ajuda em tornar o trabalho ainda melhor.

As secretárias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Andréa, Claudiana e Cleide), obrigada pela dedicação, profissionalismo e empenho em sempre resolver tudo.

Aos membros da banca examinadora, pela participação com pelas valiosas contribuições dadas a esse trabalho, em especial Professora Luciana de Figueiredo Lopes de Lucena, que me acompanhou desde o Seminário de Qualificação.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, para o meu amadurecimento. Por me fazer descobrir a constante essência do viver e a importância da resiliência.

A todos os colegas do IFPB, pelo apoio na hora certa.

A FACEPE pelo apoio financeiro.

Meus sinceros agradecimentos.

“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque descobri, no caminho incerto da vida, que o mais importante é o decidir.”

Cora Coralina

## RESUMO

O modelo de gestão dos resíduos sólidos municipais é a base de qualquer planejamento de percursos de coletas, tratamentos e disposição final ambientalmente adequada. Os estudos prévios incluem as quantidades e composição dos resíduos coletados, as rotas tecnológicas também favorece o conhecimento do fluxo dos resíduos e seus custos. Essas informações permitem uma melhor análise das possibilidades de aplicação de novas tecnologias ou formas de gerir os resíduos de determinada localidade. A presente pesquisa tem como objetivo analisar as rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos – domiciliares, comerciais e públicos – no município de João Pessoa. O estudo foi desenvolvido a partir de um aprofundamento acerca da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município, do levantamento da massa coletada de resíduos, da quantificação gravimétrica dos mesmos, roteirização do percurso da coleta indiferenciada e da estruturação da rota tecnológica existente. Por meio da metodologia empregada, que consistiu de levantamentos bibliográficos e documentais do órgão que gerencia os resíduos em João Pessoa, a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR), entrevistas e análise sistemática do fluxo dos resíduos, pôde-se verificar, após discussões e análises que houve um aumento de 23% da geração per capita do município em 13 anos. Os levantamentos indicaram que a coleta seletiva cobre 20,56% da área do município e atinge 20,12% da população. Em uma série histórica de 10 anos observou-se que o aproveitamento dos recicláveis nos Núcleos e no Galpão de Triagem do Aterro variou de 40% a 60%. Do total de resíduos coletados pela coleta convencional (indiferenciada) 1,32% é comercializado pelo sistema de coleta seletiva. Através dos estudos dos custos das rotas, a pesquisa concluiu que as rotas que envolvem a coleta seletiva chegam a custar mais que o dobro da coleta convencional, isso é uma das justificativas para o pouco investimento no setor. Diante dos resultados, buscou-se fazer proposições de rotas tecnológicas que pudessem ser, posteriormente, avaliadas e aproveitadas para a otimização dos fluxos dos resíduos e dos custos, além do cumprimento ao estabelecido pelas Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS e Política Municipal dos Resíduos Sólidos, de maneira a permitir o equilíbrio e a responsabilidade também por parte da população na gestão dos resíduos. Além disso foram apresentadas rotas que consideraram a possibilidade de incremento de tratamento biológico à massa orgânica, que também pode ser associada a parte inorgânica por meio de um tratamento mecânico-biológico, além de opções com aproveitamento energético dos resíduos e do biogás do aterro sanitário. Após esses estudos com rotas tecnológicas, pode-se concluir que a gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB possuem rotas tecnológicas que permitem o envio de uma mínima quantidade de resíduos para reciclagem, apenas 0,48% dos resíduos gerados. A rota que promove o tratamento físico dos resíduos tem um custo final de R\$ 39.135,11 enquanto que a rota sem tratamento tem um custo de R\$ 3.149.753,19, o que sugere que o modelo de gestão do município reveja seus processos.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos. Gestão. Rotas tecnológicas.

## ABSTRACT

The municipal solid waste management model is the basis of any planning of collection paths, treatments and environmentally adequate final disposal. Previous studies include the quantities and composition of the waste collected, the technological routes also favors the knowledge of the waste stream and its costs. This information will allow a better analysis of the possibilities of applying new technologies or ways of managing waste in a particular place. This research aims to analyze the technological routes of solid urban waste-household - commercial and public – in the city of João Pessoa. The study was developed from a survey about the management of municipal solid waste (MSW), the weighing of the waste collected, the gravimetric analysis of this waste, a routing of the undifferentiated collection path and from structuring of the existing technological route. By means of the methodology used, which consisted of bibliographic and documentary surveys of the agency that manages waste in João Pessoa, the Municipal Urban Cleaning Special Authority (EMLUR), and by interviews and systematic analysis of the waste stream, it was observed after discussions and analysis that there was an 23% increase of waste generation per capita in the city in 13 years. The surveys indicated that the selective collection covers 20.56% of the area of the municipality and reaches 20.12% of the population. In a historical series of 10 years it was observed that the use of the recyclable in the Nuclei and in the Landfill Screening Warehouse ranged from 40% to 60%. Of the total waste collected by the conventional collection (undifferentiated), 1.32% is marketed by the selective collection system. Through the study of the routes costs, the research concluded that the routes that involve the selective collection come to cost more than double of the conventional collection, this is one of the justifications for the small investment in the area. In view of the results, it was sought to make proposals for technological routes that could later be evaluated and used to optimize waste streams and costs, in addition to compliance with the National and Municipal Solid Waste Policies, to allow the balance and the responsibility from population in the management of the waste. In addition, routes that considered the possibility of increasing biological treatment to the organic mass, which can also be associated with the inorganic part through a mechanical-biological treatment, as well as options with energy recovery etc use of the residues and biogas of the sanitary landfill were presented. After these studies with technological routes, it can be concluded that the municipal solid waste of João Pessoa / PB has technological routes that allow the sending of a minimum amount of waste for recycling, only 0.48% of the waste generated. The route that promotes the physical treatment of waste has a final cost of R\$ 39.135.11, while the route without treatment has a cost of R\$ 3.149.753.19, which suggests that the management model of the municipality review its processes .

Key words: Solid waste. Management. Technological routes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dimensões da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos.....	38
Figura 2 – Gerenciamento e Rotas Tecnológicas .....	41
Figura 3 – Rotas tecnológicas para a gestão dos RSU adotadas nos EUA .....	43
Figura 4 - Rota tecnológica identificada para a região Nordeste.....	44
Figura 5 – Tratamento dos RSU da União Europeia e EUA (kg per capita).....	50
Figura 6 - Tratamento dos RSU dos EUA (kg per capita).....	50
Figura 7– Evolução do Tratamento dos RSU da União Europeia (kg per capita).....	51
Figura 8- Ordem de Prioridade na gestão dos RSU.....	53
Figura 9- Legislação de apoio ao saneamento no Brasil .....	67
Figura 10- Ordem de prioridade das ações no gerenciamento dos resíduos sólidos .....	68
Figura 11- Atores envolvidos na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos .....	69
Figura 12- Bens obrigados pela PNRS a participar de um sistema de logística reversa .....	70
Figura 13- Atribuições dos agentes na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos .....	72
Figura 14 - Universo e amostra da pesquisa .....	80
Figura 15 -Distribuição da Coleta Seletiva no Município de João Pessoa por Núcleos e seus Bairros de Cobertura.....	82
Figura 16 – Mapa de sobreposição dos núcleos da coleta seletiva com as áreas de coleta indiferenciada .....	83
Figura 17 - Delimitação do campo de estudo e dos Lotes da pesquisa .....	84
Figura 18 - Delimitação dos Bairros do Lote 1 .....	88
Figura 19 - Delimitação dos Bairros do Lote 2 .....	91
Figura 20 - Delimitação dos Bairros do Lote 3 .....	94

Figura 21 - Processo de coleta ou amostragem de RSU para a realização da composição gravimétrica.....	101
Figura 22 - Fluxograma do método de quarteamento para a caracterização dos RSU de João Pessoa.....	104
Figura 23 - Vista aérea do Lixão do Roger.....	113
Figura 24 - Resíduos sólidos gerados em João Pessoa, com detalhe para os resíduos pesquisados neste trabalho.....	119
Figura 25- Mapeamento dos geradores de resíduos comerciais do município de João Pessoa/PB .....	123
Figura 26 - Mapa do município de João Pessoa com delimitação dos Lotes da pesquisa e da coleta, seus os bairros e informações censitárias de renda.....	134
Figura 27 - Rota tecnológica identificada para João Pessoa.....	141
Figura 28 - Rota Tecnológica (RTC) da Coleta Convencional dos Lotes 1,2 e 3 .....	143
Figura 29 - Distância total percorrida da garagem ao destino final da Coleta Convencional dos Lotes 1,2 e 3 de João Pessoa.....	148
Figura 30 - Núcleo da Coleta Seletiva do Acordo Verde – Bairro de Mangabeira .....	152
Figura 31 - Bairros beneficiários da coleta seletiva de materiais recicláveis .....	153
Figura 32 - Rota Tecnológica da Coleta Seletiva dos Lotes 1, 2 e 3 .....	161
Figura 33 - Sistema de controle de entrada e pesagem do ASMJP. ....	168
Figura 34 - Sistema operacional do Galpão de Triagem do ASMJP.....	169
Figura 35 - Imagem de satélite de do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa.....	173
Figura 36 - Imagem da operação da Célula C25A de RSU do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa.....	174
Figura 37 - Localização do Núcleo de triagem do ASMJP .....	174
Figura 38 – Vista aérea das Células e do sistema de tratamento de chorume do ASMJP.....	176
Figura 39 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 1 ao ASMJP ...	193

Figura 40 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 2 ao ASMJP ...	193
Figura 41 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 3 ao ASMJP ...	194
Figura 42 - Custos da Rota Tecnológica RTC 1 (valores mensais).....	210
Figura 43 - Custos da Rota RTC 2 – Rota Tecnológica do Lote 02 (valores mensais).....	214
Figura 44 - Custo da Rota C.C. 03 – Rota Tecnológica do Lote 03 (valores mensais).....	218
Figura 45 - Galpão do Núcleo do Bessa (A) e do Núcleo do Cabo Branco (B).....	226
Figura 46 - Rotas tecnológicas dos RSU (Domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa .....	229
Figura 47 - Rotas tecnológicas dos RSU (Domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Estrutura Convencional (Sem Coleta Seletiva) .....	230
Figura 48 - Rota Tecnológica dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Estrutura da Coleta Seletiva .....	231
Figura 49 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 1.....	233
Figura 50 – Demonstrativo de Custo das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 1.....	236
Figura 51 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 2.....	238
Figura 52 – Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 2.....	240
Figura 53 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 3.....	242
Figura 54 – Demonstrativo de Custo das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 3.....	244
Figura 55 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) do município de João Pessoa.....	246

Figura 56 – Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) do município de João Pessoa.....	249
Figura 57 – Proposta 1: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com aproveitamento de biogás.....	254
Figura 58 – Proposta 2: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de uma CTR sem aproveitamento de biogás.....	256
Figura 59 – Proposta 3: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de um sistema de compostagem e aproveitamento energético.....	258
Figura 60 – Proposta 4: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de uma CTR com instalação de uma usina de biometanização com aproveitamento de biogás.....	260

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Coleta de resíduos comerciais de João Pessoa, nos Lotes (t/mês) .....	123
Gráfico 2 - Composição da massa de resíduos de João Pessoa em percentuais 2011 .....	126
Gráfico 3 - Composição da massa de resíduos de João Pessoa em percentuais 2016 .....	127
Gráfico 4 - Gravimetria de João Pessoa com base na coleta e separados os recicláveis dos orgânicos.....	128
Gráfico 5 - Gravimetria média resíduos do Brasil, pelo PNRS .....	129
Gráfico 6 - Gravimetria dos resíduos em João Pessoa no ano de 2016 sem triagem .....	130
Gráfico 7 - Gravimetria média resíduos gerados nos Estados Unidos da América no ano de 2013 antes da reciclagem.....	131
Gráfico 8 - Comparação da Gravimetria média resíduos gerados nos Estados Unidos da América entre os anos de 2012 e 2013, antes da reciclagem .....	132
Gráfico 9 - Geração dos Resíduos na Europa .....	133
Gráfico 10 - Renda média domiciliar da população (%) nos Lotes de Coleta de João Pessoa .....	135
Gráfico 11 - Geração de resíduos sólidos domiciliares/comerciais nos Lotes de Coleta de João Pessoa .....	144
Gráfico 12 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 1 .....	145
Gráfico 13 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 2 .....	146
Gráfico 14 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 3 .....	146
Gráfico 15 - Gravimetria dos materiais comercializados nos núcleos da coletiva seletiva de João Pessoa e no Galpão de Triagem do Aterro (t/ano).....	158
Gráfico 16 - Gravimetria dos materiais passíveis de tratamento por Núcleos da coleta seletiva de João Pessoa. ....	160
Gráfico 17 - Gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos – Domiciliares, Comerciais e Públicos - coletados (t) em João Pessoa por Lote .....	181

Gráfico 18 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 1 .....	183
Gráfico 19 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 2 .....	185
Gráfico 20 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 3 .....	187
Gráfico 21 - Resíduos coletados (t) em João Pessoa, mês a mês, por Lote.....	189
Gráfico 22 – Relação da Renda Média Domiciliar do Bairros com a Taxa de Geração Per Capita de Resíduos do Setor 1 .....	196
Gráfico 23 – Gravimetria dos Resíduos dos Bairros da Torre e Ipês .....	197
Gráfico 24 - Relação entre as variáveis de percurso e massa do Setor do Lote 1 .....	198
Gráfico 25 – Correlação entre renda média domiciliar dos bairros do Setor 2 e sua Geração Per Capita, Geração Mensal, Densidade e População .....	200
Gráfico 26 – Gravimetria dos Bairros dos Bancários, Castelo Branco e Cruz das Armas e a média do município .....	201
Gráfico 27 – Percurso da Coleta e Média de Resíduos Coletados no Setor do Lote 2.....	202
Gráfico 28 - Correlação entre renda média domiciliar dos bairros do Setor 3 e sua Geração Per Capita.....	204
Gráfico 29 - Representação da Gravimetria dos Bairros de Paratibe e Grotão e média de João Pessoa .....	205
Gráfico 30 - Média mensal dos resíduos gerados em Paratibe .....	206
Gráfico 31 - Relação entre as variáveis de percurso e massa do Setor do Lote 3 .....	207

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Hierarquia das opções de gestão de resíduos sólidos .....	35
Quadro 2 -Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos .....	52
Quadro 3 – Regulamentação para o uso de fertilizantes orgânicos no Brasil.....	56
Quadro 4- Dados demográficos do Município de João Pessoa - Censos do IBGE dos anos de 2000 e 2010. ....	77
Quadro 5 - Maiores PIBs da Paraíba (em milhões de reais) em 2010 .....	78
Quadro 6 - Geradores dos RSU e seus responsáveis .....	79
Quadro 7 - Campos de estudo (lotes) das rotas tecnológicas dos RSU estudados no município de João Pessoa/PB. ....	84
Quadro 8 - Descrição e nomenclatura das rotas tecnológicas elaboradas para os RSU do município de João Pessoa/PB por Lote .....	85
Quadro 9 - Segmentação da população de João Pessoa por classe social estabelecida para pesquisa .....	87
Quadro 10 - Setores das rotas tecnológicas dos RSU estudados no município de João Pessoa/PB. ....	96
Quadro 11 - Setores com bairros estudados do município de João Pessoa-PB .....	96
Quadro 12 - Categorias MODECOM utilizadas na caracterização dos RSU de João Pessoa	103
Quadro 13 - Atividades executadas pelas prestadoras de serviços.....	117
Quadro 14 - Resíduos encontrados no município de João Pessoa com os respectivos responsáveis.....	121
Quadro 15 - Quantitativos dos resíduos sólidos urbanos (domiciliar, comercial e de serviços públicos) coletados/gerados pela PMJP .....	121
Quadro 16 - Número de Associados por Núcleo de Coleta.....	154
Quadro 17 - Histórico de comercialização de materiais recicláveis por tipo dos Núcleos de Coleta Seletiva de João Pessoa (t/ano) .....	162

Quadro 18 - Variáveis Investigativas por Lote (valores mensais).....	191
Quadro 19 - Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 1 (valores mensais).....	211
Quadro 20- Indicadores de Custos do Setor do Lote 1 (valores mensais).....	212
Quadro 21 - Indicadores de Custos do Setor do Lote 1 (valores mensais).....	213
Quadro 22- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 2 (valores mensais).....	215
Quadro 23- Indicadores de Custo da Rotas do Setor 2 (valores mensais).....	216
Quadro 24 - Indicadores de Custo da Rotas do Setor 2 por classes sociais (valores mensais).....	217
Quadro 25- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 3 (valores mensais).....	219
Quadro 26- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 3 (valores mensais).....	220
Quadro 27 - Indicadores de Custos do Setor do Lote 3 (valores mensais).....	221
Quadro 28- Resumo dos Custos das Rotas Tecnológicas RTC 1, RTC 2 e RTC 3 (valores mensais e em reais).....	222

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 01 .....	89
Tabela 2 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 2 .....	92
Tabela 3 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 3 .....	95
Tabela 4 - Renda média da população nos Lotes da Pesquisa correlacionados com dados populacionais .....	136
Tabela 5 - Informações relevantes dos bairros do Lote 1 .....	137
Tabela 6- Informações relevantes dos bairros do Lote 2 .....	139
Tabela 7 - Informações relevantes dos bairros do Lote 3 .....	140
Tabela 8 - Correlação das Variáveis Investigativas por Lotes.....	147
Tabela 9 - Distribuição da Coleta Seletiva de João Pessoa por bairros e lotes da pesquisa ...	155
Tabela 10 - Cobertura da Coleta Seletiva no município e nos lotes da pesquisa .....	156
Tabela 11 - Histórico de comercialização, coleta e rejeitos de materiais recicláveis coletados pelos Núcleos de Coleta Seletiva do Bessa e Bairro dos Estados - Lote 1, em toneladas por ano .....	163
Tabela 12 - Histórico de comercialização, coleta e rejeitos de materiais recicláveis coletados pelos Núcleos de Coleta Seletiva do Lote 2 (Cabo Branco e Cidade Universitária) - em toneladas por ano .....	164
Tabela 13 - Materiais recicláveis coletados pelos Núcleo de Coleta Seletiva do Lote 3 (Mangabeira) - em toneladas por ano .....	165
Tabela 14 – Média mensal dos materiais recicláveis nos Lotes 1, 2 e 3 (t/mês) .....	165
Tabela 15 - Correlação dos valores de materiais captados pelas coletas convencional e seletiva, e na Central de Triagem do ASMJP .....	167
Tabela 16 - Percentual de aproveitamento dos resíduos descarregados na Central de Triagem do ASMJP para a triagem e comercialização .....	169

Tabela 17 - Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem no Bessa e Bairro dos Estados .....	170
Tabela 18 - Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem no Cabo Branco e Cidade Universitária .....	171
Tabela 19- Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem em Mangabeira (t/ano).....	172
Tabela 20- Resíduos da Central de Triagem em relação ao total pesado no Aterro Sanitário	175
Tabela 21- Quantidade de resíduos sólidos recebidos no ASMJP até 2015 .....	175
Tabela 22 - Resíduos sólidos dispostos nas células domiciliares, no período de 05-08-2003 a 30-06-2016 .....	177
Tabela 23 – Resíduos recicláveis por tipo de Coleta do município de João Pessoa e seus percentuais de comercialização .....	178
Tabela 24 – Variáveis Investigativas dos bairros do Setor 1 e do Lote 1 .....	195
Tabela 25 – Variáveis Investigativas do Setor 2.....	199
Tabela 26 - Variáveis Investigativas do Setor – Lote 3.....	203
Tabela 27 – Composição dos Custos com Combustível para a Coleta Seletiva.....	224
Tabela 28 – Composição dos Custos de Transporte da Coleta Seletiva.....	225
Tabela 29 - Composição dos Custos das Instalações dos Núcleos da Coleta Seletiva.....	227
Tabela 30 – Resumo dos Custos das Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa.....	251

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ASCARE	Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa
ASMJP	Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa
ASTRAMARE	Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Social
CDR	Composto Derivado dos Resíduos
CETESB	Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental.
CFC	Clorofluorcarbonetos
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONDIAM	Consórcio de desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana de João Pessoa
DA	Digestão Anaeróbia
EMLUR	Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana
GEE	Gases do Efeito Estufa
GIRSU	Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Urbano
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NO <sub>2</sub>	Óxido de Nitrogênio
O <sub>2</sub>	Oxigênio
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PCI	Potencial Calorífico para Incineração
PEV	Posto de Entrega Voluntária
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMJP	Prefeitura Municipal de João Pessoa
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio
PNRS	Política Nacional De Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos Construção e Demolição
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa
SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de Enxofre
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SO <sub>2</sub>	Óxido de Enxofre
SUASA	Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
TMB	Tratamento Mecânico Biológico
UE	União Europeia
WTE	Waste to Energy
WTR	Waste to Resources

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa, Motivação e Problema de Pesquisa</b>	<b>28</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>29</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura da Tese</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>GESTÃO, GERENCIAMENTO E ASPECTOS LEGAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Resíduos sólidos: conceituação e classificação</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>Classificação dos Resíduos</b>	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos</b>	<b>32</b>
<b>2.4</b>	<b>Gestão e gerenciamento integrados de resíduos sólidos</b>	<b>37</b>
<b>2.5</b>	<b>Gerenciamento e rotas tecnológicas para os resíduos sólidos</b>	<b>39</b>
<b>2.6</b>	<b>Geração</b>	<b>45</b>
<b>2.7</b>	<b>Coleta</b>	<b>46</b>
<b>2.8</b>	<b>Tratamento</b>	<b>48</b>
2.8.1	Triagem/Reciclagem	53
2.8.2	Compostagem	54
2.8.3	Incineração	57
2.8.4	Biometanização (Digestão Anaeróbia)	59
<b>2.9</b>	<b>Aterro Sanitário</b>	<b>60</b>
<b>2.10</b>	<b>Aspectos Legais e Institucionais dos Resíduos Sólidos no Brasil</b>	<b>62</b>
<b>2.11</b>	<b>A Gestão de Resíduos Sólidos na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988</b>	<b>63</b>
2.11.1	Marcos Regulatórios do Saneamento no Brasil	64
2.11.2	Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº. 12.305/2010)	67
2.11.3	Regulamentação da PNRS: Decreto nº. 7.404/2010	73
2.11.4	Regulamentação Estadual e Municipal dos Resíduos Sólidos na Paraíba	74
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	<b>76</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da Área de Estudo</b>	<b>76</b>
3.1.1	Aspectos gerais do município	76
3.1.2	Aspectos demográficos e sociais	77
3.1.3	Atividades econômicas do município de João Pessoa	78
<b>3.2</b>	<b>Recortes da Pesquisa</b>	<b>79</b>
3.2.1	Quanto ao tipo de resíduo a ser abordado	79
3.2.2	Delimitação da população para o estudo das rotas tecnológicas dos resíduos no Município	80
3.2.3	Setores: o recorte dos Lotes	86
3.2.3.1	<i>A representação do Setor 1 no Lote 1</i>	88
3.2.3.2	<i>A representação do Setor 2 no Lote 2</i>	91
3.2.3.3	<i>A representação do Setor 3 no Lote 3</i>	93
<b>3.3</b>	<b>Caracterização da pesquisa</b>	<b>97</b>
3.3.1	Quanto aos objetivos	97
3.3.2	Quanto à abordagem do problema	98
<b>3.4</b>	<b>Variáveis Investigativas</b>	<b>98</b>
3.4.1	Geração de resíduos sólidos	99
3.4.2	Caracterização gravimétrica dos resíduos de João Pessoa	100
<b>3.5</b>	<b>Quanto aos procedimentos técnicos e ferramentas de pesquisa</b>	<b>105</b>
3.5.1	Procedimentos georeferenciais para análise dos percursos das coletas de resíduos domiciliares/comerciais	107

3.5.2	Definição dos Indicadores de Custo	108
3.5.3	Procedimentos para montagem dos Fluxos de Massa e Custos	109
3.5.4	Procedimentos para proposição de rotas para o município	110
<b>4</b>	<b>ESTUDO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE JOÃO PESSOA</b>	<b>112</b>
<b>4.1</b>	<b>Aspectos Gerais da Gestão dos Resíduos Sólidos do Município de João Pessoa</b>	<b>112</b>
<b>4.2</b>	<b>O gerenciamento do sistema de limpeza urbana de João Pessoa</b>	<b>115</b>
4.2.1	Os resíduos gerados no município de João Pessoa	118
4.2.2	Composição dos RSU	125
<b>4.3</b>	<b>Variáveis investigativas das áreas de estudo das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa</b>	<b>134</b>
<b>4.4</b>	<b>Componentes das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa</b>	<b>141</b>
4.4.1	Geração e Coleta Convencional (indiferenciada) dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa	142
4.4.2	Geração e Cobertura da Coleta Seletiva (diferenciada) dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa	150
4.4.2.1	<i>Cobertura da Coleta Seletiva nos Lotes</i>	<i>151</i>
4.4.2.2	<i>Distribuição dos Materiais Recicláveis nos Lotes 1, 2 e 3</i>	<i>157</i>
4.4.2.3	<i>Distribuição dos Materiais Recicláveis e Rejeitos dos Lotes 1, 2 e 3 coletados no Galpão de Triagem do ASMJP e Efetividade da Coleta Seletiva</i>	<i>166</i>
4.4.3	Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de João Pessoa	172
4.4.3.1	<i>Otimização do Aterro Sanitário de João Pessoa</i>	<i>178</i>
<b>5</b>	<b>ROTAS TECNOLÓGICAS PROPOSTAS PARA JOÃO PESSOA, SEUS FLUXOS DE MASSA E DEMONSTRATIVOS DE CUSTO</b>	<b>181</b>
<b>5.1</b>	<b>Variáveis Investigativas dos RSU do município de João Pessoa por Lote</b>	<b>181</b>
<b>5.2</b>	<b>Correlação das Variáveis Investigativas da gestão dos RSU do município de João Pessoa por Setores e por Lotes</b>	<b>194</b>
5.2.1	Variáveis Investigativas do Setor 1 (Lote 1)	194
5.2.2	Variáveis Investigativas do Setor 2 (Lote 2)	198
5.2.3	Variáveis Investigativas do Setor 3 (Lote 3)	202
<b>5.3</b>	<b>Custos das rotas tecnológicas (RTC) dos RSU de João Pessoa/PB por Lotes</b>	<b>207</b>
5.3.1	Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) - Lote 1	209
5.3.1.1	<i>Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 1 com todo o Lote 1</i>	<i>211</i>
5.3.2	Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) - Lote 2	214
5.3.2.1	<i>Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 2 com todo o Lote 2</i>	<i>215</i>
5.3.3	Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) - Lote 3	218
5.3.3.1	<i>Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 3 com todo o Lote 3</i>	<i>219</i>
5.3.4	Custos das Rotas Tecnológicas da Coleta Seletiva (RTS)	223
5.3.4.1	<i>Custos de Transporte das Rotas Tecnológicas RTS 1, 2 e 3</i>	<i>223</i>
5.3.4.2	<i>Custos de Instalações das Rotas Tecnológicas RTS 1, 2 e 3</i>	<i>226</i>
<b>5.4</b>	<b>Fluxos das rotas tecnológicas dos RSU de João Pessoa/PB</b>	<b>228</b>

5.4.1	Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 1	229
5.4.1.1	<i>Fluxo de Massa das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 1</i>	231
5.4.1.2	<i>Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 1</i>	235
5.4.2	Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 2	237
5.4.2.1	<i>Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 2</i>	237
5.4.2.2	<i>Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 2</i>	239
5.4.3	Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 3	241
5.4.3.2	<i>Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 3</i>	243
5.4.4	Fluxos das Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa	245
<b>5.5</b>	<b>Propostas de Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa/PB</b>	<b>252</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>263</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>268</b>
	<b>ANEXO – Relatório Geral de Pesagens do Aterro Sanitário de João Pessoa</b>	<b>277</b>
	<b>APÊNDICE A - Roteiro da entrevista às associações dos núcleos da coleta seletiva do município de João Pessoa</b>	<b>278</b>
	<b>APÊNDICE B - Roteiro da entrevista ao Diretor de operações da Emlur</b>	<b>279</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo faz parte da história do ser humano pois por meio dele torna-se possível a satisfação das suas necessidades. Aliado ao consumo surgiram novas sensações baseadas na compra como a felicidade, a autoestima e o bem-estar. Essas sensações passaram a trazer consequências para o mercado e meio ambiente. Essas consequências envolvidas em um mundo moderno caracterizado por grandes avanços tecnológicos promovem diversos efeitos negativos. A partir da década de 1980, o (neo) liberalismo promoveu a quebra das barreiras de comércio entre os países e a descentralização do Estado, o que impulsionou o crescimento dos mercados mundiais.

A quebra de barreiras mercadológicas trouxe à população uma série de problemas: o aumento do consumo, o crescimento de produção e a extração de matérias-primas, os quais têm acarretado uso intensivo dos recursos naturais e no aumento da quantidade e diversidade de resíduos; a obsolescência programada, ou seja, redução da duração do ciclo de vida dos produtos através do desenvolvimento tecnológico, que contribui para a busca cada vez mais acentuada diversidade de matérias e para o extrativismo descontrolado, colaborando, portanto para a degradação do meio ambiente. Essas questões causam impactos ambientais nem sempre previsíveis pela ciência, pelos produtores e pelos órgãos de gestão ambiental. A expansão do mercado consumidor e a alta descartabilidade das mercadorias ameaçam a sustentabilidade, assim como a gestão dos. Surge então a preocupação no que tange à adequada destinação dos resíduos sólidos, de forma a evitar os impactos ambientais relevantes e efeitos nocivos à saúde humana, e a forma de gerir todo o sistema que envolve o descarte.

No Brasil a geração total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2015, foi, aproximadamente, 79,9 milhões de toneladas, representando um aumento de 1,65% em relação a 2014, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,86%. O acompanhamento dessa geração também deve ser observado pelos gestores públicos como sinal de alerta, para um país que possui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que tem como um dos objetivos a não geração de resíduos. Como agravante a essa situação, observam-se os municípios brasileiros descartando cada vez mais resíduos sólidos, sem qualquer controle no descarte na natureza ou no seu acondicionamento. Mesmo com a promulgação da lei que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos em 2010, a destinação final dos RSU ainda é um problema de grandes proporções no Brasil. Segundo dados do

Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2015, publicado pela ABRELPE (2015), 58,7% dos municípios brasileiros dão destino e tratamento adequados aos RSU, o que não mudou em relação ao ano anterior. Porém ainda tem-se 41,3% do total de resíduos, 29.659.170 toneladas, que estão sendo destinados a lixões.

O problema torna-se ainda mais complexo, quando sete anos depois da vigência da lei, percebe-se que ainda há muitos entraves para sua aplicação, afinal, muitos gestores não conseguiram cumprir as metas estabelecidas pela PNRS. Com a Lei nº 12.305/2010 criou-se a expectativa das melhorias por parte das entidades públicas na gestão dos resíduos, pois a regulamentação facilita um direcionamento das iniciativas e dos investimentos no setor com a garantia e segurança necessária requerida por grupos por investidores de capital privado de grupos econômicos de porte.

A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil é definida pelos entes municipais. Enquanto os serviços são executados pelos órgãos municipais, principalmente nos municípios de pequeno e médio porte, nos de grande porte, embora ainda prevaleça a gestão local, a tendência tem sido de contratar ou conceder à iniciativa privada a coleta, o transporte e a destinação dos resíduos.

Diante do exposto, consegue-se justificar os grandes debates acerca da gestão de resíduos sólidos. Pesquisas em busca de soluções ambientais e gerenciais estão sendo concebidas de forma a oferecer opções para o equilíbrio entre os custos e os benefícios gerados, que abrangem não só as prefeituras, mas toda uma cadeia de atores (o associado de coleta seletiva, o sucateiro, a indústria da reciclagem, as empresas de tratamento, a sociedade como um todo e o meio ambiente).

A gestão ideal dos resíduos sólidos urbanos é complexa para ser planejada e implantada, envolve aspectos econômicos, sociais, políticos e ambientais. Além de complexa, é onerosa e por exigir conhecimento específico, requer profissionais qualificados. Entretanto, superada a fase de projeto e implantação, a operacionalização torna-se mais simples. Não há como desvincular a gestão adequada de resíduos sólidos de tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos. Nesse contexto, entende-se que haverá um movimento de mercado, em horizonte próximo, de demandas de projetos para potencialização da reciclagem e de novas técnicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos que abranjam outras tecnologias, que não apenas o aterramento.

Estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) de 2010, estimou em R\$ 8 bilhões as perdas do País com o não aproveitamento dos resíduos sólidos. A gestão dos resíduos sólidos tem criado desafios cada vez maiores para a sociedade moderna, especialmente

para a administração pública em razão da quantidade e da diversidade de resíduos, do crescimento populacional e do consumo, da expansão de áreas urbanas e da cultura histórica de aplicação de recursos insuficientes para a gestão adequada de resíduos. (BRASIL, 2010).

Percebe-se que um grande entrave para gestão dos resíduos sólidos é a questão econômica, não à toa que desde a década de 1990 vários estudos de gestão de resíduo estão associados ao campo econômico. Calderoni (1999), em seu clássico livro “Os Bilhões Perdidos no Lixo” evidenciou a viabilidade econômica da reciclagem dos resíduos sólidos a partir da mensuração dos ganhos que cada agente envolvido com a atividade poderia obter, no Município de São Paulo. O referido autor sempre é citado em teses e dissertações que tratam de viabilidade econômica de resíduos, como Pavan (2010) que estudou a viabilidade para a implantação das tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil, para recuperação energética a partir RSU, no município de São Paulo. Em Recife, existem alguns trabalhos que abordam o aspecto econômico das formas de tratamento e disposição dos resíduos, como o trabalho desenvolvido por Maciel e Jucá (2002), que avaliaram economicamente a implantação de aterros com aproveitamento energético para o Estado. Lucena (2004) englobou dois aspectos aliados ao lado econômico da questão, com o objetivo de realizar uma análise sistêmica sobre toda a cadeia que envolve o processo de geração, tratamento e destinação final nos municípios do Recife e Jaboatão dos Guararapes. Em João Pessoa, Nóbrega (2003) analisou a viabilidade econômica da coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares, o estudo foi desenvolvido a partir de um projeto piloto de coleta seletiva, a autora supracitada também avaliou a condição social e ambiental do projeto.

O presente estudo segue essa linha de pesquisa, tendo o município de João Pessoa como campo de investigação. A pesquisa estrutura e analisa a atual rota tecnológica de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos da capital paraibana, seu fluxo e custos, visando fornecer aos gestores e demais pesquisadores informações que possam subsidiar o processo de tomada de decisões na gestão dos resíduos sólidos, bem como estuda como maximizar a vida útil do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP), que teve suas atividades iniciadas em 2003, com previsão de tratamento no destino final de 1100t/dia, com vida útil de projeto de 21 anos. Também são abordados alguns indicadores de custos como forma de subsidiar análises que envolvam aspectos financeiros.

A construção de indicadores pode auxiliar na gestão pública em diferentes setores da sociedade, destacando, neste estudo, a importância de indicadores na área da gestão de resíduos sólidos como ferramentas que possibilitam o levantamento de dados essenciais para a

elaboração, implantação e acompanhamento do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (VEIGA; COUTINHO; TAKAYANAGUI, 2013).

### **1.1 Justificativa, Motivação e Problema de Pesquisa**

O ASMJP iniciou suas atividades em agosto de 2003, por meio do Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana de João Pessoa – CONDIAM. Além do município de João Pessoa o aterro recebe também os resíduos de Cabedelo, Bayeux, Santa Rita e Conde e do município de Alhandra, desde 2013 e que não faz parte do referido do consórcio. Tendo iniciado suas atividades em agosto de 2003, o ASMJP possui 14 anos de funcionamento, e considerando o tempo de vida útil do projeto, restam mais 8 anos de atividades. Quanto aos objetivos da PNRS nota-se que o município ainda precisa implementar tecnologias que permitam seu cumprimento. Em meio a essa obrigação de seguir o estabelecido pela legislação desde 2010, atenta-se para um iminente problema, a disposição dos resíduos sólidos do município de João Pessoa, do ponto de vista técnico e as formas de tratamento. Além desse problema, percebe-se uma ineficiência no sistema de coleta seletiva, e a urgência em se cumprir o estabelecido pela PNRS e pelo PMGIRS.

Visando uma mudança abrupta do ponto de vista da disposição final dos resíduos em médio e longo prazo, é tempo de se planejar para o futuro e considerar toda conjuntura da gestão dos resíduos sólidos municipais. Muitas opções podem e devem ser analisadas e ponderadas do ponto de vista social, ambiental, técnico e financeiro.

Após o encerramento do ASMJP, a solução para a capital paraibana pode ser dispor seus resíduos em uma área mais distante, que certamente, gerará mais custos para as finanças do município. Mas sabe-se que a construção de novos aterros é a forma mais simples de se solucionar a problemática dos resíduos no município, é uma solução tradicional que apenas transfere o problema para alguns anos à frente sem efetivamente enfrentá-lo, além de que, isoladamente, essa solução não corresponde ao estabelecido na legislação federal e municipal. Essa situação evidencia a necessidade de discussão acerca da aplicação de tecnologias que reduzam a quantidade de resíduos a dispor, e ainda permitam benefícios adicionais como a obtenção de receitas pela comercialização de co-produtos gerados, como energia elétrica, composto orgânico ou cinzas para a construção civil.

A pesquisa atuará de forma a auxiliar as decisões da gestão dos resíduos sólidos, estudando como a coleta seletiva pode colaborar como um atenuante para mitigar esse problema

e trazendo um aumento na sobrevida do aterro. Outro ponto de motivação é investigar os gastos decorrentes da gestão dos resíduos, através da análise da rota tecnológica do município, criando subsídios para a elaboração de propostas de novas rotas tecnológicas de acordo com a atual conjuntura.

É nessa vertente que se justifica e motiva a presente produção científica que apresenta como questão da pesquisa: quais rotas tecnológicas de tratamento e destinação final de resíduos sólidos podem ser aplicadas no município?

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é analisar a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do município de João Pessoa através de um estudo detalhado acerca das suas rotas tecnológicas.

De forma mais específica, procura-se:

- Levantar as variáveis investigativas da gestão dos RSU por lotes e setores homogêneos da coleta e correlacioná-las com os indicadores comparativos de custos.
- Estruturar as rotas tecnológicas de RSU identificadas na capital paraibana e apresentar seus componentes.
- Relacionar as quantidades e composição gravimétrica de resíduos presentes nas coletas convencional e seletiva por lote da pesquisa.
- Elaborar os demonstrativos de custos e fluxos de massa das rotas tecnológicas dos RSU de João Pessoa.
- Propor rotas tecnológicas a serem implantadas no município de forma a otimizar os fluxos de massas e os demonstrativos de custos, prolongando a vida útil do aterro sanitário e cumprindo o estabelecido na PNRS.

### 1.3 Estrutura da Tese

No primeiro Capítulo faz-se uma introdução ao tema, apresentam-se as motivações que levam à realização do trabalho, os objetivos gerais e específicos. Por fim, é exposta a estrutura seguida ao longo do desenvolvimento da tese.

O segundo Capítulo traz fundamentos teóricos acerca dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sobre a relação entre a Gestão, o Gerenciamento e as Rotas Tecnológicas, além dos Aspectos Legais que envolvem a Gestão dos Resíduos Sólidos, como os Marcos Regulatórios do Saneamento, A Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS e a sua regulamentação.

O terceiro Capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, que inclui a área estudada, a delimitação do universo e amostra da pesquisa no campo espacial e dos tipos de resíduos que compõem o estudo, além dos recortes de delimitação geográfica. Nele também se faz a caracterização metodológica quanto aos objetivos, quanto às variáveis investigativas usadas, dados censitários, geração de resíduos, caracterização gravimétrica e indicadores de custo calculados.

No quarto Capítulo apresentam-se os resultados da pesquisa, a descrição da Gestão e Gerenciamento dos RSU do município de João Pessoa, os quantitativos gravimétricos de resíduos presentes nas coletas convencional e seletiva, os componentes das rotas tecnológicas de RSU da capital paraibana e finaliza a com a análise de como o potencial de reciclagem dos RSU de João Pessoa, pode contribuir para o aumento de vida útil do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa.

O quinto Capítulo discorre sobre a segunda e última parte das análises, apresentando variáveis investigativas e correlacionando entre os recortes da pesquisa, também mostra os Fluxos de Massa e os Demonstrativos de Custos levantados para as Rotas Tecnológicas dos Resíduos da capital paraibana para cada unidade espacial pesquisada.

No sexto e último Capítulo são relatadas as considerações finais e conclusões do trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas, apêndices e anexos.

## **2 GESTÃO, GERENCIAMENTO E ASPECTOS LEGAIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Este Capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dirigida ao eixo central do estudo, que seja a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. A princípio apresentam-se as definições e classificações de resíduos sólidos, aborda a aplicação de gestão e gerenciamento destes, e, ao final, trata do conceito de rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos, especificamente no município de João Pessoa.

### **2.1 Resíduos sólidos: conceituação e classificação**

Em 2010, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº. 12.305/2010, especificamente em seu artigo 3º, define resíduos sólidos como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010c, p.1).

Esta definição diferencia os resíduos dos rejeitos os quais são conceituados, na mesma lei, como aqueles resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Esse avanço na construção de um conceito mais abrangente, que supera o conceito básico, histórico e tradicional vem a quebrar o paradigma de que a gestão dos resíduos se limita a limpeza urbana.

### **2.2 Classificação dos Resíduos**

São vários os tipos de resíduos gerados nas atividades humanas e produtivas, tendo assim várias maneiras de classificá-los. Quanto à natureza física, podem ser secos ou molhados; quanto a composição química há os resíduos compostos predominantemente de matéria orgânica e os que possuem a predominância de materiais inorgânicos. A ABNT nº 10.004/2004 também os classifica quanto ao grau de periculosidade que podem oferecer, tal grau é a característica apresentada por um resíduo que, em função de suas características química, física

ou infecto-contagiosa, podendo apresentar riscos ao meio ambiente e à saúde pública provocando mortes, incidência de doenças ou aumentando seus índices.

Resíduos Classe I – Perigosos (possuem pelo menos uma das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade).

Resíduos Classe II - Não Perigosos

IIA – Não Inertes (podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, porém não se enquadram como inertes nem como perigosos – são os resíduos considerados domésticos). Nesta categoria, enquadram-se os papéis, papelão, matéria vegetal e outros.

IIB - Inertes (são aqueles que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos no solo). São aqueles que, submetidos a testes de solubilização, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais, pode-se citar rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Há também a forma de classificar os resíduos quanto à sua origem, são aqueles produzidos pelos diferentes setores da sociedade: resíduos residenciais, comerciais, de estabelecimentos de saúde, industriais, da limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e, finalmente, os agrícolas. Cada uma dessas fontes infere aos resíduos composições específicas. As características dos resíduos podem ainda variar em função de fatores que distinguem as comunidades entre si, como sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, além dos aspectos biológicos e químicos. O conhecimento destas características possibilita uma escolha mais apropriada na seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final a serem utilizadas.

Para Lima et al. (2013) a caracterização dos resíduos sólidos tem como objetivo principal subsidiar o planejamento das atividades de gerenciamento, de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos. Para os autores, é a partir da caracterização e quantificação dos resíduos gerados que qualquer medida relacionada à limpeza pública é tomada. O conhecimento desta informação possibilita uma escolha mais apropriada na seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final a serem utilizadas.

### **2.3 Gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos**

Os conceitos de gestão e gerenciamento são oriundos da ciência da administração e associados às noções de planejamento, organização, direção e controle. No vocabulário corrente das ciências sociais essas palavras são tomadas como quase sinônimas, porém embora pareçam ser similares, possuem abordagens diferentes em que uma complementa a

outra. Contudo, para melhor compreensão do processo de gerir e gerenciar, sobretudo, para contribuir para o enfrentamento das grandes questões, convém estabelecer certa distinção conceitual de palavras e realidades que, até aqui, têm sido tomadas como intercambiáveis.

O termo gestão dá ao mecanismo de avaliação a conotação de um processo que envolve atividades de planejamento, de acompanhamento e de avaliação propriamente dita, conforme Guimarães (1998). Neste sentido, na esfera pública também devem ser bem empregados. A gestão se baseia em políticas públicas e inicia-se na alocação estratégica de recursos e estende-se até o gerenciamento intensivo de programas considerados estratégicos.

A gestão atua na seara do planejamento, ou seja, no processo antecipado de alocação de recursos, de pessoas, de tecnologias, de processos. No campo dos resíduos sólidos, a gestão envolve desde a geração, o armazenamento, a coleta, transferência e transporte, processamento, tratamento e destino final dos resíduos sólidos, seguindo os princípios de políticas públicas específicas, preservação da saúde pública, economia, tecnologias e outros princípios ambientais.

Para tanto, envolve uma inter-relação de aspectos administrativos, financeiros, legais, de planejamento e de engenharia, cujas soluções são interdisciplinares, envolvendo ciências e tecnologias provenientes da engenharia, economia, sociologia, geografia, saúde pública, demografia, comunicações e conservação. (RUSSO, 2003, p. 8).

Russo (2003) ainda entende que a gestão dos resíduos sólidos apoia-se em pilares estruturantes que constituem uma política integrada em que se destacam: adoção de sistemas integrados, baseados na redução na fonte, na reutilização de resíduos, na reciclagem, na transformação dos resíduos (incluindo a incineração energética e a compostagem) e a disposição em aterros sanitários (energéticos e de rejeitos). Essa definição de 2003, ainda é recente, sendo inclusive, alguns conceitos observados na Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Para Seiffert (2005), gestão e gerenciamento têm um caráter bem diferenciado, à medida que o processo de gerenciamento está associado a medidas de caráter mais tático na organização, enquanto a gestão implica em processo de ordem mais estratégica. O processo de gestão sempre implicará na implantação de políticas, enquanto o gerenciamento se relaciona aos aspectos operacionais da limpeza urbana. A gestão traduz as tomadas de decisões em relação aos objetivos que se queira alcançar, usando os recursos disponíveis. Já o gerenciamento é o ato de gerenciar, administrar, gerir negócios, bens ou serviços.

Diante de todas dificuldades enfrentadas para se obter uma gestão eficiente de resíduos, diversidade de geradores, consumismo desenfreado, aumento da população, ausência de equipe técnica capaz de gerenciá-los, surge a necessidade da adoção de medidas de planejamento e controle desde a geração até a destinação final. A Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental (CETESB) (2006) afirma que a gestão dos resíduos deve incluir práticas ambientalmente seguras, de redução na fonte, reuso, reciclagem e recuperação de materiais e do conteúdo energético dos resíduos. Gerenciar resíduos não se resume a aplicar tecnologias de tratamento, todo o processo deve ser bem estudado e escolhido. Em geral, a principal conclusão dos estudos que analisam os sistema de gestão dos RSU é o de reduzir a emissão de poluentes no ambiente, uma abordagem integrada de gestão de resíduos sólidos urbanos, uma vez que o planejamento da coleta separada pode ter efeitos sobre os diferentes tipo de tecnologias subsequentes (GIUGLIANO et al., 2011).

Leite et al. (1999) já se preocupavam em distinguir a gestão dos resíduos sólidos do gerenciamento. Para os autores supracitados o conceito de gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e meios; já o termo gerenciamento de resíduos sólidos “refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se à prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos”.

Os resíduos sólidos urbanos quando analisados do ponto de vista da gestão podem ser divididos em categorias conforme suas utilidades e necessidades. Os recicláveis/reutilizáveis, que podem ser aproveitados com fins diversos; os de decomposição orgânica, putrescíveis, que podem ser reutilizados como fertilizantes ou objetos de fermentação para produção energética; e os rejeitos, inservíveis, que não possuem mais nenhum aproveitamento econômico, restando-lhes a eliminação ou aterramento.

A gestão e o gerenciamento dos resíduos do gênero domiciliar, comercial<sup>1</sup> e público são de responsabilidade do poder público. Esse trabalho tratará apenas dos chamados resíduos

---

<sup>11</sup> Segundo a Lei número 16 de 28 de dezembro de 1998, são estabelecimentos comerciais aqueles que necessitem de uma coleta diária superior a 200 litros, e os estabelecimentos industriais de 500 litros/dia.

sólidos urbanos (doméstico, comercial e de limpeza pública), cuja responsabilidade de gestão é exclusiva da Prefeitura Municipal de João Pessoa.

Lopes (2007) define a gestão de resíduos sólidos, como todas as normas e leis relacionadas a estes e denomina gerenciamento de resíduos sólidos como todas as operações que envolvam os resíduos, como coleta, transporte, tratamento, disposição final e entre outras.

Após exaustiva discussão acerca de gestão e gerenciamento, deve-se deixar claro que os objetivos dessas duas atividades sobre os resíduos sólidos recaem sobre quatro pilares:

- a) evitar ou diminuir a produção de resíduos;
- b) reutilizar ou reciclar os resíduos;
- c) utilizar a energia presente nos resíduos;
- d) “inertizar” e dispor os resíduos.

A PNRS também define a hierarquia das opções relativas à gestão de resíduos cuja gradação vai da prevenção na origem até à disposição final. No Quadro 1 pode-se observar a hierarquia das opções de gestão de resíduos sólidos.

Quadro 1 - Hierarquia das opções de gestão de resíduos sólidos

Prevenção na origem	Prevenção integral a que corresponde a completa supressão dos resíduos gerados nos processos industriais.	Alta prioridade
Redução na origem	Prevenção, redução ou eliminação de fluxos de resíduos, geralmente dentro das fronteiras da unidade produtiva através de alterações nos processos ou procedimentos industriais.	
Redução na origem	Reprocessamento dos resíduos num processo de produção para um fim inicial ou para outros fins.	
Valorização energética	Utilização de resíduos para a produção de energia através da incineração direta com recuperação de calor.	
Tratamento	Destruição, neutralização ou redução da periculosidade dos resíduos.	Baixa prioridade
Disposição final	Introdução dos resíduos no meio ambiente, em condições controladas de forma a evitar da sua periculosidade. A adequada disposição no solo pode envolver redução de volume, confinamento de lixiviado e adequadas técnicas de monitorização.	

Fonte: Braga e Morgado (2007)

Segundo Lima (2001) há de se estabelecer um modelo de gestão de resíduos sólidos e este é entendido como um conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais, financeiras e ambientais capazes de propor a organização do setor. Para apresentar esse modelo há elementos indispensáveis na sua composição, tais como:

- Reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, mencionando os papéis por eles desempenhados promovendo a sua articulação;
- consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis;
- mecanismos de financiamento para a auto-sustentabilidade das estruturas de gestão e gerenciamento;
- informação à sociedade, implementada tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que se tenha um controle social, que este segundo a PNRS é o conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações e participação nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos;
- sistema de planejamento integrado, orientando a implementação das políticas públicas para o setor.

Lima (2001) veio a ratificar o que Leite et al. (1999) já afirmara, tendo em vista que os componentes dos modelos de gestão envolvem fundamentalmente três aspectos: os arranjos institucionais, que contemplam os diversos órgãos (ministérios, agências, conselhos, dentre outros) nos diversos níveis (federal, estadual e municipal) que participam das tomadas de decisões na área de resíduos sólidos, os instrumentos legais, que contemplam os diversos textos legais (leis, decretos, resoluções, estatutos, dentre outros) abordando a questão dos resíduos sólidos, e por fim, os mecanismos de financiamento, que contemplam os fundos de financiamento, os quais dão o suporte financeiro para se executar as atividades relacionadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

A PNRS também distinguiu os dois termos no seu artigo terceiro, quando define o gerenciamento como sendo o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos; e a gestão como o 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.

## 2.4 Gestão e gerenciamento integrados de resíduos sólidos

A gestão de resíduos envolve uma inter-relação entre aspectos administrativos, financeiros, legais, de planejamento e de engenharia, cujas soluções são interdisciplinares e multidisciplinares, envolvendo ciências e tecnologias provenientes da engenharia, economia, sociologia, geografia, planejamento regional, saúde pública, demografia, comunicações e conservação. E é essa inter-relação que faz transcender a gestão para o conceito de gestão integrada, em que todos esses aspectos são pensados e considerados na concepção do planejamento da gestão dos resíduos sólidos.

Lopes (2007) enfatiza tanto a dificuldade da gestão, que não pode ser negligenciada, pois como coloca Demirbas (2010) a finalidade da gestão de resíduos é proporcionar melhores condições sanitárias para os cidadãos de um modo geral, reduzir a quantidade de matéria que entra ou sai da sociedade e incentivar a reutilização da matéria no seio da sociedade. Mas como promover as melhores condições sanitárias e ambientais, em meio a dificuldade de recursos, a tamanha diversidade de variáveis envolvidas? Para atingir estes objetivos o sistema de gestão de resíduos deve ser bem elaborado e bem executado por meio de um gerenciamento eficaz. A literatura apoia-se na integralidade da gestão, mas integralidade de que aspectos? Há quem relate sobre a integralidade das classes (RSS, RCD, RSU, Resíduos industriais, entre outras), integralidade das fases de execução ou linhas tecnológicas de valorização, tratamento e eliminação, que ao nosso ver refere-se ao gerenciamento, até mesmo na integralidade dos atores envolvidos, do gestor ao profissional de coleta. Pode-se concordar com todos. Entende-se a gestão integrada de forma ainda mais complexa, devendo envolver a integração dos diversos atores, de todas as classes e de todos os processos de forma a obter êxito nas propostas conforme as condições e dados da população.

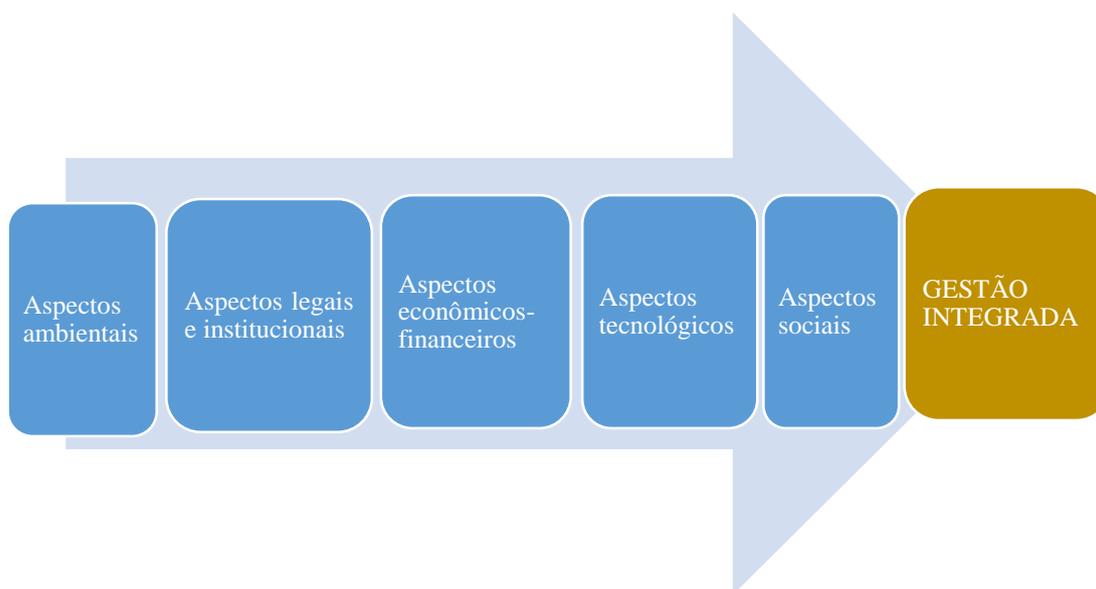
Mesquita Junior (2007) tem uma abordagem mais ampla, quando afirma que para a aplicação da gestão integrada de resíduos sólidos devem-se definir estratégias, ações e procedimentos que busquem o desenvolvimento sustentável a partir do consumo responsável, da minimização da geração de resíduos e da promoção do trabalho dentro de princípios que orientem para um gerenciamento adequado, com a participação dos diversos segmentos da sociedade, de forma articulada. Para o autor o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos contempla os aspectos institucionais, administrativos, financeiros, ambientais, sociais e técnico-operacionais.

A gestão integrada vai além dos procedimentos do gerenciamento técnico-operacional, pois extrapola as variantes da administração pública, federal, estadual ou municipal, quando

considera o aspecto social como parte integrante do processo, além de contar com o apoio do setor privado e de organizações não-governamentais). Conforme orientação da PNRS, também deve considerar a ampla participação da sociedade geradora e responsável pelos resíduos e aqueles que estão diretamente ligados as questões operacionais, como os catadores. Deve estar sempre apoiada em pilares legais que contemplem todas as ações e determinem as bases financeiras.

Nessa fase tão importante para a solução dos problemas dos resíduos, as estratégias de atuação devem ser concebidas conforme os aspectos demográficos da população e executados após o estudo de todas as opções tecnológicas disponíveis conforme as exigências, sempre tendo como perspectiva as melhores soluções ambientais, econômicas e sociais. A Figura 1 mostra o resumo do conceito.

Figura 1 - Dimensões da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Mesquita Junior (2007) entende que a gestão integrada trabalha na própria gênese do processo e o envolve como um todo. Não é simplesmente um projeto, mas um processo, e, como tal, deve ser entendido e conduzido de forma integrada, tendo como pano de fundo e razão dos trabalhos, nesse caso, os resíduos sólidos e suas diversas implicações. Deve definir estratégias, ações e procedimentos que busquem o consumo responsável, a minimização da geração de resíduos e a promoção do trabalho dentro de princípios que orientem para um gerenciamento adequado e sustentável, com a participação dos diversos segmentos da sociedade, de forma articulada.

Conforme o mesmo autor, deve-se criar um alicerce para o gerenciamento de resíduos, de acordo com o modelo de gestão. Em conexão a esse pensamento acrescenta-se que para um gerenciamento integrado e harmônico faz-se mister a base, a fundação de uma gestão integrada. Quando concebida de forma integrada, a execução do proposto pela gestão inexoravelmente comporão um gerenciamento integrado.

Philippi Junior e Bruna (2004) abordam o tema gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, conferindo às diferentes técnicas de manejo, possibilidades de alcance dos objetivos do plano de gestão e, portanto, o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos constitui-se em um conjunto de instrumentos e técnicas, que o município deve aplicar com o objetivo de aumentar a eficiência de cada um dos instrumentos de manejo.

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve ser integrado, ou seja, deve englobar etapas articuladas entre si, desde a não geração até a disposição final, com atividades compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor, respectivamente, governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada (ZANTA; FERREIRA, 2003).

## **2.5 Gerenciamento e rotas tecnológicas para os resíduos sólidos**

Visando otimizar as atividades ligadas aos resíduos e aplicar o estabelecido pela PNRS é preciso executar a gestão de resíduos sólidos como o processo de conceber, planejar, definir, organizar, e controlar as ações a serem efetivadas pelo sistema de gerenciamento de resíduos. Quanto ao gerenciamento de resíduos, este deve promover o conjunto de ações técnico-operacionais que visem implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão (ARAÚJO, 2002).

Uma das alternativas para os municípios cumprirem o determinado na PNRS e aos chamados do Ministério Público é o adequado gerenciamento dos seus resíduos, que do ponto de vista prático resume-se a coletar e dar uma destinação final adequada aos mesmos. Do ponto de vista do saneamento ambiental é a busca de alternativas tecnológicas de coleta, tratamento e disposição final sustentável, que atenda às condições peculiares do município quanto às dimensões ambiental, sócio-cultural, política, econômica e financeira, e que, simultaneamente, sejam integradas às demais etapas do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos - GIRSU.

Zanta e Ferreira (2003) afirmam que a escolha dessas tecnologias deve buscar:

- o manejo ambientalmente adequado de resíduos sólidos urbanos;

- a capacitação técnica das equipes responsáveis pelo projeto, operação, monitoramento e encerramento do aterro;
- a geração de emprego e renda;
- custos adequados à realidade sócio-econômica dos municípios;
- o efetivo envolvimento dos atores políticos e institucionais e da população local.

Para Zanta e Ferreira (2003) a prioridade dada à redução de resíduos ou a determinada tecnologia de destinação final é uma tomada de decisão em nível de gestão. Lembrando-se de que para viabilizar esta tomada de decisão é imprescindível estabelecer as condições políticas, institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais necessárias. Por sua vez, os aspectos tecnológicos e operacionais relacionados a determinado programa de redução na fonte ou à implementação de um aterro de disposição de resíduos, o que envolve também os fatores administrativos, econômicos, sociais, entre outros, são de atribuição do gerenciador do sistema de limpeza urbana.

A finalidade do gerenciamento dos resíduos é implementar o estabelecido pela gestão, ou seja, proporcionar melhores condições sanitárias e ambientais, reduzir o volume de resíduos gerados pela população de modo geral e motivar as técnicas de reutilização e reaproveitamento disponíveis para cada grupo de resíduos. Para fazer esse sistema funcionar com eficiência e eficácia, suas fases devem estar bem estabelecidas e devidamente integradas. Para Lima et al. (2013) sua implementação requer uma descentralização das ações, bem como uma participação dos diversos setores da sociedade.

O processo de gestão dos resíduos sólidos urbanos é responsabilidade direta do poder público municipal e é composto pela geração, coleta, transporte e transbordo, triagem/tratamento e destino final. Esse processo nem sempre ocorre de forma coerente em função de diversos fatores como inexistência de políticas públicas que orientem a população, limitações financeiras (por erros de orçamentos, tarifas desatualizadas e deficiência da linha de crédito) e técnicas (dos profissionais envolvidos na gestão, gerenciamento e operação).

Neste trabalho o termo gerenciamento agrega as fases de geração, coleta, transporte e transbordo, triagem/tratamento e destino final do ponto de vista administrativo-financeiro. Ao serem estipuladas as rotas de geração, coleta, transporte/transbordo, tratamento e destino final, serão formadas as rotas tecnológicas de cada situação. O gerenciamento compõe a parte administrativa-financeira de cada uma das fases, e a rota tecnológica responde por todos os componentes técnicos (Figura 2).

Figura 2 – Gerenciamento e Rotas Tecnológicas



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Segundo Jucá et al. (2014, p. 89), rota tecnológica dos resíduos sólidos urbanos “é um conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos, desde a sua geração até o seu destino final, que envolve os circuitos de coleta de resíduos indiferenciados (todo o tipo de resíduo) e resíduos diferenciados (incluindo coletas seletivas)[...]”. Os autores ainda complementam que as rotas fazem parte do contexto de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e podem surgir a partir de uma segregação na origem dos resíduos, e depois uma coleta diferenciada. Esse primeiro passo necessita da vontade política dos gestores e principalmente de recursos aportados em projetos viáveis.

A adoção de determinadas formas de tratamento implica na separação prévia dos resíduos, através de coletas diferenciadas, sem a qual não haverá resultados efetivos do tratamento ou do sistema. Outro aspecto relevante é a necessidade de analisar os resíduos sólidos urbanos em forma de cadeia produtiva, considerando sua geração (quantidade e composição), acondicionamento e coleta, diferentes tipos de tratamento e destinação final. Esta sequência define uma rota tecnológica de tratamento de resíduos, abordada nos Capítulos seguintes. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2013, p 5)

O fio condutor do conceito de rota tecnológica é adoção de alguma técnica de tratamento por meio de um encadeamento de ações que consideram todas as etapas do fluxo dos resíduos desde a sua geração, em termos qualitativos e quantitativos, seu acondicionamento, os circuitos das coletas necessárias, seus tratamentos e destinação final. Mesmo não sendo uma tecnologia, a coleta (seletiva ou convencional) também faz parte da rota tecnológica. Sendo

assim, a composição de duas ou mais tecnologias, a partir da geração até a destinação dos RSU formam a chamada rota tecnológica.

As rotas tecnológicas devem preconizar os princípios da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e seus objetivos conforme exposto no próximo Capítulo.

Segundo Jucá et al. (2014) a estruturação de rotas tecnológicas para a gestão de RSU no Brasil deve ser executada à luz da legislação vigente, em especial considerando as diretrizes e metas definidas na PNRS. Os autores reforçam que dentre os diversos princípios e objetivos estabelecidos na referida lei, destacam-se a erradicação dos lixões e o reconhecimento do resíduo sólido como um bem econômico ao qual é possível agregar valor a partir de sua reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético, além de possuidor de um valor social como elemento gerador de trabalho e renda. Deve-se ainda considerar nas rotas tecnológicas os aspectos econômicos (a viabilidade de cada solução), sociais (geração de empregos e renda), além dos aspectos ambientais (por exemplo as tecnologias de baixo carbono).

O aumento populacional associado à geração de resíduos acarreta também no aumento das emissões de GEE. A análise dos aspectos ambientais para escolha de tecnologias de tratamento de resíduos, além de reduzir a poluição do solo e dos corpos hídricos, também pode viabilizar a redução das emissões de GEE, afinal cada tecnologia de tratamento possui uma contribuição diferente na emissão de gases poluentes. Hogg e Ballinger (2015) mostram que assim como a composição dos resíduos a forma de tratar também interfere nas questões ambientais, técnicas de reciclagem de material seco apresentam mudanças climáticas mais benéficas do ponto de vista dos GEE que técnicas de tratamento de matéria orgânica. Apesar do setor de resíduos ser o responsável pela menor parcela das emissões de GEE no Brasil (SEEG, 2016).

A depender do tipo de tratamento adotado mais ou menos empregos são gerados, esse dado dependerá do porte da planta tecnológica de tratamento, em meio a cenários de desemprego, esse aspecto ganha ainda mais destaque. Alguns trabalhos já mencionam a estatística do número de profissionais por tecnologia de tratamento. Den Boer et al. (2005) apontam que na triagem semi-mecanizada são gerados 35 empregos/10.000 t/ano; na triagem mecanizada são 6 empregos/10.000 t/ano; a compostagem gera 5 empregos/10.000 t/ano; a digestão anaeróbia gera 3,5 empregos/10.000 t/ano e a incineração, 1 emprego/10.000 t/ano. Reichert (2013) pesquisou a relação de empregos no manejo de resíduos e achou que a coleta convencional gera 1,49 empregos/1.000 t, a coleta Porta-a-Porta gera 4,14 empregos/1.000 t e a containerizada gera 0,53 empregos/1.000t, a triagem manual gera 232 empregos/10.000 t/ano e os aterros sanitários geram 1 emprego/10.000 t/ano.

Os custos das rotas tecnológicas recebem influência de muitas variáveis, porte do município, cultura da população, clima, localização geográfica, além do apoio legal. A viabilidade da rota tecnológica vai depender do processo escolhido, da forma de cobrança e da gestão dos recursos envolvidos para manutenção da mesma.

O planejamento das rotas e das tecnologias empregadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos é papel dos gestores público municipal. Importante quantificar e identificar a população a ser atendida pelas tecnologias, essa variável juntamente com a taxa de geração serão as variáveis indicadoras de capacidade da rota. As rotas dimensionadas para uma população “X” não pode servir de modelo para uma população “Y” que possui diferentes indicadores de capacidade. Outro indicador a ser mensurado é a renda da população que juntamente com fatores culturais pode ter interferência no desenho da rota. Neste sentido, tecnologias que são inviáveis para uma amostra populacional podem ser viabilizadas para outra.

A Figura 3 mostra uma representação da rota tecnológica dos EUA.

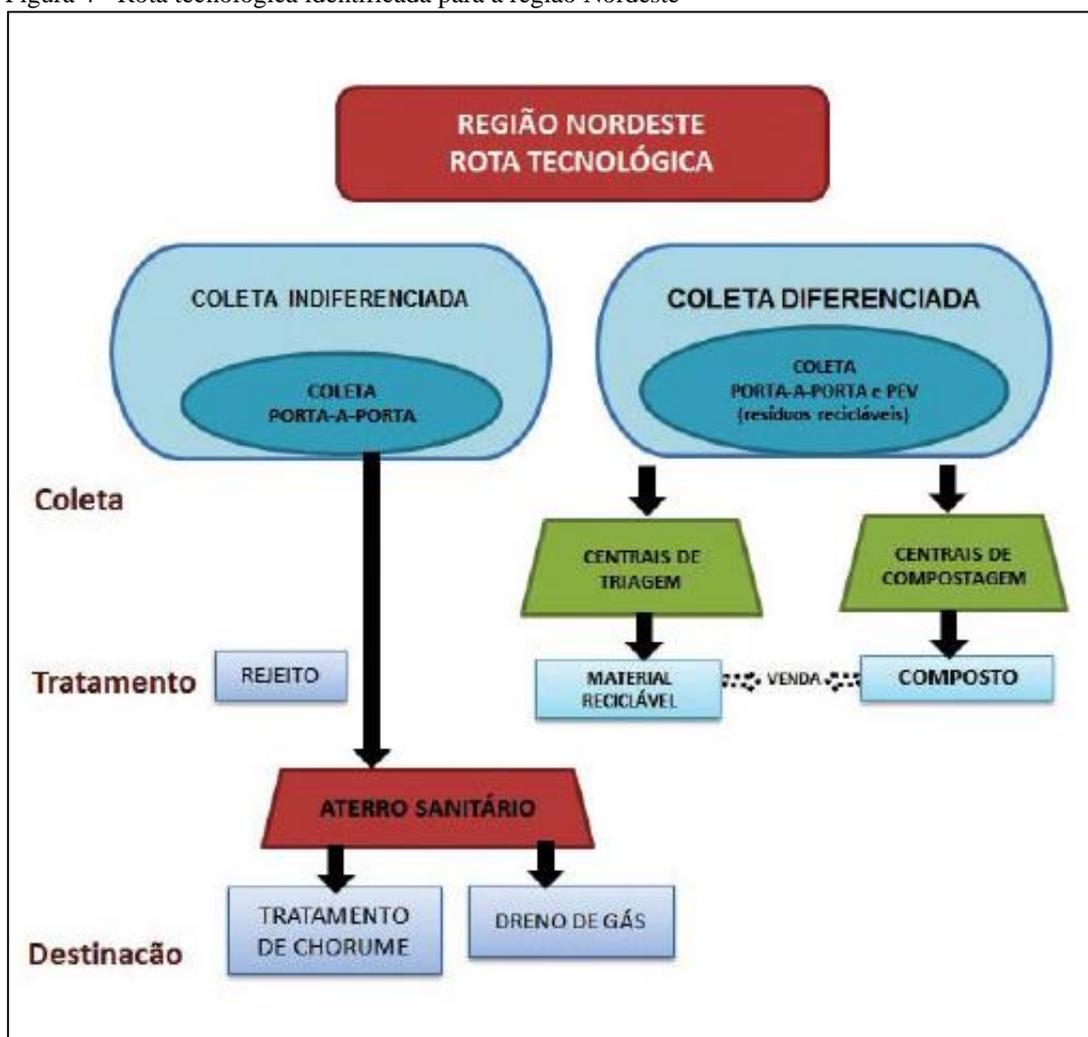
Figura 3 – Rotas tecnológicas para a gestão dos RSU adotadas nos EUA



Fonte: Jucá et al., 2014

A Figura 4 mostra a rota tecnológica identificada para a gestão dos RSU da região Nordeste do Brasil.

Figura 4 - Rota tecnológica identificada para a região Nordeste



Fonte: Jucá et al., (2014)

Para região Nordeste do Brasil a rota tecnológica predominante é a Coleta Indiferenciada (Convencional) que direciona os rejeitos ao aterro sanitário que possui tratamento de chorume e/ou drenagem de gás (Figura 4). Há ainda a possibilidade, em alguns casos, da existência de uma Coleta Diferenciada (Seletiva), a qual encaminha os resíduos orgânicos a uma Central de Compostagem e os resíduos recicláveis a uma Central de Triagem, ambos promovem a venda dos produtos. Quando se refere a rota tecnológica no Nordeste, pode-se dizer que a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético, prevalece como rota tecnológica nessa região. Contudo, em alguns municípios, ainda existe uma rota secundária que envolve coleta diferenciada e triagem e, em raríssimos casos, inclui a compostagem (Jucá et al., 2014).

No Estado da Paraíba os autores supracitados estruturaram uma rota tecnológica idêntica à da região, assim as 3.324 toneladas por dia de RSU – comercial e industrial seguem

basicamente a concepção tradicional de gestão de resíduos, com coleta porta a porta nas regiões urbanas, transporte através de caminhões carroceria nos municípios de pequeno e médio porte e de compactadores nos de maior porte, sendo a destinação final realizada em aterros sanitários ou lixões.

A seguir são abordados conceitos técnicos acerca das etapas pelos quais os resíduos passam dentro de uma rota tecnológica.

## 2.6 Geração

Na estruturação de um processo de manejo e gestão de resíduos sólidos o primeiro elemento a ser estudado é a geração de resíduos produzida e as suas características, quanto mais resíduos produzidos, em quantidade e variedade, maiores serão os esforços para seu correto gerenciamento. Conhecer as características também facilita projeções futuras e as intervenções de educação ambiental e das políticas públicas.

Jacobi e Besen (2011) contrapõem o expressivo crescimento da geração de resíduos e às mudanças significativas em sua composição, características e o aumento de sua periculosidade, a obsolescência programada dos produtos, pela descartabilidade e pela mudança nos padrões de consumo baseados no consumo excessivo e supérfluo. Os autores afirmam que o crescimento e a longevidade da população aliados à intensa urbanização e à expansão do consumo de novas tecnologias acarretam a produção de imensas quantidades de resíduos.

A PNRS fortalece os princípios da gestão integrada e sustentável de resíduos e prioriza a não geração de resíduos não ordem de ações da gestão e do gerenciamento, cabendo aos gestores a proposta de medidas de incentivo à não geração de resíduos antes mesmo das políticas de redução, reutilização e reciclagem. O Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015) indica uma geração per capita para a região Nordeste de 0,988 kg/hab.dia e para o Brasil o indicador é 1,062 kg/hab.dia e para o estado da Paraíba de 0,888 kg/hab.dia. Em João Pessoa, Medeiros (2015) mostrou a evolução da taxa de geração per capita do ano de 2003, 0,70 kg/hab\*dia, como a calculada para o ano de 2010, que foi 0,81 kg/hab\*dia, um aumento de 16% em sete anos.

Diferentes instrumentos econômicos podem ser utilizados para o cumprimento do estabelecido pela PNRS para não geração de resíduos antes mesmo das políticas de redução, reutilização e reciclagem, entre eles está a cobrança pela coleta e pela disposição dos resíduos em aterros, como uma forma indireta de inibir a geração dos resíduos, mas com o cuidado na determinação do valor de cobrança de forma a obter os resultados de redução e não geração,

sem induzir à disposição ilegal. Outra forma de cobrança pela geração é a taxa dos sacos de acondicionamento para coleta de resíduos vendidos no varejo, diferenciada em função das capacidades, sendo proibida a coleta de em sacos diversos, além da cobrança feita por moradia

A falta de recursos para a GRU, além de estimular a destinação inadequada pela má qualidade na prestação do serviço, canaliza os esforços institucionais para ações emergenciais como a eliminação dos lixões, deixando em segundo plano ações importantes como às de minimização. (GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2013). Campos (2012) observa que quanto maior o percentual de municípios que cobram pelos serviços, menor a geração *per capita* dos resíduos sólidos. A cobrança de taxa pela prestação dos serviços pode ser identificada como inibidora para a geração dos resíduos sólidos.

A geração envolve ações pontuais como a de segregar os resíduos de forma a valorizar da maior eficiência às etapas subsequentes de gerenciamento, evitando a contaminação de materiais reaproveitáveis em decorrência da mistura de resíduos. Já o acondicionamento dos resíduos sólidos, por sua vez, deve ser compatível com suas características quali-quantitativas, facilitando a identificação e possibilitando o manuseio seguro dos resíduos, durante as etapas de coleta, transporte e armazenamento (ZANTA; FERREIRA, 2003).

## 2.7 Coleta

A coleta baseia-se em recolher o lixo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e a disposição final. É um serviço complexo e tem como variável a densidade demográfica do município. Sua operacionalização depende de alguns fatores como a urbanização, a quantidade de resíduos, formas de acondicionamento, os custos e as longas distâncias.

O tipo de veículo coletor varia em cada município, dependendo da tecnologia usada e da capacidade econômica da municipalidade. O dimensionamento da frota depende do tamanho do município, das características quali-quantitativas dos resíduos, do número de veículos disponíveis para coleta, das distâncias até o ponto de descarga ou estação de transbordo, pavimentação, segurança, topografia e iluminação. As prefeituras quando da prestação do serviço de coleta também programam a frequência e o horário, a depender do porte, tráfego, volume de resíduos a ser coletado e frota de veículos.

Nessa fase também há grandes diferenças entre o Brasil e países que utilizam técnicas mais avançadas de gerenciamento, naquele há poucos casos de coleta mecanizada, existindo

ainda coleta a tração animal e nestes a maior parte coleta é feita mecanicamente. Essa etapa já pede sincronia com a etapa anterior, a otimização da coleta depende de um bom acondicionamento e segregação por parte da população.

Atualmente encontra-se vigorando uma portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), Portaria SIT nº 588 de 30/01/2017, na qual disponibiliza para consulta pública um texto a ser base de uma norma regulamentadora que trata dentre outros assuntos acerca da coleta de resíduos sólidos, que na maior parte do Brasil é realizada pelo órgão municipal responsável pela limpeza urbana em coletores compactadores de carga traseira com ou sem mistura, operado por um motoristas e agentes coletores de resíduo.

A intenção da norma é a busca pela segurança do busquem a segurança do trabalho nas operações de coleta de resíduos, dando formas eficientes e seguras no desempenho desta função, além de aumentar a produtividade. Entre os aspectos abordados, está a ergonomia por meio das plataformas ergonômicas operacionais, “estribos”, sobrecargas e movimentos corporais envolvidos, além da rotina operacional dos coletores, questões acerca da organização e métodos de trabalho, implantação de programas permanentes de prevenção e tratamento ao alcoolismo e ao uso de substâncias psicoativas. Também busca a regularização dos veículos de coleta e equipamentos de proteção individual e coletivo, com um alto grau de exigência, para um setor até então desregulado, a norma precisa ser bastante discutida a fim de evitar que as mudanças no setor não acarretem em desempregos.

Para o planejamento da coleta e do transporte dos resíduos municipais faz-se necessário conhecer o fluxo de veículos, estabelecer o nível de serviço a ser adotado, as características dos resíduos e dos veículos, além dos custos operacionais. O processo de coleta deve ser dimensionado de forma a garantir regularidade, frequência e universalidade.

O princípio básico do sistema de coleta e transporte dos resíduos sólidos urbano é retirá-los do local de geração e leva-los ao devido tratamento ou destino final. A operação de transferência dos resíduos para um local de armazenamento temporário, tratamento ou destino final dos resíduos pode ser feita de forma convencional ou seletiva.

No sistema seletivo, há a coleta separada (diferenciada) dos resíduos que foram segregados na geração com esse objetivo. A sua operacionalização requer um prévio planejamento, estruturação, campanhas de educação ambiental com fins a participação da população e um coerente dimensionamento.

Na coleta convencional da prefeitura, os resíduos são coletados nos locais onde são gerados e misturados dentro um de veículo transportador para depois seguirem até uma destinação. É um tipo de coleta básico (indiferenciado), que não exige um planejamento

estratégico que envolva a população, esse tipo de sistema é normalmente encontrado em municípios e cidade sem planejamento urbano, onde o setor de resíduos se encontra ainda desestruturado, sem legislação específica.

Para fins desse trabalho é denominada coleta seletiva (diferenciada), aquela realizada pelos agentes do sistema responsável pela coleta de materiais recicláveis, previamente segregados pela população com a finalidade de serem reutilizados, reciclados ou recuperados. Essa coleta pode ser realizada de porta em porta ou nos Postos de Entrega Voluntária (PEVs). A coleta convencional (indiferenciada) é a realizada pela prefeitura através das empresas contratadas para transportar os resíduos do ponto de geração ao aterro sanitário.

Zanta e Ferreira (2003) esclarecem que, independentemente do tipo de coleta a ser adotado, a educação ambiental é peça fundamental para a aceitação confiabilidade nos serviços prestados, motivando a participação da comunidade. As autoras, ao tratar sobre a valorização dos resíduos na reciclagem quando da escolha da coleta seletiva, afirma que os materiais recicláveis ganham maior eficiência por utilizarem como matéria prima, resíduos de melhor qualidade. Os resíduos coletados também podem ter maior valor agregado se beneficiados por meio de procedimentos como segregação por tipo de materiais constituintes, lavagem, trituração, peneiramento, prensagem e enfardamento de acordo com as exigências do mercado consumidor.

Independente da forma de coleta, ao serem gerados e, em seguida, coletados e transportados a um determinado fim, a massa desses resíduos formam um fluxo o qual será um dos objetos da presente pesquisa. Os fluxos das massas dos resíduos sólidos representam o caminho percorrido pelos mesmos informando simultaneamente suas massas

## **2.8 Tratamento**

O tratamento dos resíduos sólidos refere-se a todos os procedimentos (processos) químicos, físicos e biológicos aplicados aos resíduos de forma a reduzir sua carga poluidora no meio ambiente, os impactos ao homem e que também possam promover algum beneficiamento ao produto. Assim, sua finalidade é mitigar as características de periculosidade, promover a separação de componentes dos resíduos com a finalidade de serem utilizados ou tratados posteriormente; a redução da quantidade de resíduos enviados para disposição final e a transformação do resíduo num material reutilizável. (LIMA et al., 2013).

Há uma corrente de pesquisadores que apontam que apenas os resíduos potencialmente perigosos ou que ofereçam riscos de contaminação à saúde pública e ao meio ambiente são

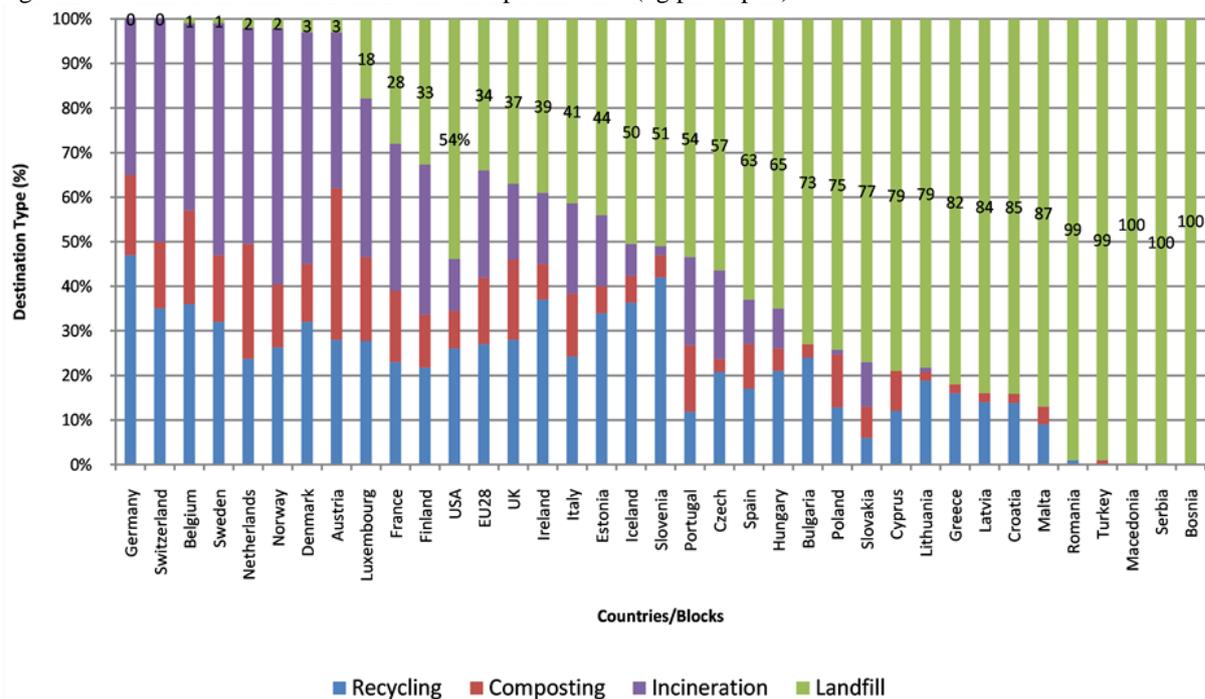
passíveis de tratamento. Essa mesma corrente, caracteriza que os resíduos após tratamento passam a ter as mesmas características dos resíduos domiciliares, são os resíduos de serviços de saúde e os industriais, que passam por tratamentos como a incineração.

Os estudiosos dos resíduos sólidos urbanos também se preocupam na forma em que esses resíduos afetam o meio ambiente e a saúde pública, embora que muitas vezes confundam o tratamento e a disposição final. Marchezetti, Kaviski e Janissek (2011) fizeram uma avaliação das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares, entre os quais podem ser citadas a gaseificação, pirólise, incineração, plasma, compostagem, reciclagem e digestão anaeróbia, partindo da premissa de que as centrais de tratamento de RSU têm como principal objetivo a minimização do volume de resíduos para a disposição em aterros sanitários, se for considerado que em qualquer processo de tratamento sempre haverá rejeitos, a melhor solução é reduzir a geração e separar os resíduos na fonte. As autoras hierarquizaram as tecnologias disponíveis para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares em função da relevância das tecnologias por meio da análise de diversos critérios como vantagens, desvantagens, produtos, percentuais de redução do volume, custo de investimento, prazos para implantação, entre outros. O resultado foi que a reciclagem e a compostagem são as alternativas que alcançaram os maiores resultados respectivamente, seguidas da pirólise, plasma, gaseificação, digestão anaeróbia e incineração.

O tratamento dos resíduos sólidos urbanos, conforme Leite *et al.* (1999) é entendido como o conjunto de atividades e processos com o objetivo de promover e valorizar alguns componentes, através da reciclagem, compostagem e recuperação energética. Ainda segundo os autores o tratamento não pode ser entendido como um sistema de destinação final completo ou definitivo, já que sempre haverá um resíduo remanescente não aproveitável. Ou seja, o tratamento por si não pode ser considerado como uma forma de destinação final, no entanto na destinação final ainda pode ocorrer, mesmo que de forma aleatória, alguns processos de tratamento.

Em países desenvolvidos, como a União Européia e os Estados Unidos, as principais preocupações com os resíduos sólidos urbanos são reduzir, reciclar e recuperar a energia, a fim de reduzir drasticamente a eliminação de resíduos para aterro. (BUFONI *et al.*, 2014). A Figura 5 mostra essa realidade no ano de 2012 para diversos países.

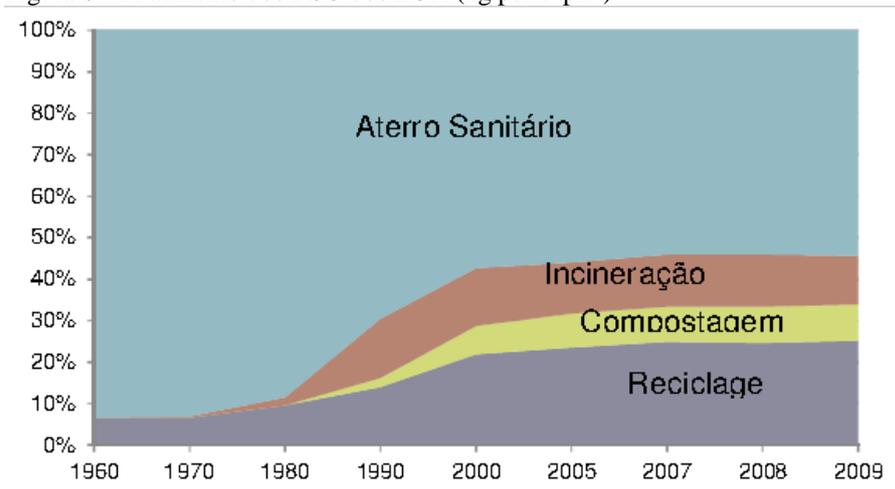
Figura 5 – Tratamento dos RSU da União Europeia e EUA (kg per capita)



Fonte: Eurostat data centre on waste (2014).

Nos Estados Unidos há uma expansão das técnicas de recuperação de resíduos a partir da década de 1980 (Figura 6).

Figura 6 - Tratamento dos RSU dos EUA (kg per capita)

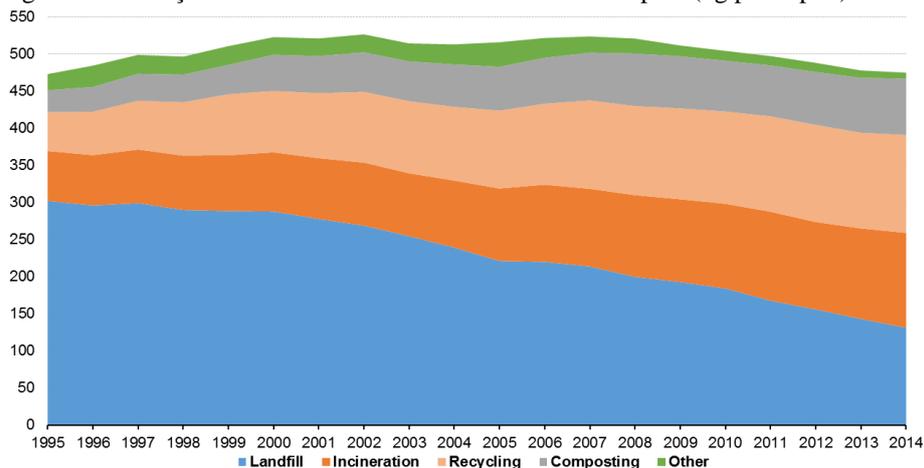


Fonte: Adaptado de EPA (2009).

Em 2009, a gestão dos resíduos sólidos urbanos dos Estados Unidos quantificou que cerca de 82 milhões de toneladas de RSU foram reciclados (cerca de 33,8% dos RSU totais gerados), 29 milhões de toneladas foram tratados via incineração com aproveitamento

energético (11,7%) e 131,9 milhões de toneladas (54,3%) foram destinadas em aterros ou outros tipos de disposição (EPA,2009). A Figura 7 mostra a evolução dos tratamentos de resíduos utilizados na UE-27 durante o período de 1995 a 2014. Através da referida Figura, percebe-se que na União Europeia há uma tendência para Incineração e Reciclagem, o que não ocorre nos Estados Unidos (Figura 6) que tem como maior opção a disposição em aterros sanitários.

Figura 7– Evolução do Tratamento dos RSU da União Europeia (kg per capita)



Fonte: Eurostat data centre on waste (2016).

Mesmo com mais resíduos sendo gerado na UE-27, a quantidade total de resíduos urbanos dispostos em aterro diminuiu. No período de referência, os resíduos sólidos urbanos em geral depositados em aterros na UE-27 caiu 78 toneladas milhões, ou 54%, passando de 144 toneladas milhão (302 kg per capita) em 1995 para 66 toneladas milhão (131 kg per capita) em 2014 (EUROSTAT, 2016). Isto corresponde a uma diminuição média anual de 4,0%. Durante os últimos dez anos (2004-2014) a disposição em aterro caiu em até 5,6% por ano em média. Como resultado, a taxa de disposição em aterro do município, comparado com a geração de resíduos, na UE-27 diminuiu de 63,8% em 1995 para 27,5% em 2014 (EUROSTAT, 2016). Esta redução pode ser parcialmente atribuída à implementação da legislação europeia, por exemplo, a Directiva 62/1994 sobre embalagens e resíduos de embalagens. Além disso, a Directiva 31/1999 aos Estados-Membros aterro estipulou a redução da quantidade de resíduos urbanos biodegradáveis destinados a aterros para 75% até 16 de julho de 2006, a 50% até 16 de Julho de 2009 e para 35% até 16 de Julho 2016 (EUROSTAT, 2016). Essa redução foi calculada com base na quantidade total de resíduos sólidos urbanos biodegradáveis produzidos em 1995.

As políticas internacionais estabeleceram uma hierarquia para gestão dos resíduos, de tal forma que foram maximizados seu aproveitamento (energia e materiais) e minimizados seus impactos ambientais. Os termos “Waste to Energy (WTE)”, “Waste

to Resource (WTR)”, entre outros, surgiram destas políticas protagonizadas pelos Governos dos EUA, Japão ou União Europeia (UE). Estes aspectos promoveram soluções de prevenção na geração dos resíduos, induziram a separação e incentivaram alternativas que produzissem um maior valor agregado aos resíduos gerados pela sociedade. (JUCÁ et al., 2013).

Para os países em desenvolvimento as metas de gestão de resíduos são muito mais incipientes, no Brasil, com uma nova regulamentação criada em 2010, ainda tenta erradicar os lixões. Ainda assim, percebe-se que algumas das tecnologias de tratamento mais comuns no Brasil são a triagem/reciclagem, a compostagem e a incineração para o caso dos RSS. Cabe a gestão dos resíduos sólidos definir, dependendo das características socioambientais, dos tipos de resíduos, da área envolvida e dos recursos técnicos e financeiros disponíveis, a tecnologia a ser adotada.

Outros pontos importantes são a aceitação pública da tecnologia, as decisões políticas e, principalmente, o conhecimento tecnológico do processo de forma a se ter uma transferência de tecnologia consolidada (LIMA *et al.*, 2013).

Sabe-se que na atual conjuntura e como explica Lima *et al.* (2013) no atual desenvolvimento tecnológico, há outras tecnologias existentes em países desenvolvidos. Segundo Jucá (2014), as tecnologias de tratamento de resíduos, mostradas no Quadro 2 são as principais formas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, com os seus sistemas básicos, seus processos e evoluções, além dos principais produtos - matérias primas e suas inovações tecnológicas.

Quadro 2 -Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos

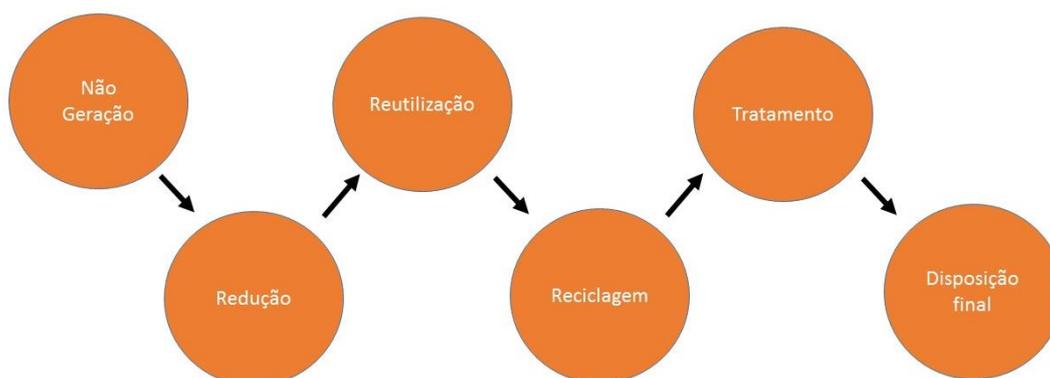
SISTEMAS BÁSICOS	PROCESSOS	EVOLUÇÃO	PRODUTOS	INOVAÇÃO
<b>Triagem</b>	Físico	Coleta Seletiva e Tratamento Mecânico Biológico (TMB)	Matéria-prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos Resíduos (Waste to Resources –WTR) e Energia Derivada dos Resíduos (Waste to Energy –WTE)
<b>Tratamento Biológico</b>	Biológico	Biodigestores Anaeróbios e Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia Derivada dos Resíduos (Waste to Energy – WTE)
<b>Incineração</b>	Físico e Químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia	Energia Derivada dos Resíduos (Waste to Energy –WTE)
<b>Aterro Sanitário</b>	Físico, Químico e Biológico	Reator Anaeróbio, Tratamento da Matéria Orgânica	Biogás (Energia) e Lixiviado	Energia Derivada dos Resíduos (Waste to Energy –WTE) e Fertilizantes

Fonte: Adaptado de Jucá (2014)

Percebe-se que cada uma das tecnologias passa por uma evolução com o passar dos anos, estes processos evoluíram tecnologicamente. Como exemplo destas inovações, as unidades de triagem evoluíram para os tratamentos mecânico-biológico (TMB), os tratamentos biológico evoluíram para os digestores anaeróbios (D.A) e a compostagem, as unidades de incineração evoluíram para tratamentos térmicos com de geração de energia e/ou vapor. A evolução dos aterros sanitários sem geração de energia foi para unidades de aterramento consideradas biodigestores anaeróbios com geração de energia ou queima de biogás (JUCÁ, 2014).

Vale ressaltar que apesar da importância das tecnologias de tratamento deve-se sempre seguir os princípios da PNRS da não geração, de redução e reutilização dos resíduos para depois encaminhá-los para tecnologias mais caras (Figura 8).

Figura 8- Ordem de Prioridade na gestão dos RSU



Fonte: PNRS (BRASIL, 2010)

A seguir serão apresentadas as três principais tecnologias de tratamento dos resíduos empregadas no Brasil.

### 2.8.1 Triagem/Reciclagem

A triagem consiste em uma separação. Após a coleta convencional ou seletiva, os resíduos podem ser levados à reciclagem, mas para que isso ocorra é necessário que os mesmos estejam separados conforme o seu destino.

Quando ocorre a coleta seletiva, o material é previamente segregado na sua fonte geradora, tornando a reciclagem mais produtiva. A ocorrência da triagem sem a coleta seletiva, acontece após a coleta convencional, os resíduos são encaminhados para um galpão de triagem

onde deve passar por um processo físico de triagem, sendo a parte aproveitável encaminhada para a reciclagem, cumprindo da etapa triagem/reciclagem, e a outra será destinada ao aterro sanitário ou destino final estabelecido pelo município.

A reciclagem é um processo através do qual materiais que se tornariam resíduo sólido são desviados para serem utilizados como matéria prima na manufatura de bens feitos anteriormente com matéria-prima virgem.

Esses dois processos físicos de tratamento trazem benefícios sócio, econômico e ambiental, quando permitem oportunidade de empregos e renda a toda cadeia, promovem o exercício da cidadania, quando possibilita que os cidadãos atuem ativamente na organização da cidade. Apesar dos custos para viabilizar a reciclagem, há um movimento em mais um setor da economia, quando se cria toda uma cadeia produtiva e de distribuição, com geração de emprego e renda. Para o meio ambiente, só há vantagens, pela redução dos resíduos em aterros sanitários, em rios e pela preservação dos recursos naturais, pelo aproveitamento dos resíduos. Em termos de sustentabilidade do sistema ampliam-se as oportunidades de negócios no mesmo setor econômico, reduzem-se as emissões de gases de efeito estufa e geram-se empregos e renda.

### 2.8.2 Compostagem

Toda gestão de resíduos deve avaliar as características do material a ser trabalhado permitindo assim um melhor rendimento no processo. Na compostagem, processo biológico de tratamento dos resíduos, é importante a colaboração da população com a segregação, pois diferentemente da reciclagem, a mesma não recupera materiais descartados e misturados na coleta convencional com a mesma eficiência. Fica claro que o sucesso dos tratamentos dos resíduos dependem da colaboração da população e do apoio de uma coleta diferenciada.

A compostagem é um processo biológico e controlado, no qual a matéria orgânica é convertida em composto orgânico pela ação de microorganismos já existentes ou inoculados na massa de resíduo sólido (MONTEIRO et al, 2001).

Para Pereira Neto (1996) o processo de compostagem é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos e envolve necessariamente duas fases distintas, sendo a primeira de degradação ativa (necessariamente termofílica) e a segunda de maturação ou cura. Na fase de degradação ativa, a temperatura deve ser controlada a valores termofílicos, na faixa de 45<sup>o</sup> a 65<sup>o</sup> °C. Já na fase de maturação ou cura, na qual ocorre a humificação da

matéria orgânica previamente estabilizada na primeira fase, a temperatura do processo deve permanecer na faixa mesofílica, ou seja, menor que 45<sup>0</sup>C.

Apesar da literatura enquadrar a compostagem como um processo biológico, a mesma utiliza de processos químicos, quando requer uma relação carbono/nitrogênio, uma quantidade de oxigênio (é um ambiente de aerobiose) e um pH ideal; e físicos, revolvimento mecânico ou manual, sistemas de aeração, teores de umidade, tamanhos das partículas e tamanhos e formas das leiras.

De acordo com Silva (2000, p. 15) a compostagem

[...] tem como função eliminar metade do problema dos resíduos sólidos urbanos, dando um destino útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterro e melhorando a estrutura do solo, devolvendo a terra os nutrientes de que necessita, aumentando a sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle da erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos. Este processo permite tratar os resíduos orgânicos domésticos (restos de comida e resíduos de jardim) bem como os resíduos provenientes da limpeza de jardins e parques públicos.

Os RSU por sua natureza possui um perfil orgânico o que potencializa a utilização da compostagem como processo de tratamento que transformará resíduos em um composto estabilizado, que pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo para fins de agricultura.

As vantagens encontradas nesse processo são, do ponto de vista econômico e ambiental, redução de investimentos na manutenção de aterros aumentando sua vida útil, pois grande parte dos resíduos que iriam para aterros passarão a ser composto e o aproveitamento agrícola desse composto, que passa a estimular a oferta de uma vida saudável alimentos produzidos sem o uso de agrotóxicos e sem aumentar os custos da produção.

Os produtos orgânicos que compõem os RSU são sobras de frutas, legumes, alimentos, folhas em geral, entre outros. Mesmo com todo processo de industrialização e com o uso frequente desses produtos nos grandes centros urbanos, no Brasil a compostagem ainda assim é viável.

Vale lembrar que a viabilidade dessa forma de tratamento, assim como de outras, dependendo do porte do município pode estar na associação, entre as dificuldades apresentadas pela tecnologia estão os custos de manutenção, implantação, sem esquecer da parte da população na efetiva segregação.

Para Jucá et al. (2014) são algumas das vantagens e desvantagens da compostagem:

- aumenta a vida útil do local de destinação final de resíduos – aterro sanitário;
- promove o aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso de composto orgânico no solo;

- os rejeitos podem ser lançados nos aterros sanitários, sem causar grandes problemas com relação a formação de gases e lixiviados visto que são materiais biologicamente estabilizados;
- exige pouca mão-de-obra especializada;
- reduz o transporte dos resíduos, caso haja uma boa localização da unidade de compostagem;
- a instalação e utilização da unidade de compostagem não causa nenhuma poluição atmosférica ou hídrica;
- processo ambientalmente seguro.
- requer uma separação eficiente de resíduos e um tempo de processamento que pode variar de uma semana a um mês;
- necessitam de mercado para revender seus produtos, tanto os materiais recicláveis quanto o adubo;
- necessita sempre de uma unidade de disposição final, como por exemplo, o aterro sanitário.

Não existem normas técnicas sobre a elaboração de projetos de compostagem no Brasil, o que existe são Decretos e Portarias sobre a produção e fiscalização dos fertilizantes e sobre o produto final da compostagem. No Quadro 3 estão listadas algumas dessas regulamentações.

Quadro 3 – Regulamentação para o uso de fertilizantes orgânicos no Brasil.

REGULAMENTO	DESCRIÇÃO
Decreto nº 86.955 de 19 de janeiro de 1982	Define fertilizante e fertilizante composto (obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal).
Portaria nº 1 de 4 de março de 1983	Dá especificações garantias e tolerância para os fertilizantes orgânicos, principalmente em termos de parâmetros físicos e químicos como teor de nitrogênio, matéria orgânica, umidade, pH e outros.
Portaria nº 31 de 8 de junho de 1982	Fixa os métodos analíticos que passam a constituir métodos padrões oficiais para análise de fertilizantes. Os métodos para análises químicas são do Laboratório Nacional de Referência Vegetal do Ministério da Agricultura.
Portaria nº 505 de 16 de outubro de 1998	Define normas disciplinadoras para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal.
Decreto nº 86.955 de 18 de fevereiro de 1982	Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.
Portaria nº 1 de 4 de março de 1983	Dispõe sobre as especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e os modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura.
Portaria nº 84, de 29 de março de 1982	Dispõe sobre exigências, critérios e procedimentos a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura.

Fonte: Jucá et al. (2014)

### 2.8.3 Incineração

A incineração é um processo de oxidação a alta temperatura, com a queima dos resíduos entre 1.000°C a 1.450°C, no tempo de até quatro segundos, devendo ocorrer em instalações bem projetadas e corretamente operadas, onde há a transformação de materiais e a destruição dos microorganismos dos resíduos sólidos, visando, essencialmente, à redução do seu volume para 5% e, do seu peso, para 10% a 15% dos valores iniciais.

As escórias e as cinzas geradas no processo nem sempre são consideradas inertes a depender da legislação local. Na Suíça as cinzas não podem ser usadas na base de pavimento, pois contaminam o subsolo; por outro lado, na Alemanha, elas podem ter estas e outras aplicações. Além disso elas geram um volume de aterro de cinzas que podem atingir 17% dos resíduos incinerados), devendo receber cuidados quanto ao acondicionamento, armazenamento, identificação, transporte e destinação final adequada (Jucá, 2017 – comunicação pessoal).

O objetivo principal dessa tecnologia consiste no tratamento térmico e redução do volume dos resíduos com a utilização simultânea da energia contida. A energia recuperada pode ser utilizada para produção de calor e produção de energia elétrica, sendo que o rendimento energético para produção de calor muito mais alto do que para energia elétrica (Jucá, 2017 – comunicação pessoal).

O nível de eficiência de destruição e remoção no processo de incineração, por incineradores do tipo convencional, do tipo rotativo, do tipo vertical e os de câmara, com as capacidades variando de 30kg/hora a 1.300kg/hora, não deve ser inferior a 99,99%. A geração de dioxinas e furanos, derivados de reações em moléculas de cloro expostas à grande pressão e temperatura, em ambientes cheios de matéria orgânica, causam danos ao meio ambiente e ao homem. Seus limites de emissões para atmosfera devem estar situados entre  $0,10 \pm 0,04$  mg/Nm<sup>3</sup> (MONTEIRO, et al, 2001).

Dentre as vantagens apontadas na literatura destacam-se a destruição da maior parte dos componentes do resíduo promovendo uma significativa redução de volume. Este aspecto é muito relevante em locais de baixa disponibilidade de áreas para tratamento e disposição dos resíduos; além de locais de muita demanda de energia calorífica. Além desta, é possível destacar as seguintes vantagens:

- Potencial de recuperação de energia superior aos aterros.
- Necessidade de menor área para instalação.
- Redução na emissão de odores e ruídos.

- Menor passivo ambiental das suas instalações.

Entre as principais desvantagens destacam-se:

- Elevados custos de instalação, operação e manutenção do tratamento dos resíduos.
- Os incineradores são grandes emissores de dioxinas, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxigênio residual (O<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>) e materiais particulados e de outros gases comprovadamente perigosos para a saúde pública e cancerígenos.
- Necessidade de potencial calorífero para a incineração (PCI), conferido essencialmente por papel, madeira e embalagens, o que torna um obstáculo à reciclagem, ou seja, quanto mais reciclar, papeis e embalagens, menos lucrativos serão os incineradores.
- Inviabilidade de produção em caso de resíduos com umidade excessiva, pequeno poder calorífico ou clorados.
- Baixa demanda de recursos humanos e necessidade de maior qualificação da mão de obra empregada.

Os incineradores na Europa, Estados Unidos e Japão operam sob uma legislação ambiental rigorosa, requerendo um maior custo para atender a mais alta tecnologia de controle de poluição atmosférica (Jucá *et al.*, 2014). Segundo Lima *et al.* (2013) a energia recuperada pode ser utilizada para aquecimento, produção de vapor e produção de energia elétrica

A quantidade típica de energia que pode ser produzida por tonelada de resíduos é cerca 0,7 MWh de energia elétrica e 2 MWh de aquecimento urbano. Assim, incinerando cerca de 1.200 toneladas de resíduos por dia, cerca de 34 MWh de energia eléctrica e 2.400 MWh para o aquecimento urbano poderia ser produzido a cada dia. Os métodos podem ser aplicados para o tratamento de resíduos sólidos, pode ser o do ciclo combinado(CHP), onde se tem a geração de energia eléctrica e de calor, bem como somente a geração de energia. Esta tecnologia de tratamento de RSU pode reduzir o volume dos resíduos sólidos urbanos em 90% e seu peso em 75%. A tecnologia de incineração é aconselhável para o tratamento térmico de grandes quantidades de resíduos sólidos (mais de 100.000 toneladas por ano ou 280 t/dia) (GANDOLLA, 2008 *apud* LIMA *et al.*, 2013).

A incineração no Brasil possui legislação específica para os casos de resíduos perigosos. No entanto, por cultura ou inviabilidade econômica, a disposição final em aterros sanitários é a prática amplamente utilizada.

#### 2.8.4 Biometanização (Digestão Anaeróbia)

Os principais gases gerados durante o processo de disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários são o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), sendo que o metano possui uma capacidade de retenção de calor 21 vezes superior ao dióxido de carbono. (MACIEL; JUCÁ, 2011). Juntamente com óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), os clorofluorcarbonetos (CFC) e o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) eles formam os gases chamados de biogás, sendo o metano o principal componente dos gases provenientes de aterro que podem ser utilizados de forma benéfica para geração de energia (DA PAZ et al., 2015).

A biometanização consiste no processamento de resíduos sólidos em biodigestores, transformando-o em adubo sólido, líquido ou gás natural, rico em  $\text{CH}_4$  (metano), que é um gás combustível e que se desprende com facilidade do meio líquido à temperatura ambiente. Esse procedimento que consiste em reproduzir em um meio confinado privado de oxigênio, o ciclo natural da decomposição, possibilita a separação de recicláveis, a eliminação de elementos tóxicos, para enfim, formar o composto derivado do resíduo (CDR), parte inorgânica, não tóxica e sem materiais recicláveis, será o combustível de uma usina de energia.

A eficiência do processo de biometanização não é somente produto da engenharia do reator e da regulação de fatores ambientais como temperatura, pH, carga orgânica aplicada, entre outros. Juntamente a isso, a eficiência da biometanização depende da dinâmica microbiana, pois são os micro-organismos os responsáveis diretos pelo funcionamento do sistema anaeróbio (BIANCO et al., 2015)

A principal vertente da biometanização é conciliar a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) com tecnologias que recuperem a energia presente nos resíduos e reduzam a emissão dos Gases Causadores do Efeito Estufa (GEE) (GOMES et al., 2012). Para os autores

Os aterros sanitários correspondem a técnica considerada ambientalmente correta no Brasil, embora em muitos países desenvolvidos não são consideradas as melhores opções tecnológicas, sendo um dos problemas às falhas na coleta e queima do biogás[...] Com este enfoque, diversas tecnologias têm sido pesquisadas e desenvolvidas e, nos últimos 20 anos, a digestão anaeróbia ou biometanização dos RSU vem apresentando uma grande expansão (GOMES et al., 2012).

Segundo Jucá *et al.* (2014) os principais fatores que conferem viabilidade econômica aos processos de Digestão Anaeróbia (DA) são: redução dos custos de disposição em aterro sanitário; geração de receita pela venda de energia renovável e ainda a possibilidade de comercialização de créditos de carbono (e este somente em países em desenvolvimento, como o Brasil). Os autores também afirmam que não existem normas técnicas sobre a Digestão Anaeróbia no Brasil e apresentam as seguintes vantagens e desvantagens do processo:

aumento da vida útil dos aterros sanitários; retirada da fração orgânica dos RSU, que é a fração que resulta em odores desagradáveis e geração de lixiviados de alta carga nos aterros sanitários; permite a coleta de todo o biogás gerado (em aterros o índice de recuperação pode variar 30 a 60 %). Além disso as condições controladas de umidade e temperatura dos digestores permitem uma maior geração; permite a redução de emissões de gases que aumentam o efeito estufa, que poderia ocorrer em outras tecnologias de tratamento; em seu processamento têm-se a geração de produtos valorizáveis: biogás (energia e calor) e composto orgânico; a natureza (composição) dos resíduos pode variar dependendo da localização (zona de geração) e da estação do ano, comprometendo a qualidade do biogás e do composto gerado; a mistura ineficiente de RSU e lodo de esgoto pode afetar a eficiência do processo; podem ocorrer obstruções de canalização por pedaços maiores de resíduos, principalmente em sistemas contínuos; necessidade de mão de obra qualificada para o processo de operação da planta; tecnologia depende de uma fração orgânica maior na composição dos resíduos a serem processados (JUCÁ *et al.*, 2014, p. 55).

## 2.9 Aterro Sanitário

O aterro sanitário é uma área destinada a receber os resíduos sólidos urbanos, ou perigosos de acordo com a liberação ambiental, de forma planejada, onde o resíduo sólido é compactado e coberto por terra, formando diversas camadas. Além de um local para disposição final dos resíduos, é também considerada uma tecnologia de tratamento devido ao conjunto de processos químicos, físicos e biológicos que nele ocorrem. Esses processos, utilizam técnicas específicas que atuam no sistema de forma a equilibrá-lo, ou seja, as tecnologias empregadas tendem a se complementar visando mitigar os danos ao meio ambiente.

O emprego dessas técnicas é que garantem a segurança do aterro, o controle de efluentes líquidos, a redução das emissões gasosas, bem como a redução de riscos à saúde da população, garantindo assim o correto recebimento e tratamento dos resíduos, com menor impacto ambiental e proteção da saúde pública. A concepção de cada um desses elementos depende do tipo de aterro, das características dos resíduos, do terreno, etc. (Jucá *et al.*, 2014). É certo que todas essas exigências conferem ao aterro um local controlado tecnicamente, do ponto de vista ambiental, de modo a evitar a proliferação de vetores e roedores e outros riscos à saúde. Quando tecnicamente executado, constitui bom destino final, sob o ponto de vista

sanitário, desde que não haja perigo de poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

De acordo com a NBR 15.849/2010, os aterros sanitários 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 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010). A disposição dos resíduos em aterros obedece à classificação regulamentada pelas normas brasileiras.

De acordo com as normas brasileiras, para atender a PNRS, podem ser empregados aterros sanitários com ou sem geração de energia e aterros sanitários de pequeno porte. Assim, segundo a PNRS, disposição final ambientalmente adequada é aquela distribuição ordenada **de rejeitos em aterros**, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. “grifo nosso” (BRASIL, 2010). A finalidade técnica dessa orientação é o aumento da vida útil do aterro. Assim, devem ser enviados para o aterro sanitário apenas rejeitos, que são os resíduos que não podem ser mais recuperados sob nenhuma forma, ou ainda, aqueles para os quais não existe mercado.

A operação de um aterro sanitário é simples, o veículo carregado é pesado em uma balança rodoviária logo na entrada do aterro, onde é pesado e onde são anotadas todas as informações a respeito da sua carga, para logo em seguida encaminhar-se à área operacional. Essa área de operação é normalmente é dividida em níveis, cada um dos quais com lotes de dimensões variadas, que se acham subdivididos em células.

Essa tecnologia apresenta como principais vantagens:

possibilidade de se utilizar áreas já degradadas por outras atividades; possibilidade de receber e acomodar rapidamente quantidades variáveis de resíduos, sendo bastante flexível; recebimento de resíduos de diversas naturezas (classe IIA e IIB); adaptável a comunidades grandes ou pequenas; apresentação de menores custos de investimento e operação que outras tecnologias; utilização de equipamentos e máquinas usadas em serviços de terraplanagem; simples operacionalização, não requerendo pessoal altamente especializado; possibilidade de aproveitamento energético do biogás; não causa danos ao meio ambiente se corretamente projetado e executado (JUCÁ *et al.*, 2014, p. 55).

Como toda tecnologia, também apresenta desvantagens:

necessidade de grandes áreas para aterro, muitas vezes, longe da área urbana, acarretando despesas adicionais com transporte; possibilidade de desenvolvimento de maus odores; possibilidade de deslocamento de poeiras; alteração da estética da paisagem; diminuição do valor comercial da terra; interferência da meteorologia na produção de lixiviados que requisitam

tratamento adequado; período pós-fechamento relativamente longo para a estabilização do aterro, incluindo efluentes líquidos e gasosos, além da geração de um grande passivo ambiental; controle dos riscos de impactos ambientais de longo prazo (JUCÁ *et al.*, 2014, p. 55).

De qualquer forma o importante nestes sistemas básicos e suas evoluções são a premissa de antes de qualquer processo ter a separação prévia dos RSU, mediante coletas diferenciadas, o que otimiza o sistema final. Neste sentido o conhecimento destes sistemas, processos, evoluções e inovações tecnológicas são importantes para a adoção de alternativas tecnológicas para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos (LIMA *et al.*, 2013).

No Brasil, a prática amplamente aceita para destinação dos RSU é a disposição final em aterros sanitários, embora ainda exista no país uma enorme quantidade de lixões, variando de acordo com a região geográfica e o tamanho das cidades. De acordo com a ABRELPE, em 2015, 58,70% dos resíduos coletados seguiram para aterros sanitários, apesar do tempo de instituição da PNRS, ainda há 30 milhões de toneladas de resíduos sólidos dispostas inadequadamente. A prática da disposição final inadequada de RSU ainda ocorre em todas as regiões e estados brasileiros, e 3.326 municípios ainda fazem uso desses locais impróprios (ABRELPE, 2015).

A aplicação de um modelo de gestão e gerenciamento requer o conhecimento da legislação que estabelece as regras para que seja possível o alinhamento aos princípios e objetivos desta. No próximo item serão abordados os aspectos legais referentes aos resíduos sólidos, sua gestão, os marcos regulatórios e a política nacional dos resíduos sólidos.

## **2.10 Aspectos Legais e Institucionais dos Resíduos Sólidos no Brasil**

Atendendo ao preceituado no Capítulo 21 da Agenda 21, aprovado na sessão plenária de 14 de Junho de 1992 da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, tanto os países mais industrializados como os países em vias de desenvolvimento devem priorizar à investigação e desenvolvimento, transferência tecnológica, educação do público e investimento dos setores público e privado numa adequada gestão dos problemas causados pelos resíduos.

É precisamente no âmbito desta abordagem que os modernos conceitos de gestão de resíduos sólidos, buscam por alternativas de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos com responsabilidade ambiental. No Brasil, isso se intensificou a partir da implantação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos por meio da Lei nº 12.305 de 2010, a qual introduz a responsabilidade compartilhada na legislação brasileira, envolvendo sociedade, empresas,

prefeituras e governos estaduais e federal na gestão dos resíduos sólidos. Estabelece, ainda, que as pessoas terão de acondicionar de forma adequada o resíduo sólido para o seu recolhimento, fazendo a separação onde houver a coleta seletiva.

## **2.11 A Gestão de Resíduos Sólidos na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**

Segundo Russo (2003) a gestão dos resíduos sólidos, conforme anteriormente exposto, apoia-se em pilares estruturantes que constituem uma política integrada, de que se destacam: adoção de sistemas integrados, baseados na redução na fonte, na reutilização de resíduos, na reciclagem, na transformação dos resíduos (incluindo a incineração energética e a compostagem) e a deposição em aterros (energéticos e de rejeitos). Dentro do gerenciamento, destacam-se as questões de responsabilidade e o envolvimento dos setores da sociedade em relação à geração de resíduos. O gerenciamento de resíduos está associado às medidas de prevenção e correção dos problemas, vislumbrando a preservação dos recursos naturais, a economia de insumos e energia e a minimização da poluição ambiental.

Para o gerenciamento de resíduos sólidos existem muitas variáveis envolvidas, que dificultam a tomada de decisões para implantação de políticas públicas direcionadas aos resíduos. É notório a importância da regulamentação dos setores ligados a infraestrutura de saneamento, tendo em vista a necessidade da oferta de serviços relevantes de boa qualidade mediante permissão pública que dependem não somente da fiscalização eficiente sobre os operadores, mas também da melhor combinação possível entre a qualidade almejada e a atratividade para o ofertante. O apoio legal ainda reforça com a possibilidade de atrair novos investidores e proporcionar maior segurança a agentes financiadores.

Em 1988, com a promulgação da Constituição Federal, o município passou a ser um ente federativo autônomo, dotado de competências próprias, independência administrativa, legislativa e financeira e, em particular, com a faculdade de legislar sobre assuntos de interesse local; suplementar a legislação federal e a estadual e, ainda, organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local de caráter essencial (Artigo 30 incisos I, II e V), daí derivando a interpretação de que o município é, portanto, o detentor da titularidade dos serviços de limpeza urbana e toda a gestão e manejo e dos resíduos sólidos, desde a coleta até a sua destinação final.

Aos Municípios, a teor do artigo 30 da Constituição Federal, compete legislar e atuar, entre outras, nas hipóteses em que (a) ficar caracterizado o interesse local; (b) for cabível

suplementar a legislação federal e estadual e (c) se referirem à prestação de serviço público de interesse local.

Gerenciamento de resíduos sólidos é matéria que tipicamente enquadra-se tanto nos dispositivos constitucionais referentes a “[...] conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle de poluição” (art. 24, VI ) quanto “assuntos de interesse local” e “serviços públicos de interesse local” (artigo 30 I e V). Nessa mesma linha, o artigo 9º, parágrafo 2º, da PNRS determina que as políticas de resíduos sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto na Lei Federal. A Lei também delimitou mais a forma de exercício da competência comum da União, Estados e Municípios na execução da PNRS.

Diante do exposto, serão apresentados a seguir a exposição de alguns marcos regulatórios que apoiam a execução das políticas públicas de saneamento no Brasil.

#### 2.11.1 Marcos Regulatórios do Saneamento no Brasil

Os serviços de saneamento básico, especialmente os de manejo de resíduos sólidos e de limpeza urbana, possuem princípios, objetivos e diretrizes específicas e necessitavam de um marco regulatório específico compatível com o seu sistema diferenciado e complexo.

Novos marcos legais, como a Lei de Consórcios Públicos (nº 11.107/2005), a Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (nº 11.445/2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (n.º12.305/2010), garantem a segurança jurídica que viabiliza a estruturação dos consórcios públicos entre municípios com vista à gestão dos serviços de saneamento básico e especificamente de limpeza urbana.

A regulamentação da prestação dos serviços públicos de saneamento veio através da Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico nº 11.445/2007. Denominada de Política Nacional de Saneamento Básico, a lei definiu os serviços públicos de saneamento básico como sendo de natureza essencial, caracterizados como o conjunto de atividades compreendidas pelos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e das águas pluviais (BRASIL, 2007).

A legislação federal também regulamentou a participação de empresas privadas no saneamento básico, dando a segurança jurídica necessária para a realização de investimentos no setor, além de esclarecer as diretrizes para a Política Federal de Saneamento, determinando que a União elabore o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) e a partir disso, oriente as ações e investimentos do Governo Federal. Entretanto, para ter acesso a esses

recursos todos os municípios devem elaborar seus planos municipais definindo seus horizontes de universalização da prestação de serviços.

Ocorre que a maioria dos municípios brasileiros não tem capacidade financeira e não dispõe de recursos técnicos suficientes, incluindo pessoal especializado, para a gestão plena, direta e individualizada de alguns dos serviços públicos de sua competência constitucional, entre eles os serviços de saneamento básico. Esses mesmos municípios, por serem de pequeno porte e/ou por estarem localizados em regiões mais pobres, em geral também não têm escala adequada para a viabilização e sustentação econômica desses serviços, sob qualquer forma de prestação individualizada. É neste cenário que a gestão associada surge como alternativa inovadora e solução institucional para a integração regional da organização e da gestão dos serviços de saneamento básico por meio de consórcios públicos dos municípios envolvidos. Essa solução respeita a autonomia constitucional dos municípios e, ao mesmo tempo, permite que eles se juntem para dar escala suficiente para a viabilização e sustentabilidade da prestação dos serviços de suas competências.

A gestão associada de serviços públicos está prevista na Constituição Federal e foi disciplinada pela Lei nº 11.107/2005 (Lei dos Consórcios). A partir deste marco legal os consórcios públicos se tornam um mecanismo ideal para a sustentabilidade desses serviços para municípios que, sozinhos, pouco conseguiriam realizar no setor (BRASIL, 2005).

A lei dos consórcios e seu decreto nº 6.017/2005, ao disporem sobre a gestão associada, buscaram não só conferir nova modelagem para os consórcios públicos, mas também ofertar segurança jurídica para os entes políticos que pretendem realizar o consorciamento com vista a alcançar ganho de escala com a redução de custos para a gestão dos seus serviços públicos. A partir dela o consórcio formado deve ter personalidade jurídica própria para responder em nome dos seus consorciados, com caráter contratual que possibilita uma maior transparência aos direitos e aos deveres de todos os participantes.

Com o novo ordenamento sobre consórcios, o município que se compromete com as atividades do consórcio não pode simplesmente se retirar, e, se o fizer, terá que pagar aos outros municípios indenização por aquelas atividades que ele já usufruiu ou ainda recebe pelo consórcio. O consórcio facilita uma melhor divisão dos recursos públicos a serem empregados nos serviços de manejo de resíduos sólidos. Ao reunir vários municípios ganha-se demanda, com o qual é possível reduzir custos para financiar esses serviços e assim oferecer mais saneamento a mais gente, incluindo as cidades pequenas.

De acordo com a Política Nacional de Saneamento, os municípios devem estabelecer planos específicos para os diferentes serviços de saneamento, como para o serviço de limpeza

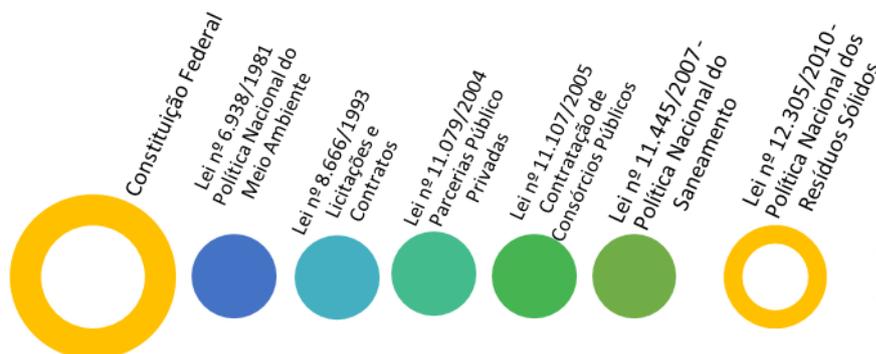
urbana e de manejo de resíduos sólidos, ou podem juntá-los em um único plano de saneamento básico. Neste guia serão abordadas principalmente as atividades e obrigações relacionadas aos resíduos sólidos.

Além da Política Nacional de Saneamento Básico e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, outras legislações devem ser analisadas em conjunto para fins de implementação dessas políticas, por exemplo:

- Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente
- Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, que institui normas gerais de licitação e contratos administrativos
- Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que estabelece as normas de concessão de serviços públicos pela União, os estados, o Distrito Federal e os municípios
- Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004, que institui normas gerais para a licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública
- Decreto nº 5.977, de 1º de dezembro de 2006, dispõe sobre a aplicação da parceria público-privada, que regulamenta a Lei nº 11.079/2004
- Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre as normas gerais para a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios contratarem consórcios públicos para a realização de objetivos de interesse comum
- O Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007, regulamenta as normas para a execução da Lei nº 11.107/2005

A ordem cronológica da legislação de apoio ao saneamento no Brasil encontra-se representada na Figura 9.

Figura 9- Legislação de apoio ao saneamento no Brasil



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Como mostra a Figura 9, o último marco legal de saneamento foi a Lei nº.12.305, de 10 de agosto de 2010, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

#### 2.11.2 Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº. 12.305/2010)

A partir da Agenda 21 surge o compromisso de vários segmentos da sociedade a ir em busca de produtos sustentáveis, soluções responsáveis e estímulo à reciclagem e reutilização do produto consumido e dos insumos usados nos processos de produção.

De acordo com Faria (2012) o debate de uma política nacional de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos iniciou ao final da década de 1980 por uma proposição apresentada no Senado Federal, que dispunha especificamente sobre resíduos de serviços de saúde. No decorrer da longa tramitação da matéria no Parlamento, o projeto passou a incorporar questões distintas relativas a resíduos sólidos e, paulatinamente, foi se consolidando uma proposta legislativa alicerçada nos princípios estabelecidos na Agenda 21. Após cerca de 20 anos tramitando entre o senado e a câmara federal, o projeto de lei PL-1991/2007 foi sancionado no dia 02 de agosto de 2010 e deu origem a Lei federal nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e é composta por 57 artigos, distribuídos em 11 Capítulos e 4 títulos.

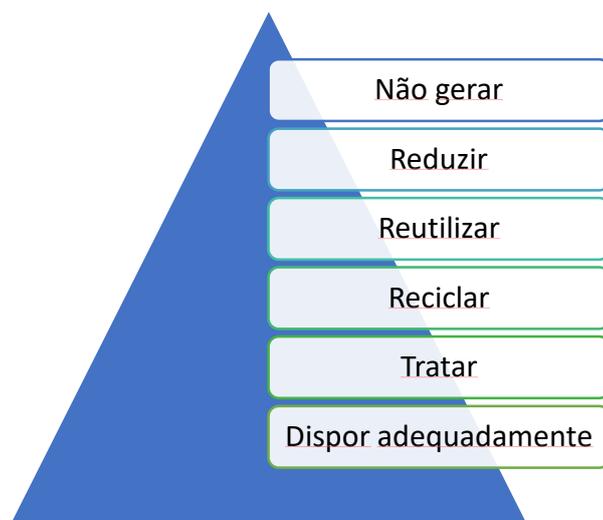
A Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi resultado de muitas discussões as quais tiveram como atores representantes de órgãos das três esferas governamentais, de segmentos empresariais os mais diversos e do comércio varejista, de

entidades ambientalistas e de defesa dos consumidores, de cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e de especialistas na gestão de resíduos sólidos (FARIA, 2012).

À PNRS estão sujeitas tanto pessoas físicas, como pessoas jurídicas que forem responsáveis direta ou indiretamente pela geração dos resíduos sólidos, ou que desenvolvam atividades referentes à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos. O artigo terceiro traz as definições usadas no corpo da lei e os princípios e objetivos são expostos, dentre eles, merecem destaque os princípios do poluidor-pagador e o protetor-recebedor, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a gestão integrada de resíduos sólidos.

A ordem de prioridade no gerenciamento dos resíduos, já definida no artigo 9º da PNRS conforme mostra a Figura 10.

Figura 10- Ordem de prioridade das ações no gerenciamento dos resíduos sólidos



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Percebe-se que a lei hierarquiza a ordem de prioridade da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Ainda reforçando conceitos anteriores apresentados em normas e resoluções, a referida lei classifica os resíduos conforme a origem e a periculosidade. No que tange as responsabilidades, a Lei nº. 12.305/2010 inova quando institui a solidariedade entre a responsabilidade dos agentes geradores de resíduos no seu artigo 27 §1º:

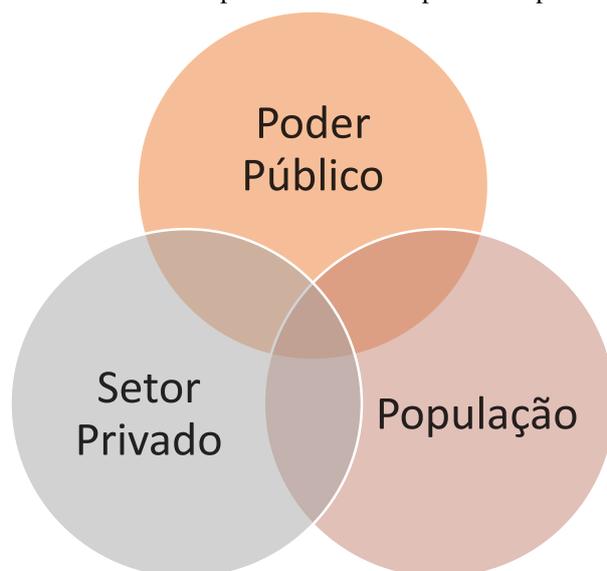
A contratação de serviços de coleta, armazenamento, transporte, transbordo, tratamento ou destinação final de resíduos sólidos, ou de disposição final de rejeitos, não isenta as pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20 da responsabilidade por danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos (BRASIL, 2010b).

De acordo com este parágrafo, ninguém fica isento da responsabilidade sobre o resíduo que gerou porque contrata uma empresa para destinar ou tratar este resíduo. Ficam todos os agentes envolvidos neste processo responsáveis por este resíduo, desde a sua geração até a sua destinação final adequada.

O artigo 28 da PNRS deixa claro que a responsabilidade dos resíduos sólidos domiciliares passa para o município a partir da disposição adequada para a coleta por parte do gerador domiciliar.

A responsabilidade compartilhada instituída para a aplicação no ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrange segundo o artigo 30 da PNRS os fabricantes, importadores e distribuidores, comerciantes e os consumidores, e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (Figura 11).

Figura 11- Atores envolvidos na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Além das responsabilidades estipuladas no plano de gerenciamento, o artigo 31 da Lei nº. 12.305/2010, objetivando estabelecer a responsabilidade compartilhada, estabelece os compromissos a serem assumidos pelo setor privado (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes).

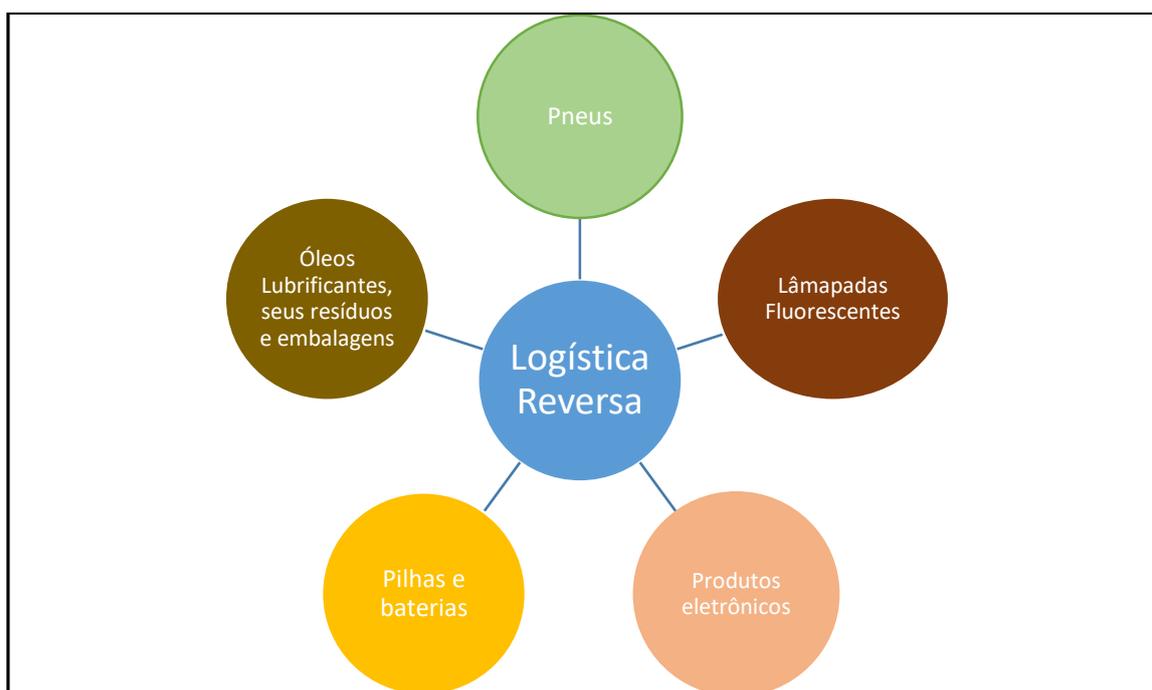
Entre os artigos 30 e 36 são abordados elementos que constituem esta responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida do produto. Alguns desses elementos são a implementação da coleta seletiva; a responsabilidade dos produtores (fabricantes) de produzir embalagens que sejam reutilizáveis, ou recicláveis; o uso de materiais e processos que agredam o mínimo o meio

ambiente; a obrigatoriedade em estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, principalmente quanto ao uso de agrotóxicos e suas embalagens, pilhas, baterias, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, lâmpadas fluorescentes e por último os produtos eletrônicos.

É nesse cenário da responsabilidade compartilhada que a PNRS estabelece a logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (artigo 3º, inciso XII).

A lei obriga a logística reversa para determinados bens de consumo aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos elencados nos incisos do artigo 33 da PNRS (Figura 12).

Figura 12- Bens obrigados pela PNRS a participar de um sistema de logística reversa



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Além dos objetivos já apresentados, a PNRS ainda possui outros objetivos atrelados ao desenvolvimento e consumo sustentável, ao atendimento da escala de priorização do gerenciamento com a reutilização e reinserção do material reciclável no ciclo produtivo, à abertura de novos mercados com viés para os produtos derivados de materiais reciclados e fomento às práticas de responsabilidade socioambientais (incs. I a VII, do §1º, do art. 30, da PNRS):

- I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental (BRASIL, 2010b).

Do ponto de vista dos titulares dos serviços públicos, seu papel é a regulação para a correção das externalidades negativas, seja pelo processo fiscalizatório em prol da contenção ou, depois disso, da sanção pela degradação ambiental, ou seja, ao poder público cabe a regulação fiscalização das atividades decorrentes da responsabilidade compartilhada.

Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) o papel do município, como titular dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é de muita importância no ciclo produtivo, Sendo o gestor dos resíduos sólidos que foram selecionados e triados a partir do seu correto manejo, o município terá facilidade no processo de reinserção desses resíduos na cadeia produtiva (IBAM, 2012).

A PNRS no artigo 36, inc. I a VI, confere ao Município, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, segundo o disposto no plano municipal de resíduos sólidos, as seguintes atribuições:

- adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de resíduos sólidos;
- estabelecer sistema de coleta seletiva;
- realizar as atividades definidas em sede de acordo setorial ou de termo de compromisso, mediante o pagamento da devida contraprestação pelo setor;
- implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;
- dar disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos oriundos dos serviços de resíduos sólidos (BRASIL, 2010b).

Como visto os consumidores ou população têm também papel fundamental na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, uma vez que, cabe a eles a segregação, correto acondicionamento, a destinação dos produtos e embalagens pós-consumo aos sistemas de coleta seletiva ou de logística reversa para serem beneficiados e, posteriormente, reinseridos no ciclo produtivo. Também cabe aos consumidores promover a

devolução aos comerciantes ou distribuidores, após o uso, dos produtos e das embalagens dos produtos mostrados na Figura 12. O artigo 35 da PNRS apresenta as obrigações do consumidor quando da implantação de um sistema de coleta seletiva. A norma também reforça a participação da população/consumidores ao instituir possibilidades de obtenção de incentivos econômicos instituídos pelo poder público em lei municipal, sem desconsiderar o disposto na legislação municipal sobre o acondicionamento, a segregação e a destinação final dos resíduos sólidos, constante no *caput* e parágrafo único do artigo 6º, Decreto n.º 7.404/2010.

A Figura 13 mostra as atribuições dos agentes na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Figura 13- Atribuições dos agentes na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos

Fabricantes, Importadores, Distribuidores e Comerciantes (subsistema empresarial)	Município (subsistema do Poder Público)	Consumidores (subsistema da coletividade)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Responsabilidade pelo produto”, isto é, responsabilidade por atividades decorrentes da colocação do produto no processo produtivo indo para além da sua destinação final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidade por atividades decorrentes da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, que impactam, ainda que indiretamente, no ciclo produtivo;</li> <li>• Responsabilidade por regular e fiscalizar as atividades decorrentes da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;</li> <li>• Desempenhar atividades para a manutenção do ciclo produtivo, desde que haja previsão no acordo setorial ou no termo de compromisso e, ainda, mediante a devida contraprestação pelo subsistema empresarial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidade pela segregação na fonte dos materiais passíveis de reciclagem e dos produtos pós-consumo e, por conseguinte, pela oferta deles perante a coleta seletiva ou o sistema de logística reversa.</li> </ul>

Fonte: Adaptado (IBAM,2012)

Além das atribuições específicas de cada um dos subsistemas dotados de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (Figura 13), todos detêm uma incumbência em comum, qual seja, assegurar o cumprimento da PNRS (art. 25, da PNRS e art. 7º, Decreto n.º. 7.404/2010).

### 2.11.3 Regulamentação da PNRS: Decreto nº. 7.404/2010

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos foi (Lei nº 12.305/2010) regulamentada pelo Decreto Nº 7.404/2010 em 23 de dezembro de 2010, com as diretrizes para a criação dos planos nacional, estadual, regional, municipal e de gerenciamento de resíduos sólidos; para a criação do Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos, do Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, entre outras providências. O decreto também orienta quanto à responsabilidade dos geradores e do poder público no que tange a coleta seletiva e a logística reversa.

A coleta seletiva deverá ser implantada pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e deverá estabelecer a forma de segregação que inicialmente será de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, se estenderá à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, além das formas de disposição.

A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010b). Deve ser estruturada e implementada, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Os sistemas de logística reversa deverão observar as exigências contidas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) e em outras normas aplicáveis; ou em acordos setoriais e termos de compromisso.

Os acordos setoriais e termos de compromisso também estão regulamentados no Decreto nº 7.404/2010. Os acordos setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, poderão ser iniciados pelo Poder Público através de editais de chamamento, ou pelos fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes.

#### 2.11.4 Regulamentação Estadual e Municipal dos Resíduos Sólidos na Paraíba

Na Paraíba há uma Política Estadual de Saneamento Básico regulamentada por meio da Lei nº. 9.260 de 25/11/2010 que institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico, autoriza e disciplina a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, estabelece os direitos e deveres dos usuários dos serviços de saneamento básico e dos seus prestadores, e dá outras providências. Também já foi elaborada um Plano de Regionalização do Estado de Resíduos Sólidos, porém ainda sem regulamentação.

No âmbito municipal há uma política municipal instituída pela Lei nº 8.886 de 23 de dezembro de 2016 que dispõe sobre os princípios, procedimentos e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos gerados no município, bem como estabelece regras referentes ao gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, incluindo a gestão e a prestação dos serviços na área de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos.

A legislação ratifica a EMLUR como Autarquia do Município de Joao Pessoa responsável pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, executando-os por meios próprios ou adjudicando-os a terceiros, remunerada ou gratuitamente.

Também na Política Municipal são definidos os Resíduos Sólidos Urbanos ou Resíduos Domiciliares como:

Resíduos sólidos ordinários domiciliares, para fins de coleta regular, os não recicláveis, produzidos em imóveis, residenciais ou não, que possam ser acondicionados em sacos plásticos com volume igual ou inferior a cem (100) litros, compostos por resíduos orgânicos, de origem animal ou vegetal, e rejeito, que são resíduos para os quais ainda não há reaproveitamento ou reciclagem, e que possam ser destinados aos sistemas de tratamento disponibilizados pelo Município de João Pessoa (JOÃO PESSOA, 2016).

A lei também define os resíduos comerciais e de serviços como aqueles gerados pelos estabelecimentos comerciais e de serviços, como hoteleiros, recreativos, educacionais, bancários, empresariais e de prestadores de serviços, acondicionáveis na forma estabelecida por Lei e, cuja produção diária não ultrapasse duzentos (200) litros por dia (JOÃO PESSOA, 2015).

Dentre outras inovações na gestão dos resíduos municipais, a lei estabelece que todos os geradores de resíduos sólidos instituir em seu cotidiano a não geração de resíduo, a sua redução e a segregação dos resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. A lei também recomenda o adequado acondicionamento, de forma a encaminhar os resíduos ao ciclo produtivo, por meio da compostagem, da reutilização ou reciclagem (JOÃO PESSOA, 2016).

Um outro ponto inovador para a gestão municipal dos RSU é a orientação da segregação dos resíduos orgânicos diretamente na fonte geradora, de maneira a permitir a compostagem e a disponibilidade da coleta seletiva a todos os geradores de resíduos sólidos urbanos ou domiciliares, cabendo a cada um realizar o acondicionamento diferenciado para a coleta e ao poder público a criação de um programa e de projetos com cronograma e calendário de atendimento (JOÃO PESSOA, 2015).

Todas as recomendações contidas na Política Municipal de Resíduos Sólidos têm um prazo de 120 dias para que os geradores, transportadores, receptores e órgãos públicos competentes se enquadrem aos seus dispositivos (JOÃO PESSOA, 2015).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Os métodos escolhidos para serem cumpridos os objetivos propostos estão descritos nos itens que seguem, assim como o caráter da pesquisa, a área de estudo, os recortes, premissas e variáveis estabelecidas.

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

Neste Capítulo serão apresentadas inicialmente algumas características do município de João Pessoa, para melhor compreensão das metodologias empregadas em cada etapa desse estudo.

##### 3.1.1 Aspectos gerais do município

O município de João Pessoa tem uma área total de 210,45 km<sup>2</sup> (0,3% da superfície do Estado), tem 64 bairros com uma área bruta de 160,76 km<sup>2</sup> e de preservação ambiental de 49,69 Km<sup>2</sup>. A altitude média em relação ao nível do mar é de 37m, com a máxima de 74m nas proximidades do rio Mumbaba. Está localizado na porção mais oriental da Paraíba, entre 08°07' de latitude sul e 34°52' de longitude oeste, limitando-se ao norte com o município de Cabedelo através do rio Jaguaribe; ao sul com o município do Conde e pelo rio Gramame; a leste com o Oceano Atlântico; e, a oeste com os municípios de Bayeux pelo rio Sanhauá e Santa Rita pelos rios Mumbaba e Paraíba, respectivamente (JOÃO PESSOA, 2014a).

O clima de João Pessoa é tropical úmido com temperaturas médias anuais de 25 °C e possui duas estações climáticas definidas apenas pela quantidade pluviométrica, sem alteração significativa na temperatura. As chuvas ocorrem no período de "outono e inverno" e durante todo o resto do ano o clima é de muito quente. A umidade relativa do ar média anual é de 83% (IBGE, 2015).

João Pessoa é a capital do estado da Paraíba e principal centro financeiro e econômico do estado representando 30,7% da economia paraibana, também é o maior índice de desenvolvimento humano (IDH) com 0,763 (JOÃO PESSOA, 2014a).

### 3.1.2 Aspectos demográficos e sociais

Com 787.363 habitantes é o oitavo município mais populoso da região nordeste e a 23ª do Brasil. Sua região metropolitana, formada por João Pessoa e mais onze municípios tem cerca de 1 223 284 habitantes (IBGE, 2015), sendo a 6ª mais populosa do nordeste brasileiro. Possui uma densidade demográfica de 3.421 hab./km<sup>2</sup>. A população residente no referido município cresceu de 597.937 para 723.515 habitantes, do ano 2000 para o de 2010. Comparando a outras capitais nordestinas, foi a que apresentou segundo maior crescimento. Com referência ao estado da Paraíba, o mesmo teve um aumento populacional na década (2000-2010) 9,4%, ao passar de 3.443.825 habitantes, em 2000, para 3.766.538, em 2010. Nesse período, a população do Nordeste cresceu 11,2% e a do Brasil 12,3% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

Diante desses dados, fica claro que a expansão demográfica da capital paraibana vem sendo muito superior, no contexto estadual, regional e nacional. Vale ainda a comparação com sua capital vizinha, que em números absolutos cresceu 114.199 mil, no período 2000-2010, e o aumento absoluto da população pessoense foi 125.581 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

A densidade média de pessoas por domicílio vem decrescendo desde a década de 1990, quando era de 4,37 (pessoas/domicílio), passou para 4,14 em 1996, e 3,93 no censo de 2.000. Decresceu, novamente, em 2010, para 3,56 (pessoas/domicílio) (JOÃO PESSOA, 2014a). No Quadro 4 tem-se os dados demográficos do município de João Pessoa.

Quadro 4- Dados demográficos do Município de João Pessoa - Censos do IBGE dos anos de 2000 e 2010.

Ano	População (hab)	Densidade bruta (hab/ha)	Densidade total (hab/ha)	Número de domicílios	Pessoa por domicílio
<b>População 2000</b>	597.934	3.719,37	2.827,44	151.865	3,94
<b>População 2010</b>	723.515	4.500,53	3.421,27	202.959	3,56
<b>População 2015</b>	787.362	4.923,04	3.742,46	210.990	3,75

Fonte: IBGE, 2015.

No Quadro 4 também se observa a densidade demográfica da capital paraibana, a mesma, diferente da relação de pessoas por domicílio vem crescendo, o que sugere o crescimento vertical do município.

### 3.1.3 Atividades econômicas do município de João Pessoa

Dentro do Estado da Paraíba, o município de João Pessoa possui a maior arrecadação de imposto e a maior economia, sendo assim o principal centro econômico. Além de possuir a maior população, tem o maior PIB e o maior IDH do Estado, mesmo sem o acompanhamento da infra-estrutura, é uma grande força econômica e possui o maior desenvolvimento/qualidade de vida da Paraíba (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010a).

A economia do município de João Pessoa, entre 2000 e 2010, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a) foi mais movimentada teve maior participação do setor de serviços, responsável por, aproximadamente, 54% do valor adicionado, a indústria correspondeu a aproximadamente 20% no período e a contribuição da agropecuária é inexpressiva. O turismo é um grande produtor de renda e gerador de empregos, além do comércio. Também se deve considerar o seu parque industrial (o maior do Estado), formado por diversos segmentos: alimentos, automobilístico, bebidas, minerais, dentre outros (JOÃO PESSOA, 2014a).

Em termos econômicos, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a), o Produto Interno Bruto de João Pessoa, a preços correntes em 2010, foi de 10,10 bilhões (Quadro 5).

Quadro 5 - Maiores PIBs da Paraíba (em milhões de reais) em 2010

MUNICÍPIO/ SETOR DE ATIVIDADES	AGROPECUÁRIA	INDÚSTRIA	SERVIÇOS	IMPOSTOS	TOTAL DO PIB
JOÃO PESSOA	7.389,00	2.176.654,00	6.588.636,00	1.334.917,00	<b>10.107.596,00</b>
CAMPINA GRANDE	11.434,00	1.279.898,00	3.371.280,00	677.149,00	<b>5.339.761,00</b>
CABEDELO	3.615,00	326.259,00	1.847.977,00	623.823,00	<b>2.801.674,00</b>
SANTA RITA	76.353,00	554.236,00	626.936,00	145.287,00	<b>1.402.812,00</b>
BAYEUX	2.052,00	127.108,00	611.454,00	95.577,00	<b>836.191,00</b>

Fonte: IBGE, 2011

Apesar do PIB per capita em 2010 de R\$ 13.552,00 ser o maior da microrregião, estava abaixo da média nacional e do Nordeste. Para o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), os padrões de crescimento urbano têm sofrido alterações nas últimas décadas. O acelerado ritmo de crescimento das grandes metrópoles perdeu força, e observam-se maiores taxas de crescimento nos municípios de médio porte. Esses municípios são os novos vetores para a difusão de inovações, geração de conhecimento, concentração de mão de obra especializada e de atividades econômicas da região (JOÃO PESSOA, 2014a).

### 3.2 Recortes da Pesquisa

A delimitação do universo de pesquisa determina a precisão e profundidade da investigação assim como o tamanho da amostra e a qualidade dos dados apresentados. Por se tratar de uma pesquisa ampla, procurou-se levantamentos primários, complementados pelos secundários. Convém salientar que inicialmente a pesquisa sempre esteve voltada a investigar a gestão e as rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos, mas ao iniciar a coleta dos dados bibliográficos, percebe-se, como visto no Capítulo 02, que estes se apresentam em um campo empírico vasto e abrange várias tecnologias de tratamento, disposição e as formas de gestão a ponto de exigirem da pesquisa uma maior segmentação. Destaca-se ainda que alguns segmentos dos RSU, possuem rota tecnológica particular por terem seus geradores designados a assumirem tal responsabilidade por meio da legislação, como os resíduos de serviço de saúde.

#### 3.2.1 Quanto ao tipo de resíduo a ser abordado

Dentre os resíduos expostos no Quadro 6, serão abordados como objeto da pesquisa apenas aqueles que estão sob a responsabilidade da Prefeitura. Para melhor esclarecimento, considera-se importante demonstrar, os segmentos dos RSU, suas origens e responsabilidades de coleta e disposição final.

Quadro 6 - Geradores dos RSU e seus responsáveis

Resíduos Sólidos Urbanos	Origem	Responsável
Domiciliar	Residências	Prefeitura
Comercial	Lojas, Shoppings <sup>2</sup>	Prefeitura
Limpeza Pública	Praças, praias, mercados, cemitérios, varrição	Prefeitura
RCC	Obras e demolições	Gerador
RSS	Clínicas, hospitais, laboratórios	Gerador
Resíduos sujeitos à Logística Reversa	Pneus, lâmpadas, Pilhas, baterias, eletroeletrônicos, embalagens de óleos, embalagens e medicamentos	Gerador
Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários	Estações de transporte público	Gerador

<sup>2</sup> A prefeitura de João Pessoa, segundo a lei municipal nº. 16, de 29 de dezembro de 1998, tem um limite de até 200l por dia para a coleta de resíduos de lojas e shoppings, os estabelecimentos que ultrapassarem esse valor devem providenciar a coleta por meio particular, o que não o exime da Taxa de Coleta de Resíduos.

Resíduos Industriais	Setor Industrial	Gerador
----------------------	------------------	---------

Mesmo se tratando do estudo de uma única capital, o envolvimento de todos os RSU poderia comprometer os resultados da pesquisa pela diversidade de dados. Para ter resultados mais precisos, contundentes e confiáveis, agrega-se tipos de RSU da forma mais homogênea possível em relação a gestão e rotas tecnológicas. A Figura 14 mostra o universo e amostra da massa de resíduos pesquisada para este trabalho. A amostra foi definida conforme a classificação dos resíduos

Figura 14 - Universo e amostra da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa, 2016

Sendo assim, a amostra da investigação é composta pelos resíduos sólidos domésticos, os de limpeza pública (varrição, das praias, praças e mercados) e os comerciais (Figura 14) e foi definida conforme a classificação dos RSU quanto à origem.

### 3.2.2 Delimitação da população para o estudo das rotas tecnológicas dos resíduos no Município

Como já esclarecido, a pesquisa ocorre no município de João Pessoa. Assim, além do recorte na massa de resíduos estudada, faz-se necessário entender o comportamento dessa massa de resíduos nos 64 bairros.

Sabe-se que a determinação da população tem papel fundamental para a elaboração de rotas tecnológicas de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, bem como a análise atual e prospecções futuras. Como a pesquisa abrange todos os bairros oficiais do município, foram adotadas diretrizes técnicas norteadoras a fim de compreender os fluxos dos resíduos e as rotas a que estariam associadas.

Utilizando como base informacional os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b), buscou-se trabalhar na perspectiva de capturar as semelhanças entre os bairros do município, subdivisão territorial reconhecida pela população e pela administração de João Pessoa, possibilitando uma melhor compreensão da gestão dos resíduos sólidos domésticos, tendo assim um instrumento qualificado nas análises e discussões dessa pesquisa. Partiu-se, portanto, de uma base territorial usual à gestão (os bairros), agrupando-os de forma a representar o sistema de coleta convencional e considerando que tal coleta pode envolver mais que um bairro por viagem, sendo a mistura um viés a no estudo das rotas tecnológicas.

Diante do exposto, fez-se o recorte do campo de pesquisa conforme o roteiro da coleta, pois assim tem-se uniformidade das informações de coleta e geração dos resíduos. Percebeu-se que para a coleta dos resíduos sólidos urbanos e os serviços de limpeza, o município é segmentado em três áreas distintas (Figura 16). Também foi necessário levar em consideração os núcleos da coleta seletiva, afinal a rota tecnológica empregou dados das coletas (seletiva e convencional), dos tratamentos e da disposição final.

A Figura 15 mostra os núcleos de coleta seletiva instalados no município estudado e seus respectivos bairros de cobertura.

Figura 15 -Distribuição da Coleta Seletiva no Município de João Pessoa por Núcleos e seus Bairros de Cobertura



Fonte: Dados da pesquisa (2015) e Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2014)

O município de João Pessoa tem cinco Núcleos de Coleta Seletiva, os quais, por questões de logística e disposição geográfica são responsáveis pela coleta de materiais recicláveis, previamente segregados pela população. No Capítulo seis serão detalhadas as informações da coleta seletiva do município de João Pessoa.

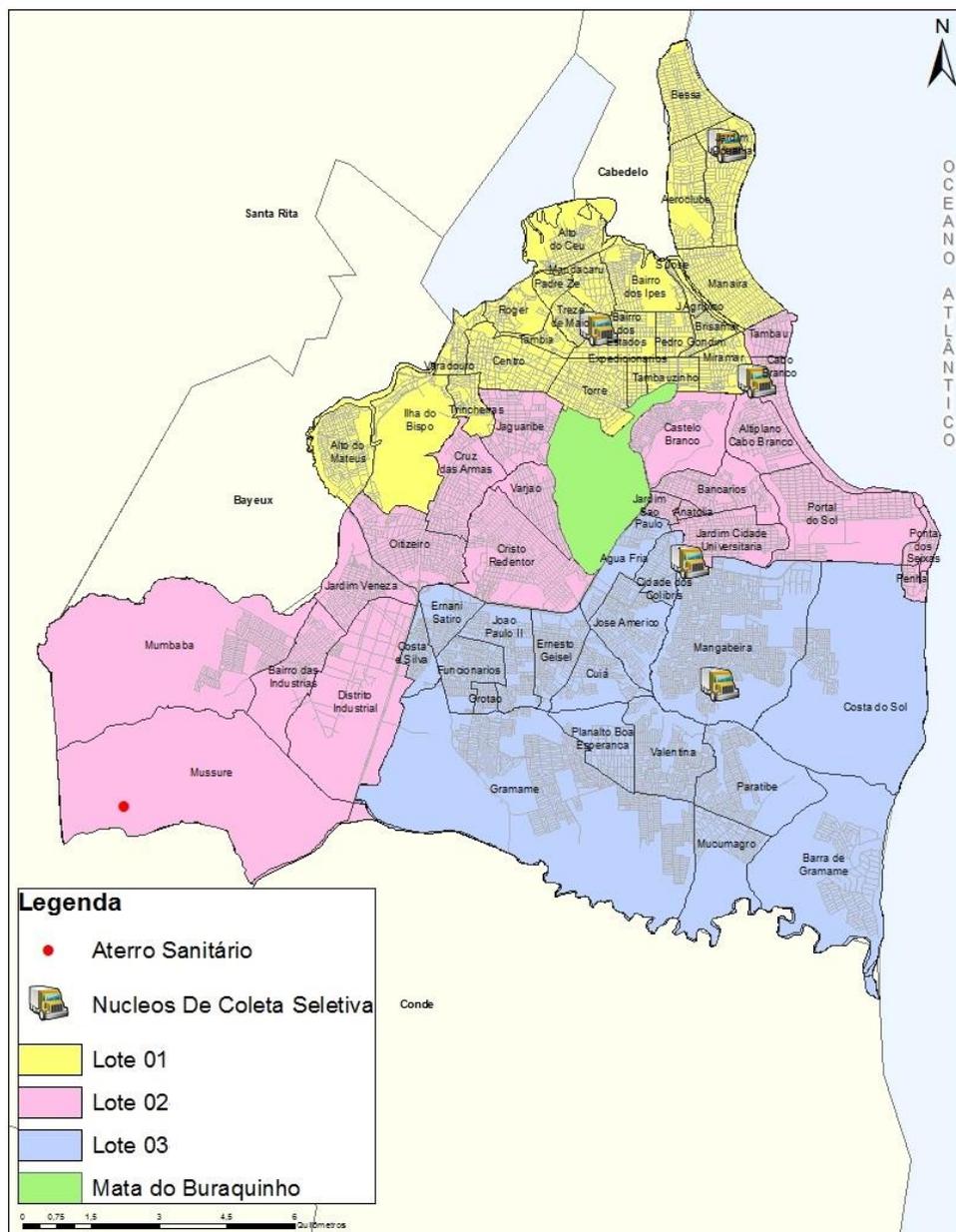
O presente estudo tem como pressupostos-base compreensão das rotas tecnológicas. Para tanto, algumas premissas foram levantadas:

- O tratamento considerado para montagem das rotas tecnológicas foi a triagem no núcleos da coleta seletiva que visa à reciclagem, não considerado o tratamento dado no aterro sanitário;
- o tratamento dos RSU objeto do estudo não tem cobertura total. Sendo assim, há a necessidade da estruturação de rotas que envolvam tratamento (coleta, transporte, tratamento e disposição final) e de rotas sem tratamento, na qual os resíduos são encaminhados diretamente para o aterro (coleta, transporte e destino final);
- como a coleta de RSU do município de João Pessoa não é universal, cobre apenas 96% do município (JOÃO PESSOA, 2014b), sendo o valor da geração de resíduos estimada com base na aplicação desse percentual ao valor coletado;

- a fim de correlacionar dados da população, com a geração de resíduos e em seguida fazer uma análise de custos, delimitou-se o município em lotes por meio da sobreposição dos dois tipos de coletas.

A Figura 16 apresenta as três áreas de coleta indiferenciada e os Núcleos da coleta seletiva sobrepostos aos bairros do município.

Figura 16 – Mapa de sobreposição dos núcleos da coleta seletiva com as áreas de coleta indiferenciada



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR) (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Analisando a Figura 16 observa-se que em cada área da coleta indiferenciada (Lote) há pelo menos um núcleo de coleta seletiva e, essa é uma condição para a montagem dos fluxos

das rotas tecnológicas. Assim formaram-se os 3 lotes de análise da pesquisa, de forma a seguir o ordenamento lógico de repartição do município, que não quebrasse a divisão da coleta convencional nem os bairros aglutinados pela coleta seletiva.

Todo o escopo desta pesquisa se fundamenta nas rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa. Para esta análise, a aglutinação dos bairros em lotes conforme percurso da coleta, facilitou os procedimentos de analogia. Sendo assim, no Quadro 7 verifica-se a delimitação dos bairros nos lotes.

Quadro 7 - Campos de estudo (lotes) das rotas tecnológicas dos RSU estudados no município de João Pessoa/PB.

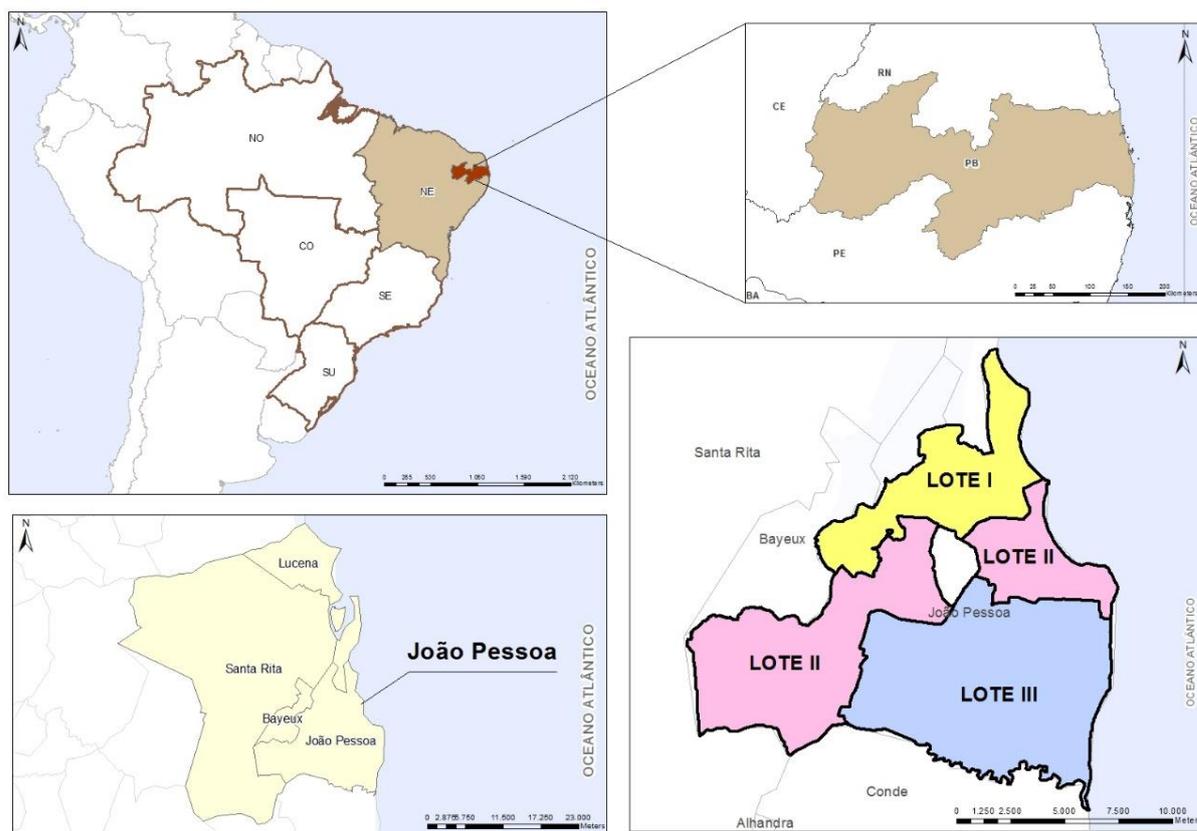
<b>Lotes</b>	<b>Bairros Envolvidos</b>
<b>Lote 1</b>	Bessa, Jardim Oceania, Aeroclube, Manaíra, Centro, Tambiá, Roger, Varadouro, Trincheiras, Padre Zé, Alto do Céu, Treze de Maio, São José, João Agripino, Brisamar, Mandacaru, Bairro dos Ipês, Ilha do Bispo, Alto do Mateus, Pedro Gondim, Bairro dos Estados, Miramar, Torre, Expedicionários, Tambauzinho.
<b>Lote 2</b>	Tambaú, Cabo Branco, Jaguaribe, Ponta do Seixas, Praia da Penha, Portal do Sol, Altiplano, Cristo, Varjão, Cruz das Armas, Oitizeiro, Jardim Veneza, Distrito Industrial, Mumbaba, Mussurú, Jardim São Paulo, Anatólia, Jardim Cidade Universitária, Castelo Branco, Bancários.
<b>Lote 3</b>	Costa do Sol, Mangabeira, Cidade Verde, Funcionários, Gramame, Cuiá, Muçumagro, Barra de Gramame, Cidade dos Colibris, José Américo, Água Fria, João Paulo II, Ernani Sátiro, Costa e Silva, Grotão, Planalto da Boa Esperança, Paratibe, Ernesto Geisel, Valentina.

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Segundo a Prefeitura Municipal de João Pessoa (2014b), o município distribuiu seus 787.363 habitantes (IBGE, 2015), distribuídos em 64 unidades territoriais, legalmente divididas em 59 bairros e 5 regiões especiais, das quais duas não possuem cadastro populacional no IBGE e tratam-se de áreas desocupadas, Mussurú e Cidade Verde.

Como observa-se no Quadro 7, a delimitação do campo de estudo foi em três Lotes, denominados Lote 1, Lote 2 e Lote 3 para os quais serão determinadas e mapeadas as rotas tecnológicas. Assim, toda análise realizada nesta pesquisa acerca de rotas tecnológicas sempre utilizará como base territorial essa divisão está mostrada na Figura 18.

Figura 17 - Delimitação do campo de estudo e dos Lotes da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Para cada Lote são estudadas as rotas tecnológicas que envolvem a coleta convencional, aquela em que o resíduo é transportado indiscriminadamente do seu ponto de geração ao destino final, também conhecida como coleta indiferenciada; e a coleta seletiva (diferenciada) de materiais secos recicláveis (Quadro 8).

Quadro 8 - Descrição e nomenclatura das rotas tecnológicas elaboradas para os RSU do município de João Pessoa/PB por Lote

DESCRIÇÃO DA ROTA	NOMENCLATURA DA ROTA
Rota tecnológica SEM Coleta Seletiva de Recicláveis do LOTE 1	RTC 1
Rota tecnológica do LOTE 01	RTS 1
Rota tecnológica SEM Coleta Seletiva de Recicláveis do LOTE 2	RTC 2
Rota tecnológica do LOTE 02	RTS 2
Rota tecnológica SEM Coleta Seletiva de Recicláveis do LOTE 3	RTC 3
Rota tecnológica do LOTE 03	RTS 3

Fonte: Elaboração da autora (2016)

No Quadro 8 as rotas com nomenclatura RTC são rotas que envolvem apenas a Coleta Convencional, o Destino Final Ambientalmente Adequado e nenhum tipo de tratamento. As

rotas RTS, além de envolverem a Coleta Convencional e o Destino Final Ambientalmente Adequado, também engloba o tratamento, que é a triagem nos núcleos da coleta seletiva.

### 3.2.3 Setores: o recorte dos Lotes

Um viés da pesquisa foi o fato da quantificação da massa de resíduos coletada ser na balança do aterro sanitário, pois nos caminhões não há como quantificar. Por meio de análise do percurso de coleta, utilizada em software de geoprocessamento denominado ARCGIS e da confirmação em campo, percebeu-se que em determinados bairros, a coleta ultrapassava os limites geográficos misturando suas massas de resíduos em uma única retirada. Acompanhando a chegada desses caminhões no aterro comprova-se essa mistura quando da identificação da origem da massa pelos motoristas.

A fim de correlacionar dados da população, com a geração de resíduos e, em seguida, fazer uma análise financeira dos Lotes, percebeu-se que os mesmos ainda poderiam compor um campo de estudo amplo com dados variados. Como uma das variáveis analisadas é a geração de resíduos, percebe-se a importância de ter esses dados por bairros. Para subsidiar a investigação, foi criada uma unidade territorial menor (os setores) formada por uma área contínua, integralmente contida no município, com dimensões adequadas e coleta de resíduos bem definida à operação da pesquisa. Assim, fez-se um recorte de cada lote de forma que, através de um extrato puro, conseguir uma informação mais precisa e obter dados exclusivos da geração de resíduos dos bairros.

O planejamento amostral da pesquisa determina o dimensionamento numérico e também a técnica de amostragem (coleta/seleção) dos elementos de um estudo. É fundamental na elaboração do projeto, e seus problemas podem comprometer a análise final dos dados e interpretação dos resultados (FONTELLES, 2010). Uma amostra adequada deve ser convalidada por meio de uma análise estatística a fim de que se possa garantir a sua significância.

Para obter amostras mais representativas dos lotes pesquisou-se nos mapas de coleta fornecidos pela EMLUR, os bairros que possuíssem percursos homogêneos de coleta, ou seja, aqueles nos quais o percurso do caminhão compreendesse exclusivamente aquela unidade territorial. Dentre todos os bairros de coletas homogêneas identificados foram escolhidos aqueles que melhor representassem o Lote em termos de classes sociais e envolvessem ao

menos um bairro atendido pela coleta seletiva, e que tivessem representatividade populacional comprovada por análise estatística.

As informações relacionadas à população (habitantes e domicílios), densidade demográfica e renda média mensal dos domicílios foram obtidas no Censo 2010 (IBGE, 2010b). Os bairros foram categorizados seguindo cinco classes socioeconômicas com base na renda mensal da população, como: classe A (mais de vinte salários mínimos), B (de dez a vinte salários), C (de cinco a dez salários), D (de dois a cinco salários) e E (até dois salários). Esse levantamento de dados secundários foi realizado de acordo com o Censo no IBGE (2010b) e de acordo com o critério da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (PNAD) do IBGE que divide a sociedade brasileira em sete níveis econômicos:

- A. superior a 20 salários mínimos
- B. de 10 a 20 salários mínimos
- C. de 5 a 10 salários mínimos
- D. de 3 a 5 salários mínimos
- E. de 2 a 3 salários mínimos
- F. de 1 a 2 salários mínimos
- G. até 1 salário mínimo

Como o estudo de rotas tecnológicas engloba os diversos percursos da coleta convencional de RSU, essa quantidade de classes sociais não poderia ser analisada individualmente, pois quando segmentada uma população de 787.363 habitantes, segundo o IBGE (2015), haveria grupos que seriam tão pequenos que não poderiam ser representados pelos dos percursos considerados. Para o estudo, foram aglutinadas a primeira com a segunda e, a última classe com a penúltima, ficando a representação do município por renda na pesquisa conforme exposto no Quadro 9.

Quadro 9 - Segmentação da população de João Pessoa por classe social estabelecida para pesquisa

VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (SM)	FAIXAS DO DO RENDIMENTO MÉDIO DOMICILIAR (R\$)	CLASSE ECONÔMICA ESTABELECIDADA	POPULAÇÃO	PERCENTUAL DA POPULAÇÃO (%)
acima de 10	7.880,01	A	114.484	14,54
5 a 10	3.940,01 a 7880,00	B	118.654	15,07
3 a 5	2.364,00 a 3940,00	C	236.958	30,10
2 a 3	1.576,01 a 2.364,00	D	216.413	27,49
abaixo de 2	1.576,00	E	100.853	12,81

Fonte: IBGE (2010)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Para o cumprimento dos objetivos propostos, cada Lote foi decomposto em um setor de aprofundamento da análise, o qual foi formado por bairros de diferentes classes sociais, os



O Lote 1 é formado por vinte e cinco bairros que possuem a similaridade no aspecto da coleta convencional que é realizada pela Ambiental Soluções. Em termos de classes sociais é um lote bem dividido, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 01

LOTE 1				
BAIRROS	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015	CLASSE	POPULAÇÃO (2015)	PERCENTUAL DA CLASSE/LOTE
MANAÍRA	11.774,39	A	28.845	36,35%
JARDIM OCEANIA	10.911,85	A	16.718	
BRISAMAR	10.617,84	A	4.669	
ESTADOS	10.466,28	A	8.158	
MIRAMAR	10.190,77	A	10.392	
TAMBAUZINHO	10.060,49	A	5.395	
PEDRO GONDIM	8.780,71	A	3.675	
JOÃO AGRIPINO	8.502,20	A	1.270	
AERoclUBE	8.373,27	A	10.555	
			<b>89.676</b>	
BESSA	7.312,87	B	14.325	19,21%
EXPEDICIONÁRIOS	6.334,35	B	3.965	
TREZE DE MAIO	4.827,23	B	8.489	
TORRE	4.445,37	B	16.619	
CENTRO	4.432,95	B	3.986	
			<b>47.385</b>	
TAMBIÁ	3.835,57	C	2.780	5,17%
IPÊS	3.513,89	C	9.977	
			<b>12.757</b>	
ROGER	2.252,27	D	11.356	22,16%
MANDACARÚ	2.062,55	D	13.775	
TRINCHEIRAS	2.010,54	D	7.652	
VARADOURO	1.905,28	D	4.069	
ALTO DO MATEUS	1.768,09	D	17.809	
			<b>54.661</b>	
PADRE ZÉ	1.553,47	E	7.618	17,11%
ALTO DO CÉU	1.357,23	E	18.111	
ILHA DO BISPO	1.127,89	E	8.736	
SÃO JOSÉ	1.020,43	E	7.742	
			<b>42.207</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>246.686</b>	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Por meio da Tabela 1 e, observando as premissas para análise das rotas, foram selecionados os bairros mais representativos em população conforme a classe social. O Setor 1 será representado por uma amostra da classe social A (Manaíra e Estados), que comporta 36,35% da população do bairro, escolheu-se dois bairros para representá-la, Manaíra e Bairro dos Estados, tendo em vista que os outros mais populosos têm as massas de resíduos misturada. A amostra da classe B do Lote 1 foi representada pelos bairros Torre e Treze de Maio. A classe

C (5,17% da população do bairro) foi representada pelo bairro Ipês. Com 22,16% da população do referido Lote, enquadrada na classe D, escolheu-se Alto do Mateus para representá-la. Da classe E, o bairro Padre Zé foi selecionado para compor a amostra do Lote 1 juntamente com o Bairro São José, uma comunidade que tem a maior densidade demográfica do município. Por fim, o Setor 1 foi montado com 42,66% do Lote 1, 105.257 habitantes.

O Lote 1 possui 246.686 habitantes, o seu Setor foi composto pelos bairros Manaíra, Estados, Treze de Maio, Torre, Ipês, Alto de Mateus, Padre Zé e São José que totalizam 105.257 habitantes, 42,67% do lote (IBGE, 2010). Como já exposto, os setores são representações dos lotes, assim, verificou-se estatisticamente essa representatividade. Para a análise estatística, foi considerada uma margem de erro baixa, de 1%.

De acordo com a metodologia de amostragem de Bartlett et al. (2001), para dados qualitativos (categóricos), o processo empregado para determinar o tamanho da amostra se realiza através da fórmula de Cochran (1977) apresentada a seguir:

$$n = \frac{t^2 \cdot p \cdot q}{d^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- t = representa o nível de confiança,
- p = a variabilidade positiva,
- q = a variabilidade negativa,
- d = margem de erro aceitado.

Considerado que t = 99,7 %. p= 0.9 q= 0.1 d= 1%

$$n_0 = \frac{3^2 \cdot (0.9)(0.1)}{(0.01)^2} = 8100$$

Em sua metodologia, Cochran (1977) orienta que sendo esse valor superior a 5% da população considerada, deve-se aplicar a seguinte fórmula de correção (COCHRAN, 1977):

$$N_1 = \frac{n_0}{(1 + N_0/\text{Population})} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

- $N_0$  = tamanho da amostra de acordo com a fórmula de Cochran,
- $N_1$  = tamanho da amostra ajustado, dado que o valor obtido é superior ao 5% da população.



Um aspecto particular considerado na análise do percurso de coleta do Lote 2, foi que o bairro de Jaguaribe apesar de se apresentar nos resultados da pesquisa no ARCGIS como sendo de coleta isolada, foi constatado em campo que em alguns momentos o caminhão misturava a sua massa com a massa do Varjão. Assim, esses bairros foram automaticamente excluídos da amostra do Lote 02.

Na Tabela 2 estão mostrados os dados censitários desse lote e marcados os que fazem parte da amostra estudada.

Tabela 2 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 2

<b>LOTE 2</b>				
<b>BAIROS</b>	<b>VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015</b>	<b>CLASSE</b>	<b>POPULAÇÃO (2015)</b>	<b>PERCENTUAL DA CLASSE/LOTE</b>
CABO BRANCO	13.368,73	A	8.648	9,64%
TAMBAÚ	12.152,64	A	11.117	
PONTA DOS SEIXAS	10.231,07	A	518	
PORTAL DO SOL	8.141,06	A	4.524	
			<b>24.807</b>	
ALTIPLANO	7.775,24	B	5.724	25,02%
ANATÓLIA	6.174,21	B	1.271	
JD. CID. UNIVERSITÁRIA	5.220,76	B	23.436	
BANCÁRIOS	5.135,58	B	12.977	
JARDIM SÃO PAULO	4.905,47	B	4.977	
JAGUARIBE	4.306,11	B	16.026	
			<b>64.411</b>	
CASTELO BRANCO	3.116,51	C	12.735	20,89%
CRISTO REDENTOR	2.976,00	C	41.062	
			<b>53.797</b>	
PENHA	2.164,99	D	844	34,84%
CRUZ DAS ARMAS	1.985,68	D	27.948	
VARJÃO	1.841,00	D	18.566	
INDÚSTRIAS	1.760,13	D	10.483	
QUITZEIRO	1.705,71	D	31.859	
			<b>89.700</b>	
MUMBABA	1.453,15	E	8.670	9,61%
JARDIM VENEZA	1.421,37	E	14.015	
DISTRITO INDUSTRIAL	1.393,46	E	2.064	
			<b>24.749</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>257.465</b>	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Como pode-se observar na Tabela 2, o Lote 2 é um lote mais compacto que o Lote 1, também com grande variação de população e renda. Desse lote foram selecionados sete bairros a compor a amostra de forma que representasse todas as classes sociais. Assim, como a maior

parte da população do lote encontra-se nas classes B e D, delas foram selecionados quatro bairros, Bancários, Jardim Cidade Universitária, Cruz da Armas e Indústrias. As classes A, C e E têm menores representatividades nesse lote com apenas 9,64%, 20,89% e 9,61% respectivamente, e delas foram selecionados três bairros, Tambaú (classe A), Castelo Branco (classe C) e Jardim Veneza (classe E).

Com 257.645 habitantes, o Lote 2 foi decomposto, em uma unidade menor, o Setor 2, o qual foi constituído pelos bairros Tambaú, Jd. Cidade Universitária, Bancários, Castelo Branco, Indústrias, Oitizeiro, Cruz das Armas e Jd. Veneza, que totalizam 142.101 habitantes, 55,19% do lote (IBGE, 2010). Para a análise estatística, foi mantida a margem de erro baixa, de 1%. Usando a Equação 1, calculou-se a representatividade mínima do Lote 2.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

t = representa o nível de confiança,

p = a variabilidade positiva,

q = a variabilidade negativa,

d = margem de erro aceitado.

Considerado que t = 99,7 %. p= 0.9 q= 0.1 d= 1%

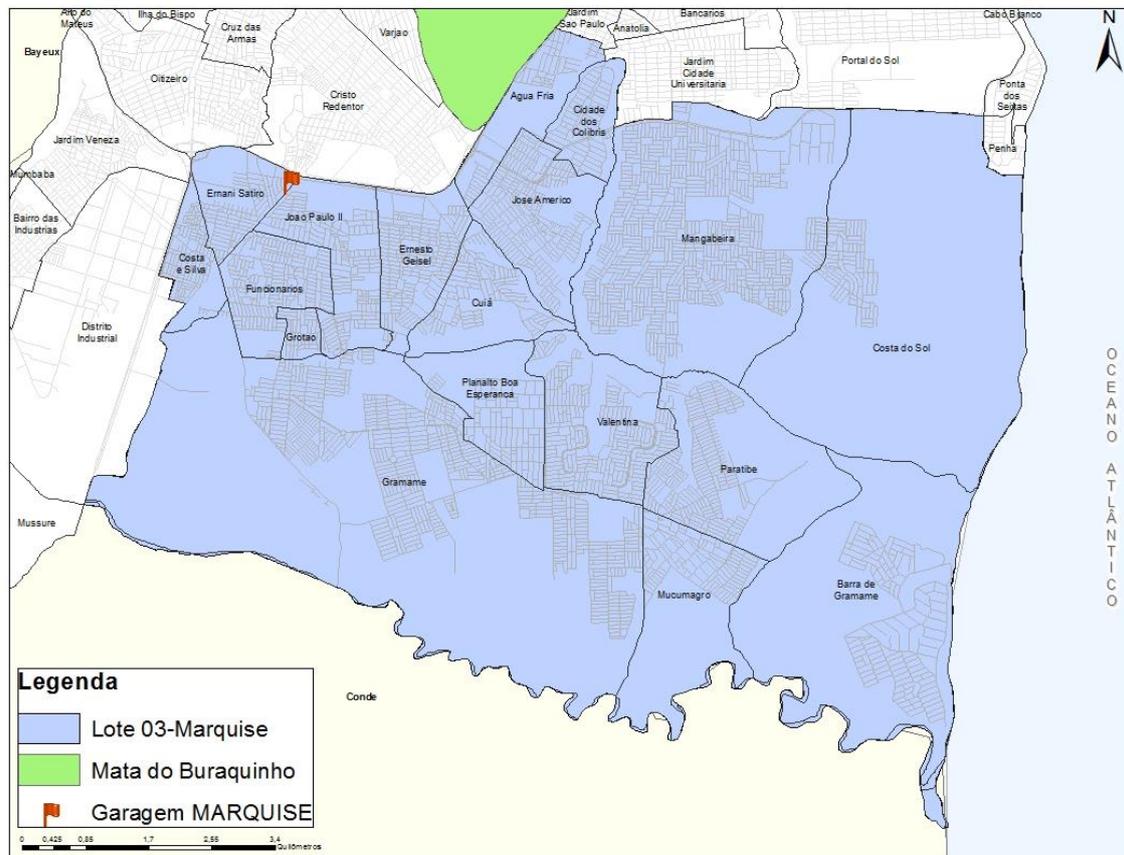
$$n_0 = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2} = 8100$$

Como o valor encontrado foi inferior a 12.873 habitantes (5% do valor da população do lote) não houve necessidade correção e comprovou-se a representatividade do Setor 2 no Lote 2.

### 3.2.3.3 A representação do Setor 3 no Lote 3

No mapa da Figura 20 visualizam-se os bairros que compõem o Lote 3.

Figura 20 - Delimitação dos Bairros do Lote 3



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Dos bairros do Lote 3, percebeu-se muita confluência entre os bairros de Água Fria e Cidade dos Colibris, o que inviabilizou a representatividade de qualquer um deles na amostra do Lote (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados censitários dos bairros integrantes do Lote 3

<b>LOTE 3</b>				
<b>BAIRROS</b>	<b>VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015</b>	<b>CLASSE</b>	<b>POPULAÇÃO (2015)</b>	<b>PERCENTUAL DA CLASSE/LOTE</b>
ÁGUA FRIA	4.058,12	B	6.858	2,42%
			<b>6.858</b>	
CUIÁ	3.532,43	C	7.596	60,17%
ERNESTO GEISEL	3.304,95	C	15.516	
JOSÉ AMÉRICO	2.985,73	C	17.796	
VALENTINA	2.724,18	C	24.560	
CIDADE DOS COLIBRIS	2.616,72	C	4.479	
MANGABEIRA	2.487,72	C	83.122	
FUNCIONÁRIOS	2.366,46	C	17.336	
			<b>170.404</b>	
JOÃO PAULO II	2.247,44	D	16.896	25,44%
ERNANI SÁTIRO	2.173,47	D	9.452	
PLANALTO DA BOA ESPERANÇA	2.089,78	D	6.796	
COSTA E SILVA	1.779,78	D	8.979	
BARRA DE GRAMAME	1.715,82	D	380	
COSTA DO SOL	1.653,39	D	9.124	
PARATIBE	1.602,88	D	13.560	
MUÇUMAGO	1.594,66	D	6.865	
			<b>72.052</b>	
GRAMAME	1.527,53	E	27.160	11,97%
GROTÃO	1.483,29	E	6.737	
			<b>33.897</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>283.211</b>	

Fonte: : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A Tabela 3 mostra que o Lote 3 possui representação de apenas quatro classes sociais, das quais a C é a que possui maior representatividade com 60,17% da população do lote, a B com apenas um bairro (Água Fria), que possui coleta misturada com a do Cidade do Colibris. Portanto, sem definições precisas dos quantitativos de resíduos gerados. A classe E agrega apenas 11,97% da população do lote e será representada pelos dois bairros, um por possuir uma grande população, Gramame com 27.160 habitantes, e Grotão por apresentar a segunda maior densidade do município, 18.892,64 hab/km<sup>2</sup> (Tabela 3).

Assim a amostra para estudo da rota tecnológica do Lote 3 é composta por Ernesto Geisel, Mangabeira, João Paulo, Paratibe, Gramame e Grotão, e seus 283.211 habitantes. Com uma amostra de 162.211 habitantes, tem-se 57,55% de representatividade do Lote 3, o que também foi conferido estatisticamente, quando comparou-se 5% do valor da população do lote, 14.160, com 8100 habitantes.

O Quadro 10 mostra os Setores a serem estudados em cada lote.

Quadro 10 - Setores das rotas tecnológicas dos RSU estudados no município de João Pessoa/PB.

<b>Amostra dos Lotes (Setores)</b>	<b>Bairros Envolvidos</b>
<b>Setor 1</b>	Manaíra, Estados, Padre Zé, Treze de Maio, Bairro dos Ipês, Alto do Mateus, São José e Torre.
<b>Setor 2</b>	Tambaú, Cruz das Armas, Jardim Veneza, Jardim Cidade Universitária, Castelo Branco, Indústrias e Bancários.
<b>Setor 3</b>	Ernesto Geisel, Mangabeira, Gramame, João Paulo II, Grotão, Paratibe.

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Assim, dos sessenta e quatro bairros do município de João Pessoa, vinte e um terão suas rotas tecnológicas analisadas conforme apresentado no Quadro 10. São bairros que foram identificados por possuírem percursos de coleta homogêneos (setores). Para os setores, que correspondem a 34,38% do total de bairros do município, foram obtidas as variáveis socioeconômicas (Quadro 11).

Quadro 11 - Setores com bairros estudados do município de João Pessoa-PB

<b>SETOR 1</b>								
<b>Variável Investigativa</b>	<b>Manaíra</b>	<b>Estados</b>	<b>Treze de Maio</b>	<b>Torre</b>	<b>Ipês</b>	<b>Alto do Mateus</b>	<b>Padre Zé</b>	<b>São José</b>
População	28.845	8.158	8.489	16.619	9.977	17.809	7.618	7.742
Domicílios	10.335	2.432	2.412	5.169	3.006	5.036	2.170	2.372
Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	10.824,71	7.175,23	9.687,89	7.106,17	4.197,42	6.661,62	14.183,30	22.328,08
Renda média	11.774,39	10.466,28	4.827,23	4.445,37	3.513,89	1.768,09	1.553,47	1.020,43
<b>SETOR 2</b>								
<b>Variável Investigativa</b>	<b>Tambaú</b>	<b>Jd. Cidade Universitária</b>	<b>Bancários</b>	<b>Castelo Branco</b>	<b>Indústrias</b>	<b>Oitizeiro</b>	<b>Cruz das Armas</b>	<b>Jardim Veneza</b>
População	11.117	23.436	12.977	12.735	10.483	31.859	27.948	14.015
Domicílios	4.598	8.304	4.072	3.655	2.652	9.122	7.692	4.035
Densidade	11.217,44	9.109,27	5.312,28	3.448,46	3.268,42	1.811,48	9.540,33	5.367,41
Renda média	12.152,64	5.220,76	5.135,58	3.116,51	1.760,13	1.705,71	1.985,68	1.421,37
<b>SETOR 3</b>								
<b>Variável Investigativa</b>	<b>Ernesto Geisel</b>	<b>Mangabeira</b>	<b>João Paulo</b>	<b>Paratibe</b>	<b>Gramame</b>	<b>Grotão</b>		
População	15.516	83.122	16.896	13.560	27.160	6.737		
Domicílios	4.644	23.536	4.969	4.297	8.173	1.837		
Densidade	12.152,64	5.220,76	5.135,58	3.116,51	1.760,13	1.705,71		
Renda média	3.304,95	2.487,72	2.247,44	1.602,88	1.527,53	1.483,29		

Fonte: : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Como pode-se observar no Quadro 11 cada Setor é composto por bairros de diferentes classes sociais e diferentes perfis demográficos. A finalidade da seleção de percursos homogêneos de coleta era conseguir, por meios dos relatórios gerenciais da balança, que são filtrados por bairros, o valor exato da massa coleta por dia.

### **3.3 Caracterização da pesquisa**

A opção por uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa, deu-se inicialmente à necessidade de uma compreensão sobre o objeto de estudo que opta pela estratégia do estudo de caso, fundamentado na pesquisa descritiva e exploratória, que teve como procedimentos a pesquisa bibliográfica, documental, observação sistemática e a entrevista. Assim, objetivou-se apresentar a atual rota de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos do município de João Pessoa- PB, na perspectiva de detectar o potencial e a efetividade da coleta seletiva e subsidiar a proposição de formas de cobrança pelo serviço de tratamento e disposição final.

#### **3.3.1 Quanto aos objetivos**

Para a presente produção que teve como problema de pesquisa: como funciona a rota tecnológica de tratamento e disposição final de João Pessoa? Foi montada e analisada a atual rota tecnológica de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos domésticos de João Pessoa, estudados o seu fluxo de massa e o demonstrativo de custos, além de suas variantes e implicações financeiras e ambientais. As variantes estudadas foram os índices demográficos (população, densidade demográfica e habitantes por domicílio), massa de resíduos gerada, custos de coleta, transporte, tratamento e disposição final.

A pesquisa é classificada como um estudo descritivo, por particularizar como se desenvolve a(s) rota(s) tecnológica(s) de resíduos sólidos urbanos na capital estudada e exploratória por buscar esclarecer de forma específica e direta que metodologias e técnicas podem ser empregadas de forma a otimizar a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de serviços públicos da capital paraibana sob o ponto de vista do tratamento e cobrança dos serviços.

A pesquisa aplicada contribui para fins práticos, busca soluções para problemas técnicos e transforma em ação concreta os resultados do trabalho, também objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas, dirigidos à solução de problemas específicos. O estudo

constitui-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva analisar a sustentabilidade de rotas tecnológicas de resíduos sólidos urbanos, levando conhecimentos práticos para extensão da problemática associada à gestão dos resíduos sólidos de João Pessoa. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, foi realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação do efeitos resultantes das ideias, propostas ou produtos. Tratou-se, portanto, de um estudo exploratório-descritivo que descreveu a problemática em discussão, buscando diagnosticar o objeto de estudo e propor alternativas de melhorias.

### 3.3.2 Quanto à abordagem do problema

Quanto à abordagem do problema as pesquisas podem ser qualitativas, quantitativas e quali-quantitativas. O processo metodológico deste estudo é baseado no método quali-quantitativo, haja vista que utiliza informações que podem ser quantificáveis, ou seja, irá traduzir em números as informações para então obter a análise dos dados e, posteriormente, chegar a uma conclusão. Já a pesquisa qualitativa utiliza-se de dados não quantificáveis, levando-se em consideração traços subjetivos que devem ser analisados.

Assim, a presente investigação, assume o caráter de pesquisa aplicada, a partir da abordagem quali-quantitativa, que articula as dimensões qualitativas e quantitativas. A interação entre as pesquisas quantitativas e qualitativas tem sido vista como positiva, visto que essa interação de acordo com Oliveira (2010) colabora para aumentar o “[...] nível de credibilidade e validade aos resultados da pesquisa” e propicia a sua complementaridade entre elas.

### 3.4 Variáveis Investigativas

Para análise das rotas tecnológicas do município foram pesquisadas algumas variáveis nos bairros, que por meio de correlação permitiram a compreensão da gestão dos resíduos sólidos do município:

- População.
- Densidade demográfica.
- Renda.
- Área.
- Número de domicílios.

Para o estudo das rotas RTC (sem coleta seletiva de recicláveis) as variáveis investigadas foram:

- Massa de resíduos coletados.
- Massa de resíduos coletados por habitante.
- Cobertura da coleta indiferenciada.
- Gravimetria dos resíduos sólidos.
- Total de quilômetros percorridos na coleta.

Para as rotas RTS (com coleta diferenciada ou seletiva) foram estudadas as seguintes variáveis:

- Gravimetria dos materiais recicláveis.
- Bairros atendidos pela coleta seletiva.
- Domicílios atendidos pela coleta seletiva.
- Material potencialmente reciclável comercializado.

As variáveis investigativas da pesquisa foram levantadas através de dados obtidos junto ao IBGE e a EMLUR. A correlação das variáveis foi realizada entre os lotes, assim como entre eles e os setores.

#### 3.4.1 Geração de resíduos sólidos

O município de João Pessoa, segundo os dados censitários do : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b), possui 215.586 domicílios. Com os dados populacionais de cada bairro e sua respectiva a distribuição de domicílios, pode-se calcular a relação “pessoa/domicílio” que é imprescindível para a especificação da geração dos resíduos nos mesmos e calcular a abrangência da coleta seletiva. Por meio de um estudo mais profundo na unidade territorial “Setor”, a análise das rotas trará resultados mais consistentes.

A coleta convencional de resíduos sólidos do município é feita de forma segmentada, ou seja, três empresas contratadas realizam a coleta na área contratada, dos resíduos das residências, dos estabelecimentos comerciais e dos serviços de limpeza pública. Os demais tipos de resíduos, poda, industriais, de serviços de saúde e os oriundos de obras civis, entre outras, são coletadas pelos seus geradores. A coleta convencional de resíduos sólidos urbanos domésticos, comerciais e de serviços públicos têm como destino final o Aterro Sanitário

Metropolitano de João Pessoa (ASMJP). Ao chegar ao ASMJP, o caminhão é pesado e registrado no sistema os dados a massa bruta, massa líquida (que é calculada após a pesagem do caminhão vazio, tendo o seu peso como tara), horário de entrada e saída do aterro e o bairro atendido. Como o aterro funciona em quatro turnos, o acompanhamento dessas pesagens tornou-se inviável, optando-se por analisar os relatórios gerenciais da EMLUR, fazer conferências e acompanhar a rotina *in loco*. Essas informações são geridas por um software de armazenagem de informações particular, “Balança”, que permite a emissão de relatórios conforme modelo do ANEXO A, que representa as fontes dos quantitativos dos bairros. Para uma maior abrangência da geração de resíduos, que envolve fatores sazonais e climáticos, optou-se por acompanhar a série histórica de dois anos (2014 e 2015).

Segundo Pascoal Junior e Oliveira Filho (2010), interferências como armazenamento, reutilização, reciclagem e descarte em locais inadequados desviam parte do fluxo de materiais antes do descarte dos resíduos em locais de destinação final. Desta forma, discussões baseadas sobre a produção de resíduos estão relacionadas a quantidade de resíduos coletados e não aos efetivamente gerados.

#### 3.4.2 Caracterização gravimétrica dos resíduos de João Pessoa

As perspectivas de evolução da produção de resíduos e dos seus diversos componentes são fundamentais para equacionar e dimensionar as questões da gestão e do gerenciamento de RSU, por meio de avanços nas soluções da coleta, do transporte, do tratamento e destino final, bem como para a eficiência nos recursos humanos e financeiros do sistema. As campanhas de caracterização além de permitirem o correto planejamento e avaliação da coleta seletiva, também são essenciais para obter dados que permitam os esclarecimentos acerca da população.

Em geral, os países em desenvolvimento não estão cientes da quantidades e tipos de resíduos sólidos (RS), que são coletados, nem da quantidade de materiais potencialmente recicláveis e valorizados. Essa situação causa uma inoperância de um sistema de aproveitamento de resíduos, seleção inadequada de locais para disposição final. Por esta razão, é muito importante conhecer a composição dos resíduos sólidos gerados.

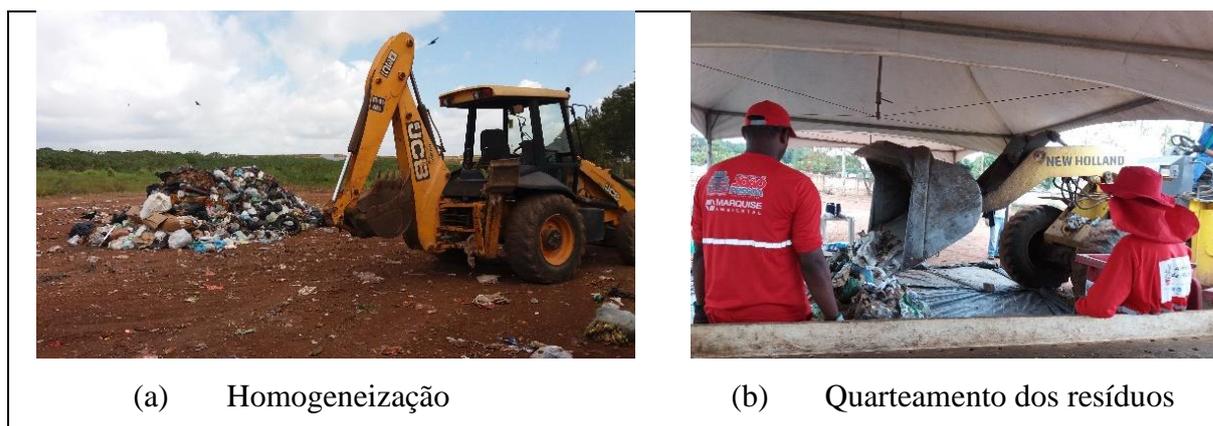
No Brasil, a PNRS não trouxe em seu arcabouço nem a exigência da caracterização, tampouco o método para realização no âmbito dos Plano Estaduais e Municipais. Entretanto, em sua tese Cruz (2005) explica que o esclarecimento do método é muito importante, assim como a origem do resíduo e, principalmente, que objetivos se busca alcançar. O PMGIRS

determina que há a cada 02 (dois) anos seja realizada uma caracterização de resíduos sólidos urbanos no município.

De acordo com a NBR 10.007/2004, a caracterização gravimétrica, análise gravimétrica, ou ainda caracterização qualitativa, é a determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico (ABNT, 2004). Para Rikilis *et al.* (2016) a composição gravimétrica constituiu uma informação importante na compreensão do comportamento dos resíduos, e expressa, em percentual, a presença de cada componente, em relação ao peso total da amostra dos resíduos.

A composição gravimétrica determina o percentual dos diferentes materiais que compõem a massa de resíduos de uma localidade. O procedimento técnico para sua realização consiste: (i) no planejamento das unidades que melhor representam o município; (ii) dimensionamento dos recursos humanos e equipamentos; (iii) coleta e amostragem dos resíduos sólidos urbanos diretamente do caminhão de coleta através do quarteamento (iv) segregação e acondicionamento em recipientes identificados com as categorias determinadas pelo método de caracterização escolhido e (v) pesagem de cada fração existente. A Figura 21 mostra algumas das etapas realizadas na caracterização.

Figura 21 - Processo de coleta ou amostragem de RSU para a realização da composição gravimétrica





(c) Mesas classificadora

(d) Acampamento

(e) Coleta de amostras

(d) Pesagem

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Como observado na Figura 21, foi montado um “acampamento” no ASMJP (Figura 21(a)), local da disposição regular dos RSU, foram utilizados equipamentos como a retroescavadeira e caminhão basculante para recolher a massa trabalhada. No acampamento também foram utilizados 01 lona plástica (100 micras) de 5 x 6m; (02) tendas de dimensão 05x05 m; 02 mesas, uma classificadora com furos circulares de diâmetro de 20 mm (Figura 21 (c)), e, outra para apoio a balança; 01 balança de piso (peso acima de 50 kg); 13 tambores plásticos com capacidade para 200 litros, (Figura 21 (d)); equipamentos de proteção individual (EPIs), tais como luvas de raspa, luvas plásticas descartáveis, botas e máscaras; 01 balança tipo rodoviária com capacidade de 40 toneladas; 01 balança eletrônica, capacidade 300 kg, tipo plataforma, com precisão de 0,01 kg ; coletores com capacidade de 200 litros; pás, vassourões, enxadas, gadanhos e carros de mão. Nove funcionários das empresas que prestam serviço de

limpeza urbana para Prefeitura Municipal; 02 voluntários; 01 balanceiro para registro do material triado, participaram no trabalho de determinação da composição gravimétrica dos RSU.

Não basta, no entanto, enunciar que componentes se consideram relevantes para determinada localidade, mas conhecer o tipo de resíduos que compõe cada componente e até seus sub-componentes de forma a subsidiar a técnica e associá-las aos objetivos da caracterização. Como citado, anteriormente, no Brasil não existe uma norma ou legislação específica para a segregação detalhada de materiais que compõem os resíduos sólidos urbanos (RSU). Para a execução desta etapa utilizou-se a metodologia francesa, MODECOM, que define 13 categorias e subcategorias dos componentes dos resíduos, conforme mostrado no Quadro 12, além de permitir a comparação com a Composição Gravimétrica realizada no município em 2011, utilizando o referido método.

Quadro 12 - Categorias MODECOM utilizadas na caracterização dos RSU de João Pessoa

<b>CATEGORIAS CARACTERIZADAS</b>	<b>COMPONENTE</b>
Resíduo Verde	Poda em Geral e Coco
Fração Orgânica	Restos de Alimentos e de Preparo
Papel	Jornal, Revistas, Papeis em Geral
Papelão	Caixas, Embalagens, entre outros
Plástico	Sacola, Pet, Descartáveis e Embalagens
Vidro	Todas as Vidrarias, Exceto Espelho
Metal	Ferrosos e Não Ferrosos: Latinhas, Tampinhas e Embalagens
Tecido	Roupas, Retalhos, Lençóis, entre outros
Inflamáveis	Couro, Madeira, Borracha
Higiene Pessoal	Papel Higiênico, Absorvente, Fraldas e Demais Utensílios Oriundos Da Higiene
Resíduo Especial	Hospitalar, Pilhas, Aerossol, Tintas e Óleos, Colas, e Produtos Com Misturados Com Esses Materiais
Inerte	Pedra, Osso, Cerâmica, Porcelana
Finos	Resíduos Inferiores à 20 mm

Fonte: Adaptado Azevedo Silva (2012)

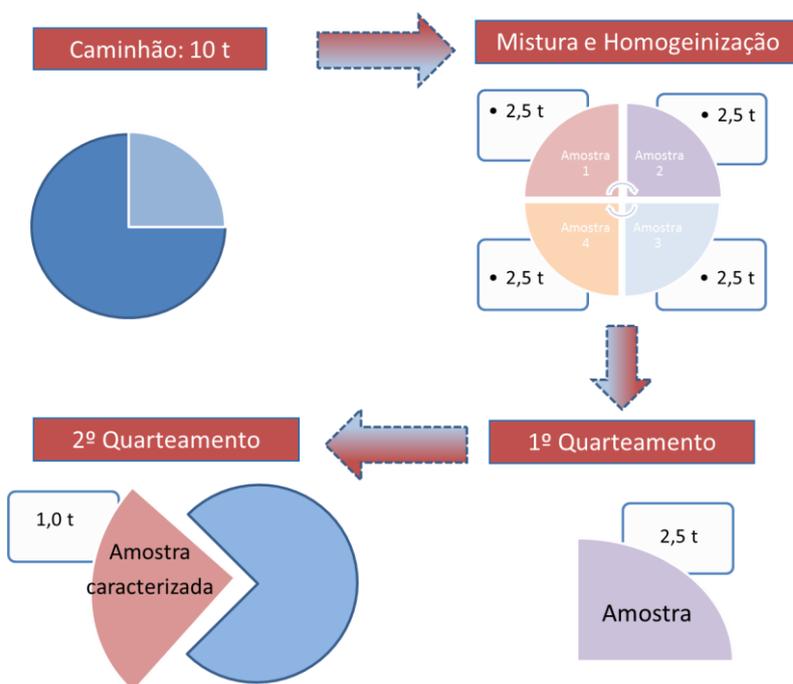
Segundo Azevedo Silva, Moraes Junior e Rocha (2012) o município João Pessoa já realizou cinco campanhas de caracterização dos resíduos sólidos urbanos, em 1998, 2001 e 2006 por Flores Neto, em 2003 pelo Grupo de Resíduos Sólidos – GRS da UFPE e em 2011 pela própria autora, que seguiu pela primeira vez o MODECOM e as treze categorias da metodologia francesa, com exceção da categoria de “Resíduo Composto” que foi substituído por “Resíduo Verde” (Quadro 12). Essa modificação no padrão original de categorias relaciona-se à grande produção de resíduos verdes no município em estudo sendo, portanto, alvo de avaliação. No ano de 2016 a metodologia foi repetida, seguindo orientação da PMGIRS do

município, e foi empregada para subsidiar a análise das rotas tecnológicas da pesquisa. Para a atual pesquisa, que estuda rotas tecnológicas, o método também é bastante propício, pois permite uma caracterização mais ampla e mais detalhada de 13 categorias de resíduos sólidos.

Primeiro foi realizado o quarteamento, que é o processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A Figura 22 mostra o fluxograma do método do quarteamento realizado na caracterização dos RSU do município de João Pessoa.

Figura 22 - Fluxograma do método de quarteamento para a caracterização dos RSU de João Pessoa



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Com a categorização dos materiais, foi realizada a separação manual dos componentes existentes nos resíduos utilizando treze recipientes de 50 litros.

Ao chegar ao ASMJP, o caminhão compactador oriundo da coleta era pesado, registrados no sistema os dados sobre massa bruta, massa líquida, horário de entrada e saída do aterro e setor atendido. No setor da Balança tinha-se a informação da quantidade de caminhões necessárias para cada bairro e planejamento das massas a serem caracterizadas conforme a previsão de entrada. O caminhão encaminhado ao acampamento, descarregava o seu conteúdo, de aproximadamente 10.000 kg. Esta amostra era revolvida e separada com o auxílio da retroescavadeira em quatro partes de forma intercalada, buscando sempre a mistura, era o

primeiro quarteamento (Figura 22). Dessas quatro partes, escolhe-se aleatoriamente uma com 2.500,00 kg aproximadamente, desprezando as outras três. Esta amostra, era novamente separada em quatro partes, com mistura de ângulos opostos, formando a amostra final de 1.000 kg de resíduos sólidos, aproximadamente (Figura 22). Em seguida a amostra final era encaminhada à estação de caracterização para enfim ser disposta na mesa classificadora, que possuía uma malha de furos com aberturas de 20mm, pelos quais passavam os resíduos que se enquadram na categoria “Finos”. Os demais resíduos eram separados manualmente conforme as categorias já especificadas no Quadro 12. Com o término da triagem os tambores eram encaminhados à mesa de pesagem por categoria, para finalmente, através de regra de três simples, ser obtido o percentual em peso de cada componente, ou seja, a composição gravimétrica dos resíduos sólidos.

Como visto, o procedimento foi realizado durante o período compreendido entre 02 de agosto e 02 de setembro de 2016 e seguiu o padrão de quarteamento, utilizando as precauções de amostragem da NBR 10.007/2004.

### **3.5 Quanto aos procedimentos técnicos e ferramentas de pesquisa**

A presente pesquisa contou com a parceria da EMLUR, assim, do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, por sua elaboração a partir do levantamento e análise de material disponível, artigos científicos, livros, relatórios técnicos, etc. A pesquisa bibliográfica foi utilizada a fim de se conhecer e descrever a gestão do resíduos sólidos, sua relação com o gerenciamento e as rotas tecnológicas, também foi necessário conhecer ainda mais sobre as recomendações legais e aplicabilidade da legislação federal e do município. Estudou-se sobre questões urbanas e ambientais além das questões econômicas, modelos tecnológicos de tratamento de resíduos sólidos, considerando a realidade nacional e internacional. Todo esse cabedal teórico deu-se por meio de um aprofundamento bibliográfico em teses, dissertações, artigos de periódicos e anais publicados em congressos nacionais e internacionais.

Também para dar aderência entre a teoria e os objetivos propostos utilizou-se nesta investigação científica uma pesquisa documental acerca dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa. Buscou-se informações das mais abrangentes às mais específicas de dados demográficos, econômicos, ambientais, além da gestão dos resíduos sólidos da capital em documentações, publicações e relatórios com informações e estudos relacionados ao tema. Os dados coletados e analisados foram extraídos de diversos estudos e publicações relacionados ao

tema. Assim, para a análise e o desenvolvimento deste trabalho foram considerados como base da pesquisa documentos impressos e digitais, da Prefeitura Municipal de João Pessoa - PMJP, EMLUR, IBGE, ABRELPE, além de fontes de informações da base de dados do Ministério da Saúde (MS/DATASUS), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), do IPEA e no *site* da *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), entre outros. Essas bases permitiram a incorporação dos dados para a análise técnica, econômica e ambiental das rotas tecnológicas do município de João Pessoa e o delineamento de todos os objetivos. Ressalta-se que outro elemento fundamental para a realização desse trabalho foi o PMGIRS de João Pessoa documento, elaborado em 2014, que apresenta o diagnóstico da situação do município e um prognóstico, com diretrizes, estratégias, metas, programas, projetos e custos e que encontra-se em conformidade com o previsto no Plano Diretor Municipal, estabelecido pela Lei Complementar Nº 03/1992, bem como as políticas públicas de saúde, meio ambiente, habitação e recursos hídricos do município supracitado.

Yin (2005) relata que na coleta de dados através do procedimento da documentação, alguns pontos fortes se referem à ampla cobertura e à possibilidade de ser revisada inúmeras vezes. Mesmo assim, no entanto, os documentos devem ser cuidadosamente utilizados para não haver vieses de interpretação durante a investigação.

A coleta de dados, segundo Lakatos e Marconi (2010, p 18), é a “etapa da pesquisa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos”.

Além da pesquisa bibliográfica, documental e das entrevistas, a pesquisadora utilizou a técnica de observação, que permitiu a inserção dentro do contexto estudado, para compreender a complexidade. A inserção no local da pesquisa foi antecedida de uma reunião com a coordenação para apresentar o projeto, marcar horários para as visitas, acompanhar as coletas convencional e seletiva e o sistema de destinação final, a fim de se conhecer sua rotina. Tratou-se de uma observação informal e dirigida, centrada unicamente em observar objetos, comportamentos e fluxos das Unidades de Triagem da Coleta Seletiva de João Pessoa, das Coletas Convencionais, e da Caracterização Gravimétrica dos bairros. Assim, além as entrevistas aos presidentes das associações, e aos engenheiros da EMLUR (APÊNDICE A e B), buscou-se por meio das conversas informais, obtidas durante a condução da pesquisa, obter evidências não perceptíveis na análise de documentos e não captadas nas entrevistas.

A utilização de múltiplas fontes e a triangulação dos dados e evidências das diversas fontes é um critério que aumenta a credibilidade e a confiabilidade dos resultados. (ALVES-

MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 2004). Ou seja, a partir do cruzamento de uma fonte com outra, consegue-se uma melhor constatação e sustentação das informações.

Este método múltiplo, permite uma visão sistêmica, com foco nas informações realmente relevantes, de forma a minimizar possível entraves técnicos e metodológicos e maximizar a sustentabilidade das informações das rotas tecnológicas final dos resíduos sólidos da municipalidade.

Após a coleta de dados procedeu-se a análise e interpretação, que segundo Gil (2008, p. 168) tem como objetivo organizar e resumir os dados de maneira a possibilitar o fornecimento de respostas ao problema proposto para investigação. Já a interpretação dos dados visa o sentido mais amplo das respostas, mediante sua ligação e outros conhecimentos obtidos anteriormente.

### 3.5.1 Procedimentos georeferenciais para análise dos percursos das coletas de resíduos domiciliares/comerciais

Para a quantificação das distâncias percorridas no itinerário da coleta indiferenciada foram aplicadas ferramentas de roteirização, de forma que os resultados obtidos possam proporcionar estimativas de custos em vários aspectos do estudo das rotas tecnológicas. O geoprocessamento pode contribuir como uma ferramenta de gerência para a otimização da gestão dos resíduos sólidos nos aspectos que envolvam desde custo operacional à qualidade dos serviços prestados. Os problemas ligados aos recursos básicos para manter uma cidade em funcionamento têm aumentado devido ao rápido crescimento populacional e ao processo de urbanização (forma de ocupação do solo) que ocorreu nas últimas décadas. Enquanto a forma de ocupação do solo dificulta o acesso da população aos serviços de coleta de resíduos sólidos e, também, aumenta o custo de transporte dos resíduos coletados, o crescimento populacional e o poder aquisitivo aumentam a quantidade de resíduos sólidos produzida, significando maior custo para a manutenção dos serviços. Somando-se a isto, existe a forma desorganizada de como as prefeituras têm conduzido estes serviços.

A análise de um itinerário da coleta de resíduos não é algo simples, além de ser um processo demorado que requer a avaliação de diferentes critérios. O Sistema de Informações Geográficas - SIG é uma ferramenta poderosa de análise espacial que permite a funcionalidade para capturar, armazenar, analisar, demonstrar e gerar informação geográfica. (RIKALOVIC; COSIC; LAZAREVIC, 2014). O SIG acaba desempenhando um papel fundamental em manter

dados sobre a operação da coleta, prestação de serviço ao cliente, análise da localização de estações de transferências e no planejamento de rotas para os veículos de transporte de resíduos. (SUMATHI; NATESAN; SARKAR, 2008).

Primeiramente, adotou-se os referenciais geodésico e projeção cartográfica, recomendado no Brasil, Universal Transversa de Mercator (UTM) que viabiliza a interpolação de coordenadas, medidas de distâncias, cálculo de ângulos e de áreas. Quanto aos referenciais geodésicos deve-se adotar o SIRGAS 2000 como datum geocêntrico. Outro ponto a ressaltar, é a importância de admitir as convenções cartográficas, na elaboração da base cartográfica em questão. Ressalta-se o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) como instrumento não só da política e gestão fiscal do município mas também como instrumento técnico para a gestão ambiental urbana. Por conta disso, o CTM faz-se também um potencial instrumento para a gestão e o gerenciamento das operações da Gestão Integrada dos RSU.

No caso deste trabalho, o foco é a utilização da ferramenta SIG, mais precisamente o software ArcGIS®, como ferramenta na delimitação dos percursos dos caminhões de coleta de resíduos sólidos do município de João Pessoa. O SIG favorece a capacidade de analisar e gerenciar as Rotas Tecnológicas por meio do estudo detalhado sobre o sistema de coleta de resíduos sólidos do município de João Pessoa. A divisão em Lotes se tornou imprescindível para identificação dos roteiros de coleta e, em setores para a homogeneização das características de cada Lote. Como já apresentado no Capítulo anterior os Lotes são divididos seguindo os itinerários da coleta, e os Setores são de acordo com a abrangência e homogeneidade destes circuitos.

Na metodologia usada para análise da coleta domiciliar nos lotes estudados foram estudados os trajetos dos caminhões no sentido de se perceber a mistura das massas de resíduos de bairros distintos, para isso foi primordial o uso de uma extensão do programa ArcGIS, que possibilita entre várias funcionalidades a edição de vetores e ponderações Geoestatísticas. Assim, foram levantadas as distâncias desde a saída dos caminhões da garagem, seus percursos nos bairros, o trajeto ao aterro e o retorno à garagem ou ao bairro novamente.

### 3.5.2 Definição dos Indicadores de Custo

O uso de indicadores tem um lugar de destaque na tomada de decisões e estratégias em diversos setores e traz subsídios para definição de metas na busca pelo desenvolvimento de comunidades, empresas e regiões. (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Para a análise e montagem das rotas tecnológicas e seus fluxos foram definidos alguns indicadores que servem como parâmetros quando da correlação dos dados entre os bairros, lotes e também entre outros municípios. Os indicadores facilitam a conexão dos dados, sendo ferramentas que facilitam a gestão dos resíduos sólidos urbanos e a análise de diversos contextos. Os indicadores de sustentabilidade são ferramentas importantes em diferentes contextos da sociedade, podendo auxiliar os gestores públicos no planejamento da gestão, na execução de políticas públicas e na tomada de decisões. (VEIGA; SILVA; TAKAYANAGUI *et al.*, 2013).

Para os autores na área de gestão de resíduos, os indicadores, quando bem formulados, podem proporcionar uma visão mais abrangente, fornecendo subsídios para a tomada de decisão dos gestores a fim de direcionar a escolha das técnicas de manejo mais adequadas nas diferentes situações, contribuindo para que os recursos financeiros possam ser direcionados em um processo mais sustentável.

Na pesquisa foram definidos como Indicadores:

- Custo por quilômetro (R\$/km).
- Custo por domicílio (R\$/dom).
- Custo por habitante (R\$/hab).
- Custo por tonelada ((R\$/t).

Sendo assim, esses indicadores foram levantados e definidos para as rotas tecnológicas RTC do município, dos lotes e também para os setores. Seus valores foram correlacionados com as variáveis investigativas a fim de se ter uma compreensão acerca da gestão e do funcionamento das rotas. Após a análise dos indicadores nos lotes e setores foram estudadas suas relações nas classes sociais de forma a compreender se há alguma relação delas com os custos das rotas tecnológicas.

Para as rotas RTS foram calculados os custos referentes ao transporte e às instalações dos núcleos da coleta seletiva.

### 3.5.3 Procedimentos para montagem dos Fluxos de Massa e Custos

Para montagem dos Fluxos de Massa e dos Demonstrativos de Custos utilizou-se como ferramenta de apoio o software Microsoft Excel para a criação da base de dados e auxílio na

construção dos gráficos e fluxos. O software também foi utilizado para a análise de variáveis investigativas e indicadores de custos.

Foram elaborados um fluxo de massa e outro de custos, de acordo com as rotas tecnológicas dos Lotes estudados, ou seja, três fluxos de massa e três demonstrativos de custos, um para cada Lote. Também foram elaborados o fluxo de massa e o demonstrativo de custo para o município.

Para os fluxos de massa as informações primárias foram os dados das coletas, convencional e seletiva. As informações da coleta convencional foram pesquisadas na Unidade da Balança do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP). Os dados da coleta seletiva foram informados pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR) através de inventários de vendas das unidades de triagem do município.

Com base no fluxo de massa e nos valores individuais de cada componente da rota tecnológica são valoradas as etapas e construídos os demonstrativos de custo.

#### 3.5.4 Procedimentos para propositura de rotas para o município

Para a criação de propostas de rotas tecnológicas para o município foram observados os princípios utilizados por Jucá *et al.* (2014) quando da configuração de rotas para as cinco regiões do país e alguns estados. Sendo assim, seguem os princípios:

- as rotas definidas devem estar alinhadas à Política Nacional dos Resíduos Sólidos;
- o horizonte a ser considerado na proposta de rotas deve incluir curto e médio prazos;
- devem ser considerados critérios técnicos, econômicos, ambientais, sociais e culturais associados às tecnologias e à região específica;
- independentemente do tamanho da população atendida, dentro das limitações e possibilidades do município e não excluindo da análise a adoção de tecnologias mais complexas, devem ser consideradas as seguintes atividades:
  - coleta seletiva de resíduos recicláveis (secos);
  - coleta seletiva de resíduos orgânicos (úmidos);
  - coleta de rejeitos;
  - unidades de triagem;
  - unidades de compostagem;
  - aterro sanitário.

Outro princípio defendido pelos autores é a conexão entre as tecnologias, o aproveitamento das cooperativas e/ou associações de catadores no aproveitamento de resíduos, a possibilidade da reciclagem orgânica e o aproveitamento energético, seja isolado seja no aterro sanitário.

## **4 ESTUDO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE JOÃO PESSOA**

Neste Capítulo apresenta-se uma análise da atual gestão dos resíduos sólidos no município de João Pessoa, com base em dados fornecidos pela Prefeitura Municipal, através da EMLUR, correlacionados a dados censitários e a relatórios de pesagem da balança e de acompanhamento ambiental do ASMJP, através de entrevistas realizadas e observação dos sistemas de coleta e disposição final dos RSU do município. Também foram analisados relatórios, nos quais são descritos e avaliados todos os processos envolvidos, desde a geração até a destinação e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos do município, objetos da pesquisa. Esta etapa teve como objetivo o entendimento das rotas tecnológicas dos RSU, por meio do conhecimento da geração, dos percursos de coleta, e demais variáveis a elas relacionadas.

O Capítulo trata do gerenciamento e das rotas tecnológicas através de seus componentes, a começar pela apresentação de aspectos gerais da gestão dos resíduos do município e do diagnóstico da gestão dos RSU de João Pessoa, com ênfase nos resíduos domiciliares, comerciais e limpeza pública,. Enfatizando a coleta indiferenciada, coleta diferenciada e destinação final ambientalmente correta, para enfim se ter fundamentos de avaliar a possibilidade de expansão da coleta seletiva visando, através do seu potencial de redução de resíduos no Aterro Sanitário, a viabilidade de expansão da vida útil.

### **4.1 Aspectos Gerais da Gestão dos Resíduos Sólidos do Município de João Pessoa**

As inquietações quanto aos problemas de disposição dos resíduos sólidos se tornaram foco da atenção dos gestores públicos desde a década de 1980, quando a Constituição Federal acionou em alguns dispositivos a preocupação com o manejo e limpeza urbana e a lei de crimes ambientais que aponta a responsabilidade civil e criminal pela disposição final ambientalmente incorreta dos resíduos sólidos, que já havia sido proibido desde 1954.

Neste contexto, Lopes (2007) explica que as municipalidades se viram obrigadas a adotar práticas mais eficientes de gerenciamento dos resíduos, incorporando o reaproveitamento do material coletado. Em João Pessoa a problemática dos resíduos sólidos também era percebida, afinal a capital também não tinha um local adequado para deposição dos seus resíduos nem uma política de gestão. A disposição dos resíduos sólidos a céu aberto (lixões), é uma prática bastante antiga e comum nos países subdesenvolvidos ou em

desenvolvimento, como o Brasil, embora prejudicial sob os pontos de vista sanitário, ambiental, econômico e social.

Em João Pessoa, a primeira área de disposição centralizada de resíduos sólidos foi o Lixão de São Miguel. Com sua extinção, um novo terreno foi cedido à prefeitura para dispor, provisoriamente, os resíduos coletados no município. Esse terreno situado em um manguezal adjacente ao Rio Sanhauá, afluente do estuário do Rio Paraíba, passou então a ser usado como lixão a partir do ano de 1958. Inicialmente chamado de Batatão e, posteriormente, de Lixão do Roger, o novo lixão que deveria ter uma vida útil de apenas 3 anos e receber os resíduos apenas de João Pessoa, funcionou por 45 anos e nos últimos 3 anos recebeu resíduos de cidades como Bayeux e Cabedelo, por terem seus lixões desativados pelo Ministério Público, totalizando em média 900 t/dia. Inicialmente a área de 4,6 há em 1976, passou a 17 ha em 2003. Segundo a mesma autora esse fato atraiu pessoas que tinham os resíduos como fonte de sobrevivência e passaram a ocupar uma área adjacente formando o aglomerado suburbano conhecido como “Favela do S” (NÓBREGA, 2003).

Em 1997, a EMLUR elaborou o projeto de fechamento e remediação do lixão do Roger além da operacionalização do atual Aterro Sanitário Metropolitano (NÓBREGA, 2003). Concomitante a esta decisão houve a preocupação com o problema social que ali se fazia presente, tendo associações católicas estrangeiras se prontificado a dar apoio jurídico e financeiro à associação de catadores do Lixão do Roger, assim como, foram transferidas 180 famílias que residiam no Lixão do Roger para um condomínio residencial no Bairro Padre Zé. Essas famílias também foram cadastradas em programas sociais (NÓBREGA, 2003). A Figura 23 mostra vista aérea degradada do Lixão do Roger.

Figura 23 - Vista aérea do Lixão do Roger



Fonte: EMLUR, 1997

Com o encerramento das atividades do Lixão do Roger no ano de 2003, a disposição final dos resíduos sólidos coletados no município de João Pessoa passou a ser realizada no Aterro Sanitário Metropolitano. Os 17 hectares de área ocupados pelo antigo Lixão foram divididos em cinco (05) células, para o desenvolvimento de atividades visando à recuperação ambiental da área degradada. (NÓBREGA, 2003).

João Pessoa se antecedeu a Política Nacional, que só seria estabelecida sete anos depois, investindo em uma disposição ambientalmente adequada. Entretanto, para a problemática dos resíduos não se resume ao destino final, sendo o desafio maior a redução, reintegração e transformação visando a redução da degradação ambiental, isso se consegue por meio de uma política de gestão eficiente e de articulações com setores para implantação da logística reversa.

Antes mesmo da edição do plano municipal, o município de João Pessoa já possuía alguns dispositivos isolados que norteavam a gestão de resíduos sólidos no município. A Lei municipal N° 6.390, de 15 de junho de 1990, alterou os objetivos da então Empresa Municipal de Urbanização (URBAN), nos termos do art. 1° do Decreto N.º 1.908, de 20 de março de 1990, e mudou a sua denominação para Empresa Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR) (JOÃO PESSOA, 2014b).

Em 1991, através da Lei Municipal N.º 6.811, houve mudança de Empresa Municipal de Limpeza Urbana para Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana, dotada de personalidade jurídica de direito público, patrimônio e receitas próprias, com autonomia financeira, administrativa e técnica, competindo-lhe especificamente, planejar, desenvolver, regulamentar, fiscalizar, executar, manter e operar os serviços integrantes ou relacionados com sua atividade fim e promover a educação para a limpeza urbana, bem como comercializar os produtos e subprodutos do resíduo sólido, com o emprego das prerrogativas jurídicas inerentes ao Poder Público e todos os privilégios, isenções e regalias da Fazenda Pública Municipal. (JOÃO PESSOA, 2014b).

O setor de limpeza urbana tem base legal no Decreto Lei N° 3.316/1997, de 03 de novembro de 1997, intitulado Regulamento de Limpeza Urbana do Município de João Pessoa e é de responsabilidade da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR), pertencente à Prefeitura Municipal de João Pessoa. Com patrimônio e receitas próprias, a EMLUR possui autonomia financeira, administrativa e técnica. Sendo assim, cabe a ela todo o planejamento, fiscalização, regulamentação e até mesmo a execução dos serviços integrantes ou relacionados com sua atividade fim, como também a promoção da educação para a limpeza urbana.

O Brasil teve sua Política Nacional instituída em 2010, e apenas em 2015 foi aprovado o Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba que tem por objetivo maior a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos e promover a educação ambiental, a coleta seletiva, o estímulo à comercialização de materiais recicláveis, a compostagem, a inclusão de catadores e a adoção de sistema ambientalmente adequado para a disposição final de rejeitos. Já o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município foi elaborado e aprovado em 2014, onze anos após o encerramento do Lixão do Roger. O referido plano contém um diagnóstico da situação vigente dos resíduos do município, além de diretrizes, metas e estratégias para solucionar os problemas na gestão de resíduos sólidos no município de João Pessoa, até 2034.

#### **4.2 O gerenciamento do sistema de limpeza urbana de João Pessoa**

Em se tratando da gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, pesquisas realizadas ABRELPE (2011) mostram que a região Nordeste gasta mensalmente cerca de R\$ 2,99 por habitante com serviços de coleta dos resíduos sólidos urbanos e R\$ 8,37 com demais serviços de limpeza. O mercado de serviços de limpeza urbana desta região movimentou a expressiva quantia de R\$ 5,8 bilhões, registrando um crescimento de 5,8% no ano de 2014. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2014). A partir deste Capítulo serão detalhadas informações acerca do gerenciamento dos RSU de João Pessoa, em busca de informações que possam fornecer dados como esses para a capital paraibana de forma a subsidiar a análise da gestão desses recursos que só de coleta e demais serviços de limpeza somam R\$ 7.688.819,34 por mês.

Os serviços de coleta, variação e disposição final de RSU são executados por 3 empresas terceirizadas por licitação pela PMJP com esse fim, e desenvolvem atividades que variam desde a coleta de resíduos domiciliares até a promoção de ações educativas. Segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2014b) os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos em João Pessoa são constituídos pelas seguintes atividades:

- Educação Ambiental
- Coleta e transporte de resíduos de poda, com monitoramento por sistema GPS/GPSM
- Coleta e transporte de resíduos de poda triturada, com monitoramento por sistema GPS/GPSM
- Instalação e remoção de caixas estacionárias – tipo Brooks
- Roçagem mecanizada com roçadeira costal

- Varrição mecanizada de vias pavimentadas e logradouros públicos
- Varrição mecanizada de praças e áreas especiais com aspiração dos Resíduos
- Remoção motorizada de resíduos em áreas especiais
- Capinação e raspagem manual, seguida de pintura de meios-fios compreendendo guias de sarjetas
- Limpeza mecanizada de faixas de areias praias
- Operação e manutenção de PEV's
- Limpeza de bocas de lobo e microdrenagens de águas pluviais, através de equipamento com sucção à vácuo e hidrojateamento à alta pressão, com monitoramento por sistema GPS/GPSM
- Veículos para a fiscalização da EMLUR, com navegação por sistema GPS (via satélite)
- Motocicleta para a fiscalização da EMLUR
- Varrição, capina e pintura de meio fio de logradouros e vias públicas e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública
- Coleta manual e transporte ao destino final de resíduos domiciliares e comerciais, com monitoramento em GPS/GPSM
- Coleta com remoção manual dos resíduos domiciliares em áreas de difícil acesso

Como citado anteriormente, o gerenciamento dos serviços de limpeza urbana do município de João Pessoa é feito pela EMLUR por meio da sua Diretoria Operacional, um efetivo de 1308 colaboradores, dentre eles 114 fiscais, segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2014b), e baseado no Decreto Lei Nº 3.316/97, de 03 de novembro de 1997, intitulado Regulamento de Limpeza Urbana do Município de João Pessoa.

O grande volume de informações encontradas sobre modelo de coleta de resíduos sólidos em vários municípios e países deixa evidente o paradoxo de que a ineficiência do gerenciamento de RSU se dá por falta de dados que montem um modelo ideal que auxilie no gerenciamento. (CHOWDHURY, 2009). Nessa linha cognitiva, conhecer o que se produz em João Pessoa, com que frequência, quanto se gasta, são elementos que podem facilitar a construção de um planejamento que corresponda às reais demandas do município com relação ao atendimento na prestação de serviço e ao equilíbrio financeiro. Medeiros, Paz e Moraes Júnior (2015) afirmam que além da insuficiência de dados ser um agravante para se gerir a produção de resíduos sólidos, manter um histórico e o arquivamento de dados sem nenhum tratamento também não contribui para a gestão otimizada do resíduo sólido.

Os serviços de limpeza urbana em João Pessoa são realizados em cerca 6.155 mil logradouros, onze (11) feiras livres, vinte e dois (22) mercados públicos, cento e cinquenta e cinco (155) praças, vinte e três (23) áreas de difícil acesso; cento e cinquenta e seis (156) escolas

municipais, envolvem também a manutenção de um mil cento e sessenta e seis (1166) palestras e de nove (09) Pontos de Entrega Voluntária – PEV - para resíduos recicláveis secos (JOÃO PESSOA, 2014b).

As empresas são contratadas para realizar as atividades constantes conforme se observa no Quadro 13.

Quadro 13 - Atividades executadas pelas prestadoras de serviços.

LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
Coleta Manual e transporte ao destino final de resíduos sólidos domiciliares, com monitoramento em GPS/GPSM	Coleta Manual e transporte ao destino final de resíduos sólidos domiciliares, com monitoramento em GPS/GPSM	Coleta Manual e transporte ao destino final de resíduos sólidos domiciliares, com monitoramento em GPS/GPSM
Remoção manual dos resíduos domiciliares em áreas de difícil acesso	Remoção manual dos resíduos domiciliares em áreas de difícil acesso	Remoção manual dos resíduos domiciliares em áreas de difícil acesso
Coleta e transporte de entulhos mecanizada	Coleta e transporte de entulhos mecanizada	Coleta e transporte de entulhos mecanizada
Coleta e transporte manual de entulho	Coleta e transporte manual de entulho	Coleta e transporte manual de entulho
Coleta e transporte de resíduos de poda	Coleta e transporte de resíduos de poda	Coleta e transporte de resíduos de poda
Coleta e transporte de resíduos de poda triturada	Coleta e transporte de resíduos de poda triturada	Coleta e transporte de resíduos de poda triturada
Instalação e remoção de caixas estacionárias tipo brooks com poliguindastes	Coleta e transporte de resíduos de abatedouros de aves e frigoríficos	Instalação e remoção de caixas estacionárias tipo brooks com poliguindastes
Roçagem mecanizada com roçadeira costal	Instalação e remoção de caixas estacionárias tipo brooks com poliguindastes	Roçagem mecanizada com roçadeira costal
Varrição manual de vias pavimentadas e logradouros públicos	Roçagem mecanizada com roçadeira costal	Varrição manual de vias pavimentadas e logradouros públicos
Varrição manual de áreas especiais	Varrição manual de vias pavimentadas e logradouros públicos	Varrição mecanizada de praças e áreas especiais com aspiração de resíduos
Varrição mecanizada de praças e áreas especiais com aspiração de resíduos	Varrição manual de áreas especiais	Remoção motorizada de resíduos em áreas especiais - Triciclo de carga
Remoção motorizada de resíduos em áreas especiais - Triciclo de carga	Varrição mecanizada de vias pavimentadas e logradouros públicos	Capinação, raspagem manual e pintura de meio-fio e guia de sarjeta
Capinação, raspagem manual e pintura de meio-fio e guia de sarjeta	Varrição mecanizada de praças e áreas especiais com aspiração de resíduos	Limpeza e catação manual de faixas de areia de praia
Limpeza e catação manual de faixas de areia de praia	Remoção motorizada de resíduos em áreas especiais - Triciclo de carga	Limpeza mecanizada de faixas de areia de praia
Limpeza mecanizada de faixas de areia de praia	Capinação, raspagem manual e pintura de meio-fio e guia de sarjeta	Operação e manutenção de ponto de entrega voluntária - PEV's

Fonte: Adaptado do PMGIRS (JOÃO PESSOA, 2014b)

Operação e manutenção de ponto de entrega voluntária - PEV's	Limpeza e catação manual de faixas de areia de praia	Limpeza de bocas de lobo e microdrenagens de águas pluviais, através de equipamento com sucção e vácuo e hidrojateamento a alta pressão
Operações especiais de limpeza pública	Limpeza mecanizada de faixas de areia de praia	Equipe de educação ambiental
Equipe de educação ambiental	Operação e manutenção de ponto de entrega voluntária - PEV's	-

Fonte: Adaptado do PMGIRS (JOÃO PESSOA, 2014b)

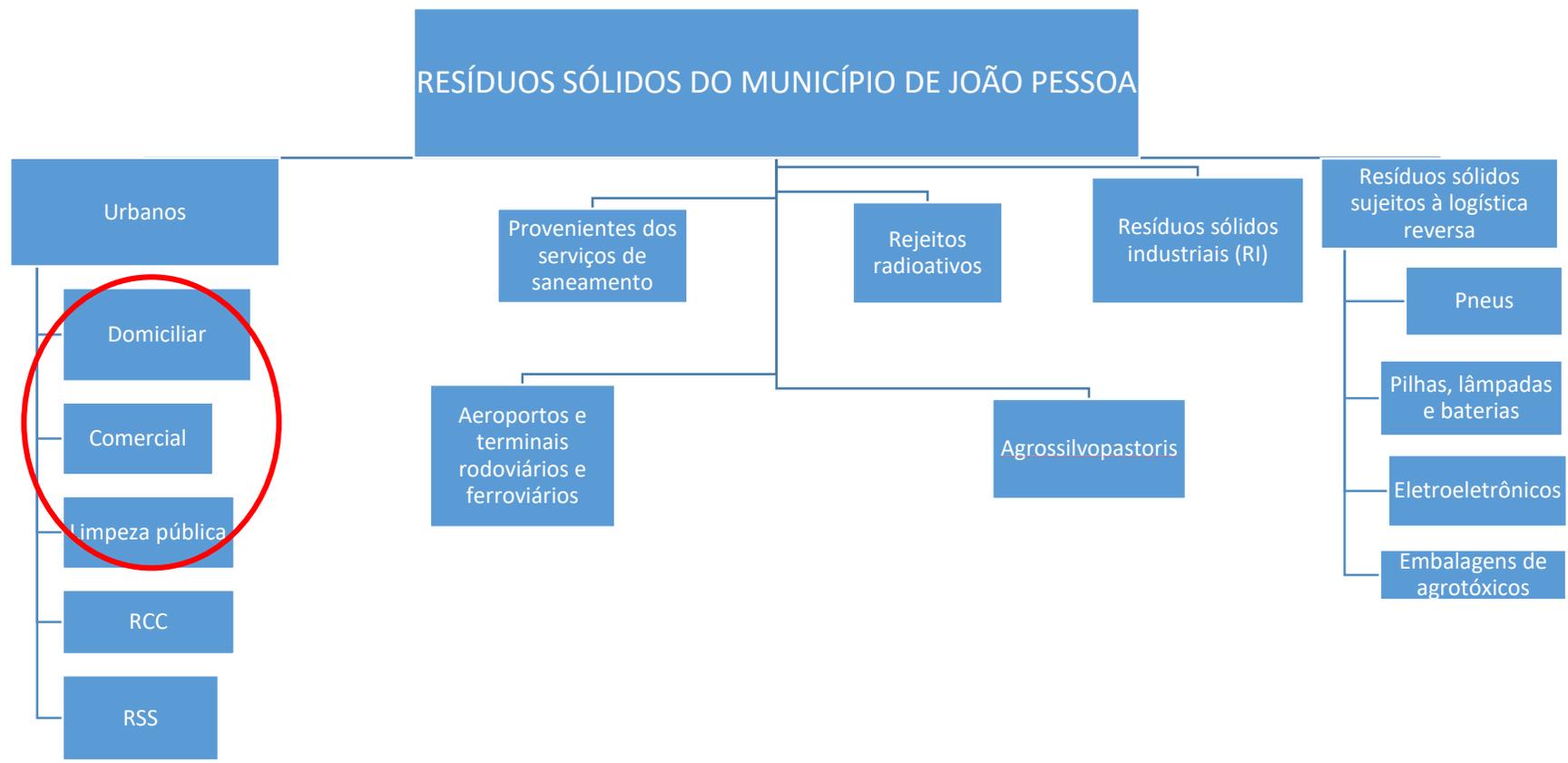
Pode-se constatar que as três empresas contratadas executam atividades semelhantes, roçagem/capinagem, poda, pintura de meio fio, coleta e limpeza urbana de mercados, praças, praias e terrenos, o que as diferencia é a área geográfica das ações.

#### 4.2.1 Os resíduos gerados no município de João Pessoa

Como já visto, no meio urbano, podem ser identificados os mais diversos tipos de resíduos, como os domiciliares, comerciais, resíduos de serviços públicos, resíduos da construção civil (entulhos), resíduos de serviços de saúde, resíduos eletroeletrônicos, industriais, entre outros.

Na Figura 24 estão representados todos os resíduos encontrados no meio urbano do município de João Pessoa.

Figura 24 - Resíduos sólidos gerados em João Pessoa, com detalhe para os resíduos pesquisados neste trabalho



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Figura 24 mostra os tipos de resíduos encontrados na capital estudada, com detalhe para 3 tipos de resíduos sólidos urbanos: Domiciliar, Comercial e de Limpeza Pública, que fazem parte do escopo desse trabalho.

Nos EUA, Municipal Solid Wastes (MSW) - Resíduos Sólidos Municipais consistem em resíduos do cotidiano como embalagens, resíduos de grama, móveis, roupas, garrafas, restos de comida, papel, aparelhos, baterias e outros. Segundo Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2009) são excluídos os materiais de construção e demolição, lodos provenientes de estação de tratamento de água e efluentes e resíduos industriais (perigosos e não perigosos). Essa classificação assemelha-se ao exposto na Figura 24 mostra que os RSU de João Pessoa são compostos em grande parte dos resíduos produzidos pelos núcleos domésticos, mas pode também incluir resíduos similares gerados por pequenas empresas e instituições públicas que são coletados pelos municípios; com exceção para os resíduos de atividades de tratamento de esgoto, construção e demolição.

O montante global dos resíduos sólidos urbanos produzidos em um país está relacionado com o grau de urbanização, padrões de consumo, receitas das famílias e estilos de vida. O aumento da afluência está geralmente associado com o aumento do consumo, o que tende a resultar em maiores quantidades de resíduos urbanos sendo gerado, uma proporção mais elevada de que é composto de materiais plásticos e metais. A quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos por habitante fornece uma medida dos potenciais pressões ambientais e de saúde, por exemplo, a contaminação do solo e da água ou má qualidade do ar.

O Quadro 14 mostra um resumo dos resíduos gerados no município de João Pessoa, seus responsáveis, a legislação municipal correspondente e os respectivos tratamentos e destinos finais.

Quadro 14 - Resíduos encontrados no município de João Pessoa com os respectivos responsáveis

RESÍDUOS	RESPONSÁVEL	LEGISLAÇÃO MUNICIPAL	TRATAMENTO/ DESTINO FINAL
Industriais	Gerador	Não	Aterro específico
Rejeitos Radioativos	Gerador	Não	Instalações de recebimento específico
Serviços de Saneamento	Gerador	Não	Estação de tratamento de esgoto e água
Sujeitos a Logística Reversa	Gerador	Não	Fabricantes
Agrossilvopastoris	Gerador	Não	
Portos, Aeroportos, Terminais Rodoviários e Ferroviários	Gerador	Não	Incineração
RCC	Gerador	Lei nº 11.176/2007	Usiben/Usinas privadas
RSS	Gerador	Não	Incineração
Comercial	Prefeitura	Não	Núcleos de Triagem/ASMJP
Domiciliar	Prefeitura	Não	Núcleos de Triagem/ASMJP
Limpeza Pública	Prefeitura	Não	Núcleos de Triagem/ASMJP

Fonte: João Pessoa (2014b)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Dos resíduos objeto deste estudo, foi pesquisado na EMLUR o histórico das coletas.

Assim o Quadro 15 mostra a série histórica referente a massa desses resíduos.

Quadro 15 - Quantitativos dos resíduos sólidos urbanos (domiciliar, comercial e de serviços públicos) coletados/gerados pela PMJP

GERAÇÃO DE RSU (t/ano)	
2003	164.037,52
2004	173.053,24
2005	162.047,24
2006	180.003,82
2007	192.767,84
2008	205.117,72
2009	220.141,53
2010	220.818,12
2011	260.962,86
2012	239.440,65
2013	237.595,06
2014	242.961,81
2015	243.999,10

Fonte: Adaptado João Pessoa (2014b), Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

O município de João Pessoa gera uma média de 210.995,89 toneladas de resíduos por ano e teve um aumento de 50% nos últimos 10 anos. Em termos gerais, indica uma taxa de geração per capita por dia de 0,853 kg/hab.dia, tomando-se por base o ano de 2015. Ocorre que não apenas baseados em dados gerais pode-se gerir os resíduos sólidos de um município, como poderá ser observado no decorrer da pesquisa.

A seguir serão apresentados detalhadamente cada tipo de resíduo do referido município, conforme apresentado no Plano de Gestão Integrada Resíduos Sólidos do Município.

#### 4.2.1.1 Resíduos Sólidos Comerciais

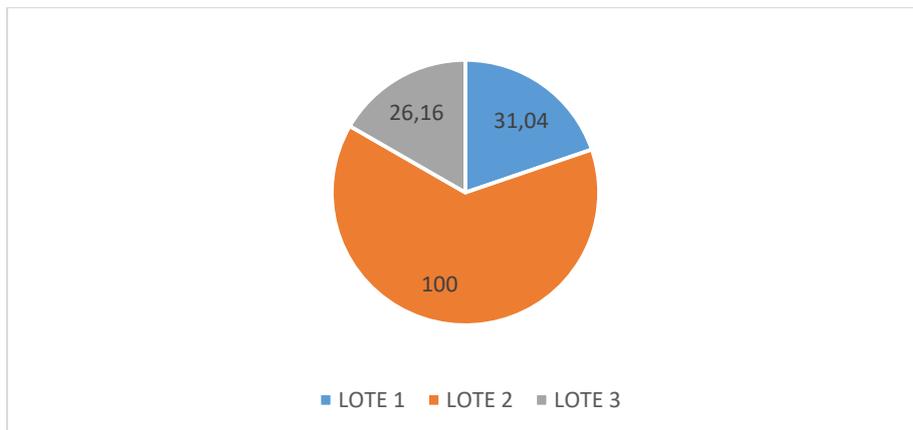
De acordo com a Lei N° 12.305/2010, esses são os resíduos sólidos gerados em estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, excetuando-se os resíduos de limpeza urbana, resíduos de serviços públicos de saneamento, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes. (BRASIL, 2010b).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos determina também que estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos ou que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal, estão sujeitos a elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Dessa forma, grandes empreendimentos comerciais, grandes supermercados, *shopping centers*, devem, independentemente do PMGIRS-JP elaborar seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos com vistas não apenas a cumprir a determinação legal, mas também para garantir o bom funcionamento de suas atividades (JOÃO PESSOA, 2014b). Esses grandes empreendimentos, conseqüentemente, também grandes geradores, têm sua coleta caracterizada como especial e sujeita a preço diferenciado (PMJP, 1998). Segundo a lei n° 16, de 28 de dezembro de 1998, são estabelecimentos comerciais aqueles que necessitarem de uma coleta diária superior a 200 litros, e os estabelecimentos industriais de 500 litros/dia.

A EMLUR gerencia a coleta das empresas geradoras de que se cadastram e apresentam seus respectivos planos de gerenciamento de resíduos nos quais constam os quantitativos necessários da coleta (Gráfico 1).

Gráfico 1- Coleta de resíduos comerciais de João Pessoa, nos Lotes (t/mês)

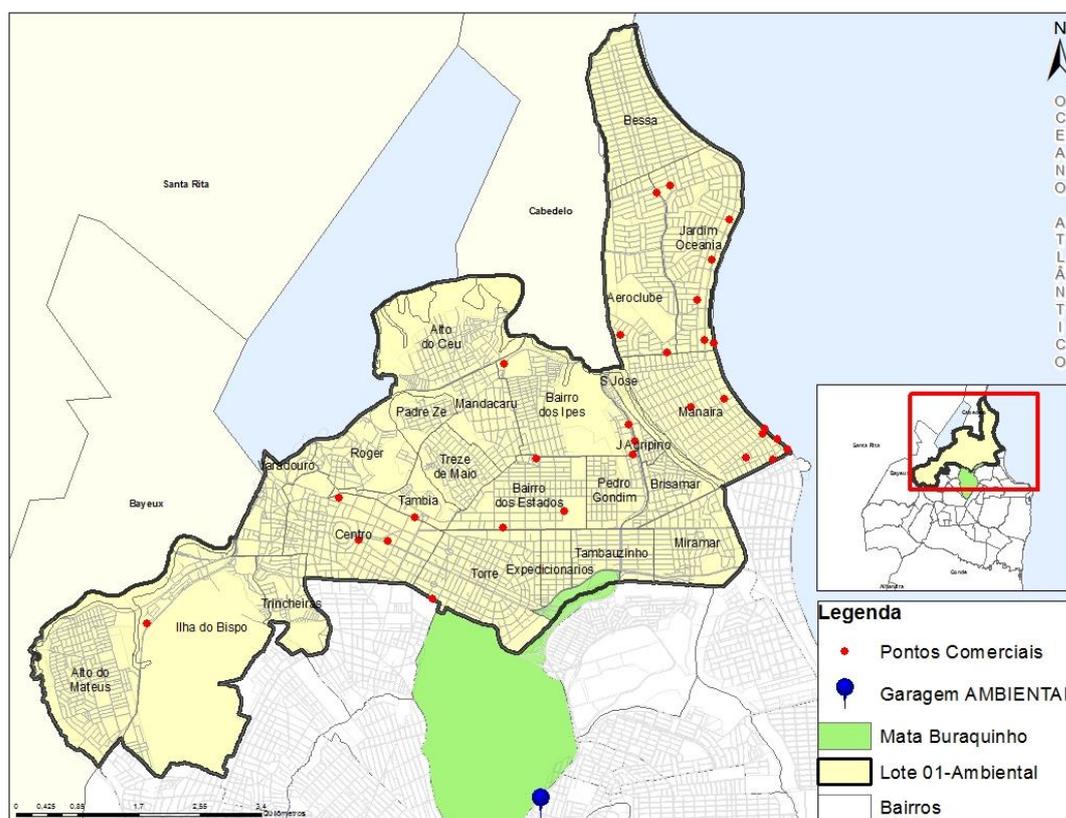


Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A partir da análise dos dados primários fornecidos pela EMLUR, fez-se o levantamento dos quantitativos e mapeamento dos pontos comerciais cadastrados como grandes geradores comerciais pela EMLUR, os quais possuem planos de gerenciamento informando a solicitação de coleta especial para o estabelecimento. A Figura 25 mostra no mapa do município os pontos cadastrados.

Figura 25- Mapeamento dos geradores de resíduos comerciais do município de João Pessoa/PB



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Esses geradores comerciais têm seus resíduos coletados juntamente com os demais resíduos domiciliares e comerciais da rota. Assim seus quantitativos já estão inclusos quando apresentados os dados de geração de resíduos da pesquisa. É importante o mapeamento desses geradores, pois há casos de interferência direta nos estudos acerca dos RSU e na sua gestão, afinal, se são reconhecidos como grandes geradores, devem provocar algum impacto na rota tecnológica.

#### 4.2.1.2 Resíduos de Sólidos de Serviços Públicos

Estes resíduos são originados na varrição de ruas e áreas públicas. São compostos predominantemente por areia, folhas de árvores, restos de capinação e grama, de papéis e embalagens descartados pela população nas ruas; feiras livres, descartados pelos feirantes pelo seu estado de pericibilidade, como restos de frutas e vegetais. A coleta de capinação e poda das árvores e das limpezas nos terrenos é realizada a parte em caminhão caçamba.

A Lei Nº 12.305/2010 atribui ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos a responsabilidade pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços. Assim, o PGIRS/JP afirma que as ações de organização e prestação desses serviços são realizadas pela EMLUR e pelas empresas terceirizadas. Cabe também a estas empresas a responsabilidade de dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos, oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

#### 4.2.1.3 Resíduos Sólidos Domiciliares

Os resíduos sólidos domiciliares, um dos objetos desse estudo, são aqueles que segundo a Lei Nº 12.305/2010, correspondem aos resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas. A composição dos resíduos sólidos domiciliares varia de acordo com a região geográfica, em função dos hábitos da população, mas de maneira geral, a maior parcela dos resíduos domiciliares no Brasil corresponde a matéria orgânica. O Artigo 28 da referida lei orienta que o gerador de resíduos sólidos domiciliares tem cessada sua responsabilidade pelos resíduos com a disponibilização adequada para a coleta ou com sua devolução por meio de mecanismos de logística reversa.

Segundo Tchobanoglous *et al.* (1993), a primeira e uma das mais importantes etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos é a fase de geração, sendo definida como etapa na qual se estuda e analisa a quantidade e composição dos resíduos, além de suas variações semanais.

Os resíduos sólidos domiciliares são reconhecidamente caracterizados como heterogêneos devido a sua ampla composição. A determinação da sua composição, assim como, sua geração, são de grande importância para dar suporte à estruturação das rotas tecnológicas final dos resíduos e a todo seu processo de gestão.

O estudo da geração per capita de resíduos é relevante para quantificar a produção, estruturar os impactos ambientais e também para fornecer subsídios que permitam a estruturação adequada de toda rota tecnológica dos resíduos sólidos. Essa geração per capita de resíduos sólidos é variável, e depende da renda, da localização geográfica, das condições temporais e climáticas, entre outros.

No município de João Pessoa, os resíduos domiciliares são coletados e encaminhados para disposição final no Aterro Sanitário Metropolitano pelas 3 empresas contratadas por licitação. Estes resíduos domiciliares estão misturados aos resíduos comerciais e aqueles oriundos dos serviços de limpeza pública.

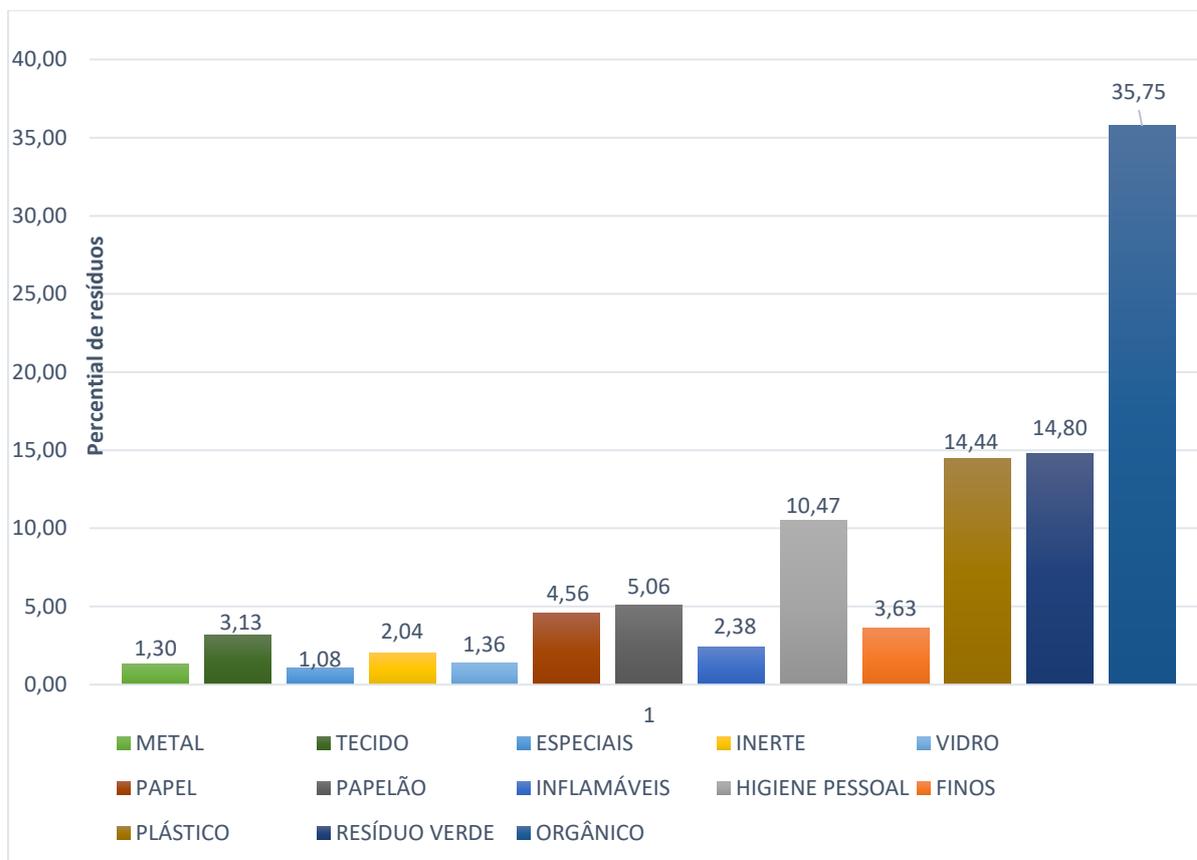
#### 4.2.2 Composição dos RSU

O conhecimento da composição dos resíduos sólidos do município permite a escolha das possíveis formas de tratamento de acordo com a caracterização do agente poluidor sobre sua origem e geração. Para Medeiros, Paz e Morais Junior (2015) as soluções adequadas para sanar a poluição ambiental obedecem uma sequência, que é expressa pela redução da geração de resíduos, reutilização e separação do resíduo, processamento químico, físico, biológico, incineração com tratamento de gases gerados e disposição de resíduos sólidos em local apropriado.

Os dados apresentados nesta seção são provenientes de caracterização realizada, no ASMJP, acerca dos RSU do município de João Pessoa para fins de controle e planejamento da EMLUR. A técnica utilizada foi apresentada no Capítulo 4.

No Gráfico 2 observa-se a gravimetria de resíduos domiciliares/comerciais do município de João Pessoa realizada pela EMLUR no ano de 2011. É notável que os maiores percentuais dos componentes dos resíduos são os da massa orgânica com 35,75%, do Resíduos Verde (14,80%), dos Plásticos 14,44% e dos Produtos de Higiene Pessoal. Em ordem de percentuais seguem os Papelões (5,06%), os Papéis (4,56%), os Finos (3,63%), os Tecidos (3,13%), os Inflamáveis (2,38%), os Inertes (2,04%), os Vidros (1,36%), os Metais (1,30%) e os Especiais (1,08%). Os materiais recicláveis em 2011 somam 21% dos resíduos do município e os orgânicos (massa orgânica e verde), 50,55%.

Gráfico 2 - Composição da massa de resíduos de João Pessoa em percentuais 2011



Fonte: EMLUR (2011)

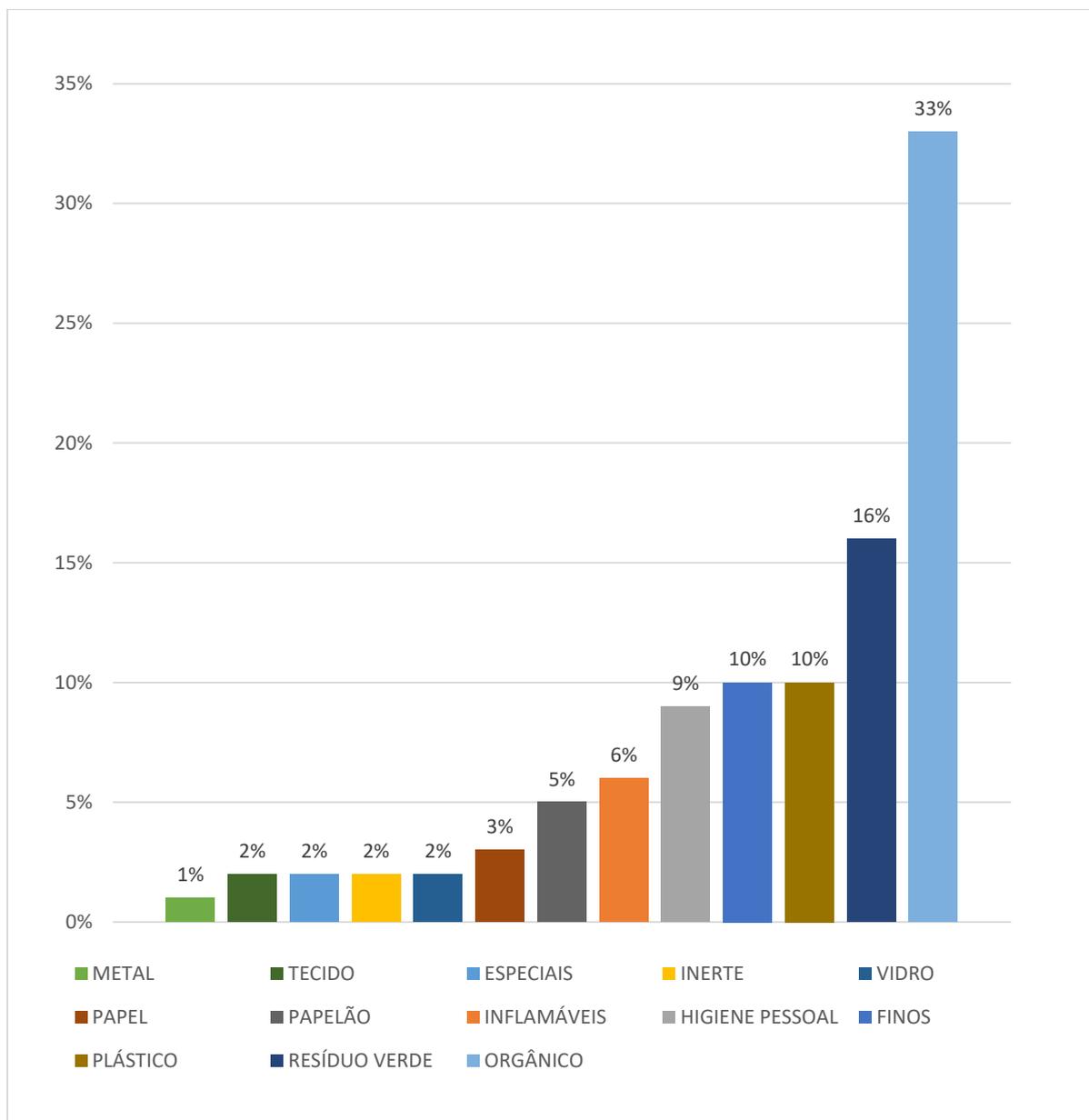
Nota: Dados da pesquisa (2016)

Após a exposição dos dados gravimétricos de 2011, serão apresentados os dados gravimétricos colhidos durante o ano de 2016 representados pelo Gráfico 3. Vale o destaque da comparação por tratar-se de duas gravimetrias realizadas na mesma época do ano, agosto, como mesma metodologia e mesmas categorias de análise. Para uma maior credibilidade e confiança no processo decisório o ideal seria que essa análise fosse realizada anualmente.

Também em 2016, os maiores percentuais de resíduos encontrados na massa do município de João Pessoa foram a massa Orgânica com 33%, que reduziu seu percentual, os Resíduos Verde 16% (totalizando 49% de material orgânico), que obtiveram aumento e os Plásticos também reduziram de 14,44% para 10%. Em 2011, pela ordem de percentuais aparecia os Produtos de Higiene Pessoal que foram ultrapassados em 2016 pelos Materiais Finos (matérias que passaram pelos furos de 20 mm da mesa classificadora) 10% que tiveram franca expansão, talvez devido a especulação imobiliária do município, principalmente nas áreas mais periféricas. Na sequência seguem os resíduos Inflamáveis que subiram de 2,38% para 6%; os Papelões (5%), os Papéis (3%), seguidos dos Tecidos (2%), dos Inertes (2%), dos Vidros (2%) e dos Especiais (2%). Os Metais, novamente, apareceram entre os materiais pouco encontrados

na massa de resíduos, o que sugere uma eficiência da coleta seletiva e/ou ação dos agentes catadores autônomos de latinhas que se encontram por muitos bairros do município.

Gráfico 3 - Composição da massa de resíduos de João Pessoa em percentuais 2016



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

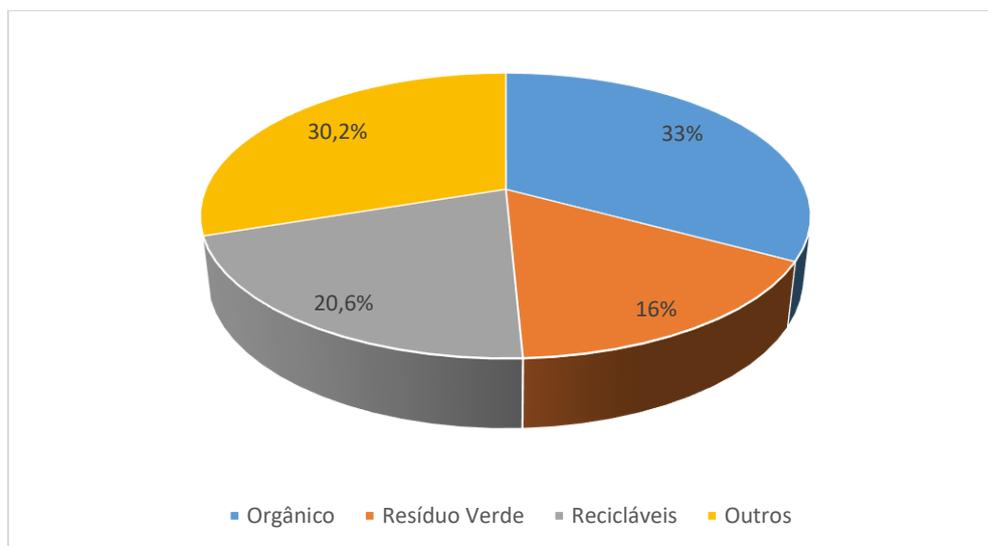
Nota: Dados da pesquisa (2015)

Os resíduos do tipo Verde, composto por todo tipo de vegetação encontrada na massa caracterizada, o Orgânico, que representa toda matéria orgânica proveniente de restos de comidas e preparo de alimentos e o Plásticos são os grandes representados pela massa de resíduos pesquisada no ASMJP (Gráfico 3).

De acordo com a Composição Gravimétrica dos RSU no Brasil apresentada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2011), a quantidade de resíduos recicláveis pode chegar a 31,9% do total, sendo o restante composto por matéria orgânica (51,4%) e outros materiais (16,7%). Aparas de papel e papelão continuam sendo os tipos de materiais recicláveis mais coletados pelos sistemas municipais brasileiros de coleta seletiva. Em seguida aparecem os plásticos em geral, vidros, metais e embalagens longa vida. No entanto a porcentagem de rejeito na composição gravimétrica da coleta seletiva é grande, sendo 13,3% em 2010. Em 2012, esta porcentagem aumentou para 17,4%, demonstrando que é preciso melhorar os serviços de coleta e a conscientização da população para separação correta dos resíduos (CEMPRE, 2012).

Fazendo uma análise mais específica, buscando elementos de planejamento da coleta seletiva, juntaram-se os materiais Recicláveis, os Orgânicos aos verdes e os demais na categoria Outros e obteve-se o resultado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Gravimetria de João Pessoa com base na coleta e separados os recicláveis dos orgânicos



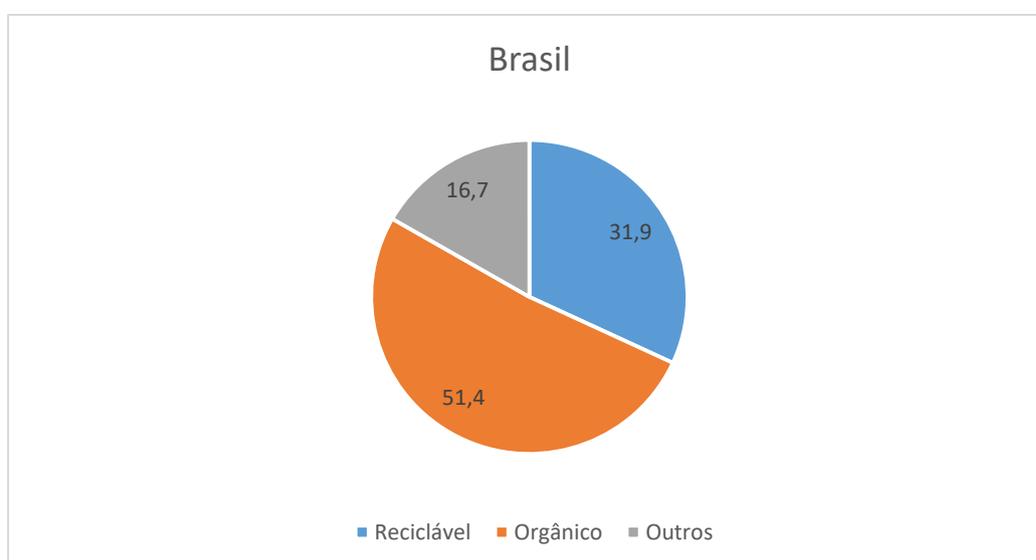
Fonte: Dados da pesquisa (2015) e Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados trabalhados pela autora (2016)

Através do Gráfico 4 pode-se observar que João Pessoa tem um bom potencial de material reciclável, uma vez que 20,60% dos seus resíduos são compostos por materiais potencialmente aceitos pela indústria da reciclagem, vidros, plásticos de diversas categorias, papel, papelão e metais. Em 2011, esse valor havia sido de 26,72% o que sugere a interveniência da Política Nacional dos Resíduos Sólidos na gestão e no comportamento antrópico sobre os resíduos sólidos do município.

Esses apresentaram coerência ao serem comparados com o Gráfico 5 que apresenta as mesmas informações com dados nacionais fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente através do PNRS. (BRASIL, 2011). Em ambos, observa-se um bom potencial de reciclagem, 20,66% dos resíduos coletados em João Pessoa e 31,9% dos resíduos do Brasil, são passíveis de serem aproveitados pela indústria da reciclagem. Justamente nesse ponto encontra-se o cerne da presente pesquisa: que efeitos esse percentual de material potencialmente reciclável (20,60%) de resíduos coletados têm no ASMJP? Poderiam reduzir sua vida útil? Poderiam reduzir as despesas com o manejo e a disposição final dos RSU do município? Melhorariam as condições de trabalho e de vida dos catadores dos Núcleos da Coleta Seletiva?

Gráfico 5 - Gravimetria média resíduos do Brasil, pelo PNRS

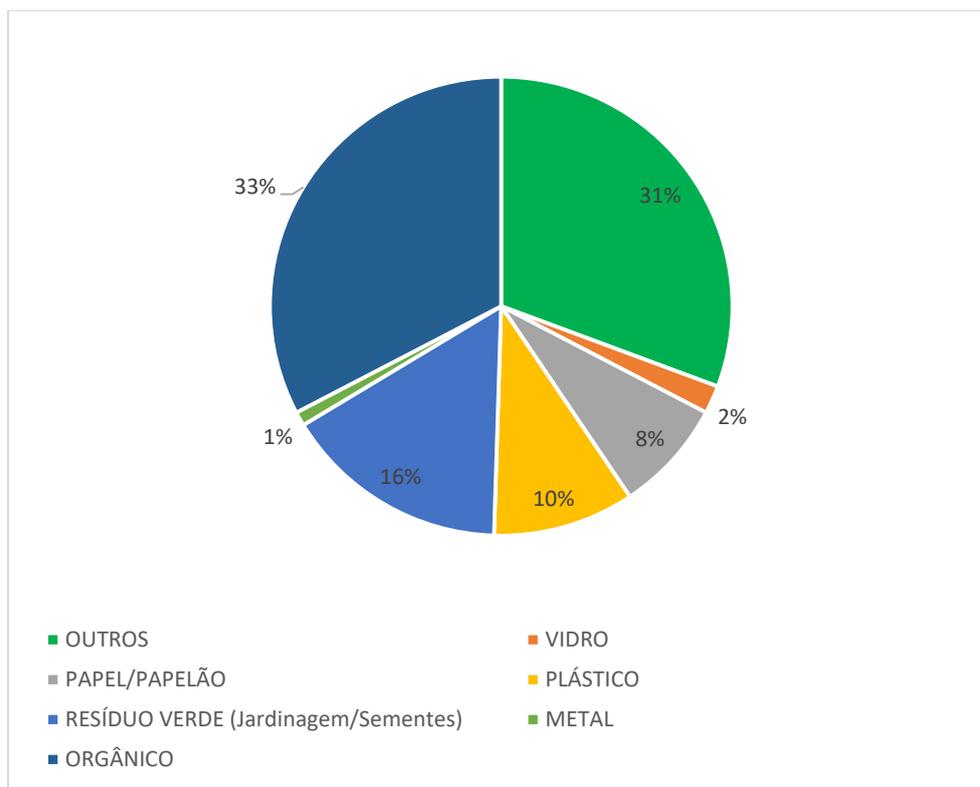


Fonte: Brasil (2011)

No município de São Carlos (SP) foi realizada a caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares em aterro sanitário e em três centrais de triagem. No aterro, 59,08% do total era composto por matéria orgânica e 20,83% eram resíduos recicláveis, como plásticos, papel e papelão, vidro, metal e alumínio e embalagem cartonada. Já nas centrais de triagem, 47,41% correspondia a papel e papelão, 21,60% a plásticos, 12,25% a vidros, 7,63% a metal e alumínio, 5,30% a embalagem cartonada; e 5,79% a rejeitos (FRÉSCA *et al*, 2008).

O Gráfico 6 mostra a gravimetria dos resíduos sólidos urbanos do município de João Pessoa, sem triagem.

Gráfico 6 - Gravimetria dos resíduos em João Pessoa no ano de 2016 sem triagem



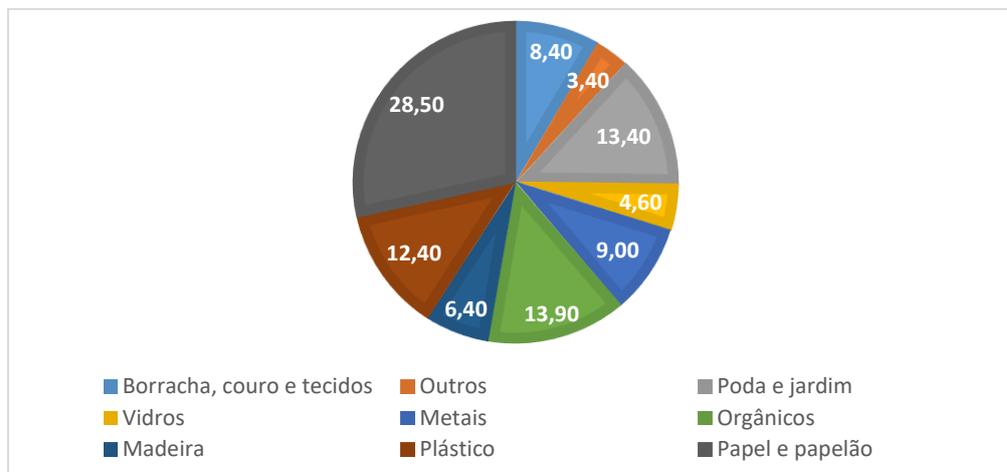
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A gravimetria apresentada no Gráfico 6 mostra a maioria das frações orgânicas com o percentual de 33% e os verdes, materiais oriundos de pequenas podas, jardinagem e sementes como coco representados por 16%, os vidros são 2% da massa, os plásticos 10% e a fração de papel/papelão corresponde a 8% da massa pesquisada. Em Maceió a fração orgânica é representada por 32,21%, a fração de papel/papelão representa 20,79% da massa pesquisada, os metais são 3,42%, os vidros 4,33% e os plásticos são 18,84% (Prefeitura Municipal de Maceió, 2016). Apesar das similaridades populacionais e econômicas entre as duas capitais, a gravimetria das mesmas apresenta várias diferenças.

O Gráfico 6, que mostra a gravimetria dos resíduos sólidos urbanos do município de João Pessoa, foi elaborado de forma a serem comparados os dados da gravimetria de João Pessoa com a gravimetria média dos resíduos gerados nos Estados Unidos da América, no ano de 2013 (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Gravimetria média resíduos gerados nos Estados Unidos da América no ano de 2013 antes da reciclagem



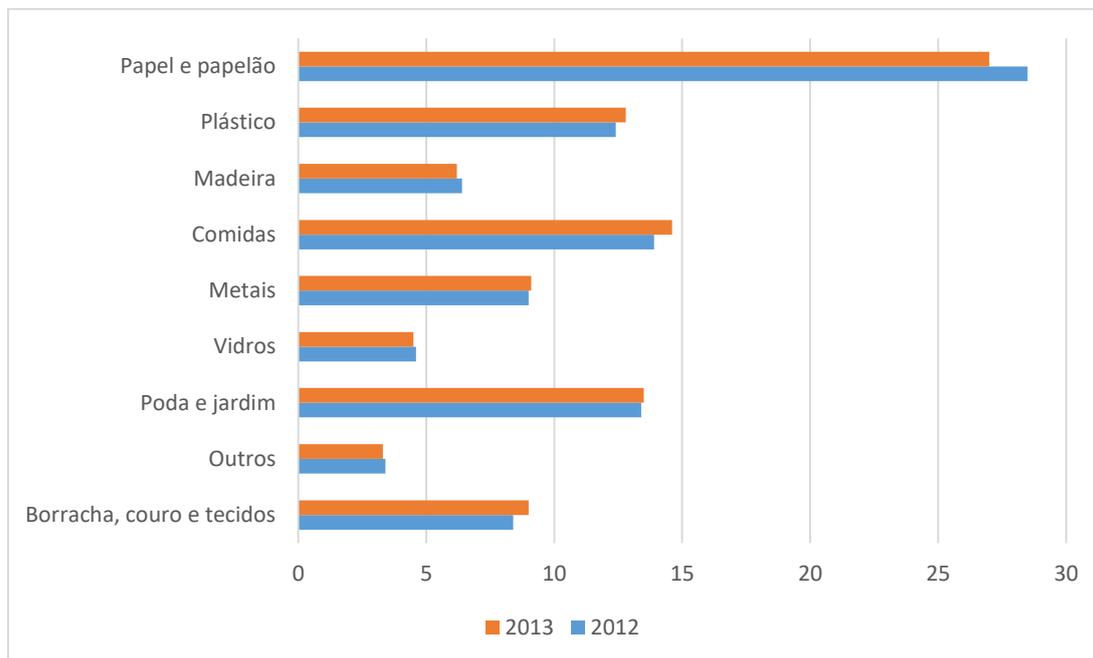
Fonte: US-EPA, 2013

A realidade americana no que tange os resíduos recicláveis é inversa do exposto no Brasil e no município de João Pessoa (Gráfico 6), já que na gravimetria dos Estados Unidos tem-se 54,5% de resíduos recicláveis (Gráfico 7).

Nos EUA a geração total de resíduos sólidos urbanos, em 2013, foi de 254,1 milhões de toneladas. O Gráfico 7 mostra a gravimetria da geração de RSU por material e que os materiais orgânicos, como papel e papelão, podas, jardim e comida continuam a ser os maiores componentes. Papel e papelão representam 27% no EUA e na capital paraibana 9,62%, e, podas e comidas juntos (orgânicos) são 28,1 % nos EUA e 50,55% no município de João Pessoa. Plásticos compreendem cerca de 13% dos resíduos sólidos urbanos nos EUA e 14,44% em João Pessoa; metais são 9,1%; e a borracha, o couro e têxteis respondem por outros 9%. Madeira segue em mais de 6%, e vidro em quase 5%. Outros resíduos diversos compõem cerca de 3% da geração americana de resíduos de 2013 (Gráfico 7).

A grande diferença, como pode-se observar, são os comparativos entre os percentuais orgânicos, a semelhança mais evidente é a dos percentuais de plástico. Assim como no município de João Pessoa, os RSU nos Estados Unidos não incluem resíduos industriais, perigosos ou tóxicos ou materiais resultantes de demolições.

Gráfico 8 - Comparação da Gravimetria média resíduos gerados nos Estados Unidos da América entre os anos de 2012 e 2013, antes da reciclagem



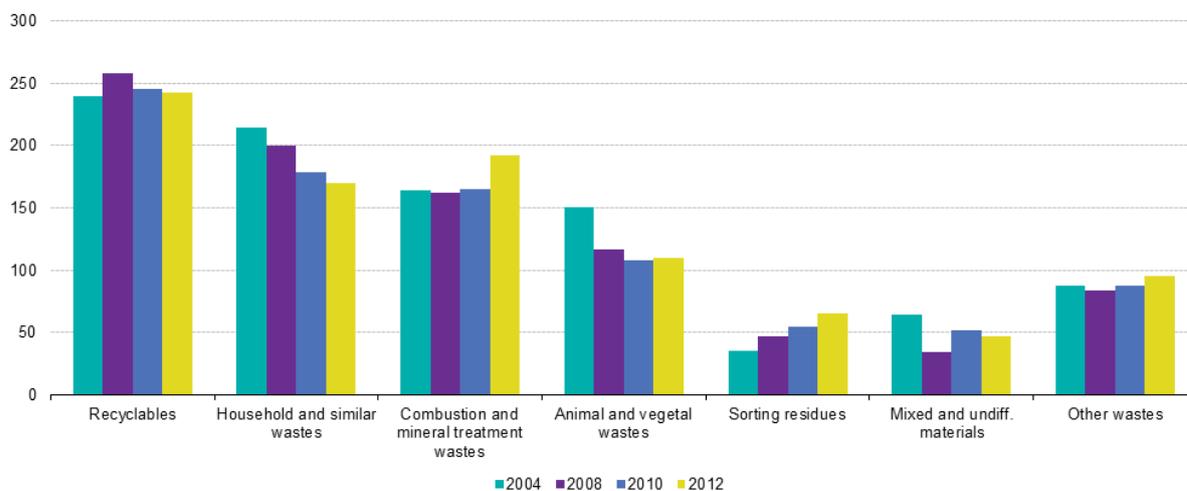
Fonte: US-EPA (2013)

O que se observa nos EUA (Gráfico 8) é uma estabilização dos quantitativos gerados de RSU, com uma leve redução nos papéis e papelões, e nos demais itens, suave aumento.

Para Carvalho Junior (2013) nos países ricos a tipologia dos RSU está mudando significativamente a cada ano. Os percentuais da fração orgânica de restos de comidas e podas de árvores vêm caindo em relação à fração inorgânica (plásticos e papéis). Estes últimos crescem, principalmente, por serem muito usados nas embalagens de vários produtos. O autor ainda afirma 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.

O Gráfico 9 elaborado pelo EUROSTAT (2015) corrobora com o afirmado pelo autor supracitado.

Gráfico 9 - Geração dos Resíduos na Europa



Fonte: EUROSTAT (2015)

A principal informação extraída do Gráfico 9 consiste em mostrar uma tendência decrescente desde 2004 de resíduos domésticos e similares. Esta evolução foi observada na maioria dos Estados-Membros e assume a postura de avanço dos sistemas de coleta de resíduos sólidos separados para os resíduos recicláveis, tais como resíduos de embalagens, equipamentos eletroeletrônicos e outros materiais recicláveis.

As quantidades de materiais recicláveis gerados refletem o volume de resíduos de metal, vidro, papel, plástico, borracha, madeira e têxteis que são recolhidos separadamente ou que são separados a partir de resíduos mistos por processos de tratamento. Embora seria de esperar um crescimento contínuo em materiais recicláveis.

A diminuição forte e constante em “Resíduos de animais e vegetais” desde 2004, e mais particularmente entre 2004 e 2006, (de 238 kg a 191 kg per capita) podem ser atribuídas a adaptações metodológicas pelos países na coleta de dados entre 2004 e 2008.

Godecke, Naime e Figueiredo (2013) observam que não há séries históricas abrangentes e confiáveis relativas às quantidades de RSU tanto geradas como coletadas no Brasil. Os dados disponíveis são aqueles publicados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do ano de 2008 do IBGE (2010a) e por Associações ligadas às empresas que realizam alguma etapa do manejo dos resíduos sólidos urbanos. A PNSB (2008) publicou que o volume de RSU coletado no Brasil foi de 259.547 t/dia, sendo observada uma taxa per capita de 1,368 Kg/hab.dia (IBGE, 2010a). No município de João Pessoa, a Emlur realizou um levantamento da produção dos resíduos por habitante e declarou uma taxa de 0,94 kg/hab\*dia, em João Pessoa (2014a). No Recife, o Plano de Gestão Integrada informa uma taxa de 0,914

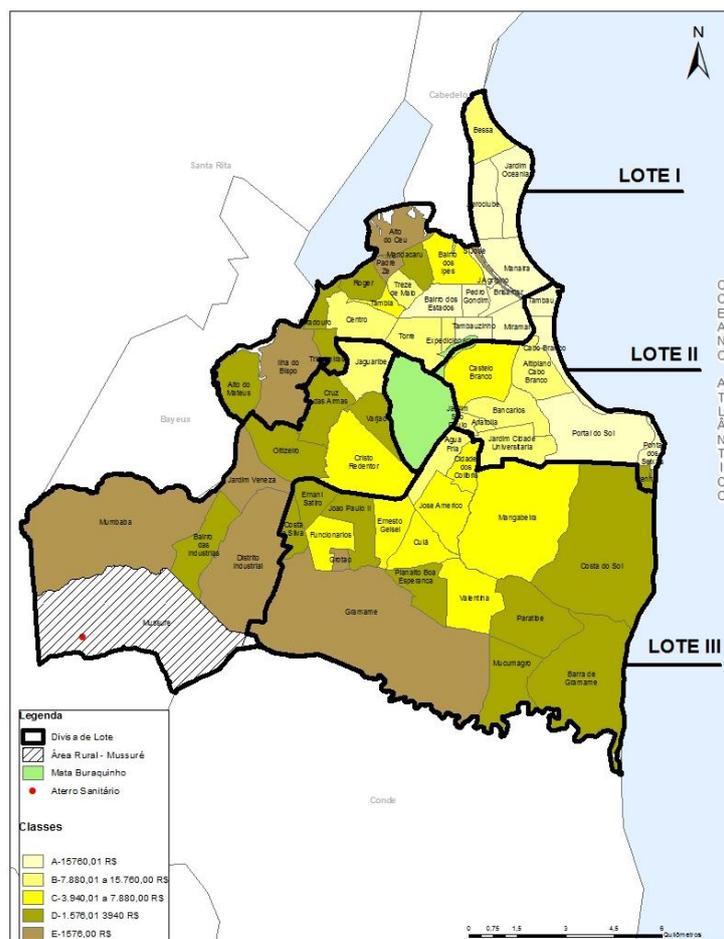
kg/hab\*dia em Recife (2012), em Maceió a taxa de geração é de 0,95 kg/hab\*dia, em Maceió (2016), em Natal a taxa foi calculada em 0,92 kg/hab\*dia, em Natal (2012).

### 4.3 Variáveis investigativas das áreas de estudo das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa

A fim de se compreender a gestão dos resíduos sólidos do município fez-se um estudo acerca de alguns aspectos sócio demográficos, variáveis investigativas, da população dos lotes e dos setores.

Formulou-se um mapa com 64 bairros do município e suas respectivas informações censitárias de renda (Figura 26).

Figura 26 - Mapa do município de João Pessoa com delimitação dos Lotes da pesquisa e da coleta, seus os bairros e informações censitárias de renda



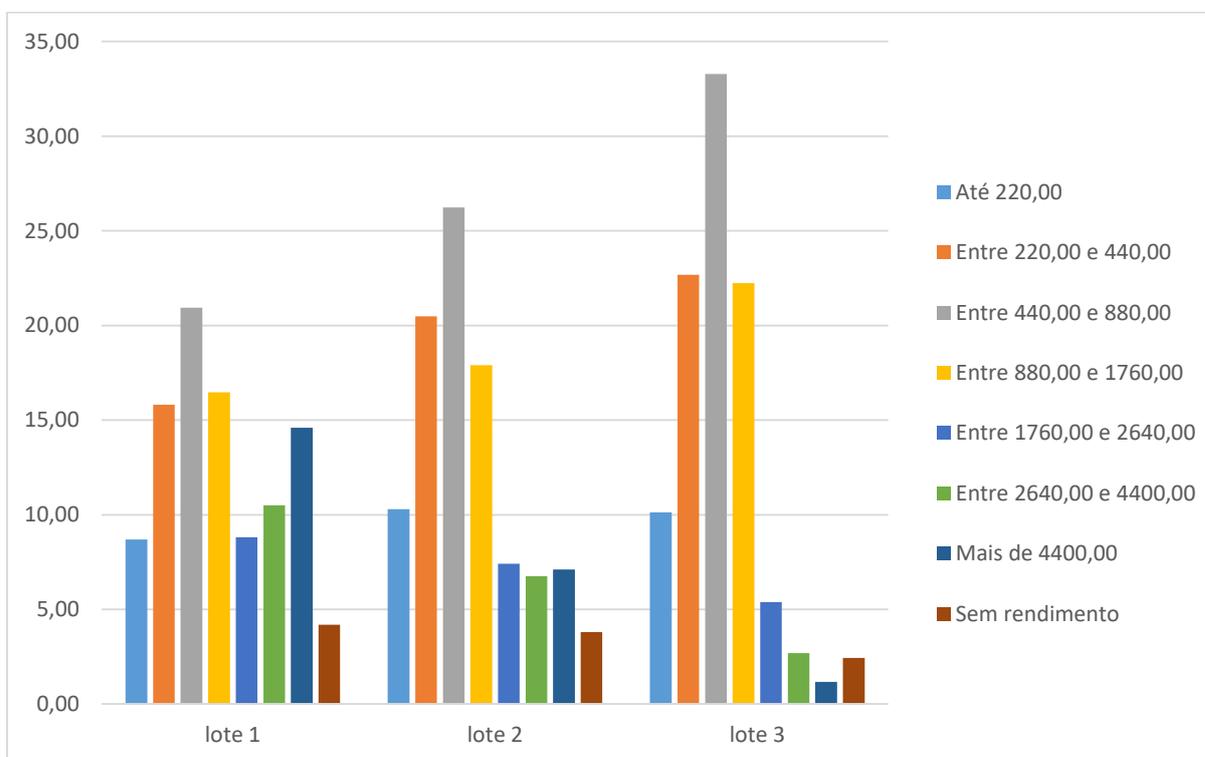
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 26 foi mostrado geograficamente a divisão dos lotes da pesquisa que é a mesma divisão do município entre as empresas terceirizadas para limpeza urbana e apresenta uma base censitária da renda de cada bairro. O Lote 1 possui 246.686 habitantes distribuídos em 78.805 domicílios e uma renda média domiciliar de R\$ 6.039,39. No Lote 2 residem 257.465 moradores distribuídos em 78.222 domicílios e uma renda média domiciliar de R\$ 4.191,85. O Lote 3 possui 283.211 habitantes distribuídos em 83.797 domicílios e uma renda média domiciliar de R\$ 2.389,86.

Para uma melhor visualização, o Gráfico 10 mostra a distribuição da renda domiciliar dos habitantes por lote.

Gráfico 10 - Renda média domiciliar da população (%) nos Lotes de Coleta de João Pessoa



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

No Gráfico 10 observa-se o percentual de domicílios por renda, pode-se verificar que o Lote 1 congrega o maior percentual de moradias cujos proprietários possuem renda superior a R\$ 4.4400,00. Vale referenciar também o Lote 3, que possui a maior parte dos seus domicílios com renda entre R\$ 880,00 e R\$ 1.760,00, e poucos domicílios com a renda de R\$ 4.400,00. O Lote 2 é o que apresenta a maior variedade de rendas, estando equilibradas as populações com rendas entre R\$ 880,00 e R\$ 1.760,00 e entre R\$ 440,00 e R\$ 880,00.

A geração de resíduos urbanos depende de vários fatores, dentre estes a renda média da população. O Produto Interno Bruto (PIB) está atrelado ao maior consumo e ao maior poder aquisitivo da população. Sendo assim, a geração maior de resíduos varia de acordo com o poder aquisitivo e não mais somente pelo crescimento populacional (CARVALHO JUNIOR, 2013).

A gestão de resíduos é bastante complexa e seu estudo tem sido desafiador. Não há uma técnica perfeita e completamente adaptável nem um modelo ideal a ser padronizado. Medeiros, Paz e Morais Junior (2015) relatam que a problemática da gestão dos RSU em muitos países adotam como ponto de partida aos estudos da gestão, a relação entre a densidade populacional, a renda e a produção dos resíduos sólidos domiciliares. Os autores reforçam a tese agregando a importância das séries de dados históricos, a ciência do quanto se produziu é essencial para o traçado de cenários futuros assim como da previsão de impactos.

Esta pesquisa traz a correlação dos lotes com a renda média domiciliar através da classificação da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE,2014) da Presidência da República (Tabela 4), a densidade demográfica, o números de domicílios e mais adiante da produção de resíduos dentro de cada classe.

Tabela 4 - Renda média domiciliar da população nos Lotes da Pesquisa correlacionados com dados populacionais

	População	A	B	C	D	E
<b>Lote 1</b>	246.686	89.676 11,39%	47.385 6,02%	12.757 1,62%	54.661 6,94%	42.207 5,36%
<b>Lote 2</b>	257.465	24.808 3,15%	64.411 8,18%	53.797 6,83%	89.700 11,39%	24.749 3,14%
<b>Lote 3</b>	283.211	0 0,00%	6.858 0,87%	170.404 21,64%	72.052 9,15%	33.897 4,31%
<b>TOTAL</b>	787.363	14,54%	15,07%	30,10%	27,49%	12,81%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b) e Secretaria de Assuntos Estratégicos (2014)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A Tabela 4 mostra como se apresenta a população pessoense através da classe social definida pela Secretaria de Assuntos Estratégicos (2013), a maior parte da população, 30,10%, enquadra-se como classe C, assim como a maior parte do Lote 3, que absorve 21,64% da população do lote. A classe D também possui boa representação da população do município (27,49%), dos quais, 11,39% encontram-se no Lote 2. A classe A é bem representada no Lote 1, o qual possui 11,39% de toda população da capital paraibana.

Esses lotes foram divididos pela gestão dos resíduos sólidos do município através de técnicos da EMLUR, que afirmam terem tido facilidades as operações de limpeza e coleta nesse ambiente segmentado. É uma divisão equitativa do ponto de vista populacional, pois manteve-

se uma média oitenta mil domicílios e duzentos e cinquenta mil habitantes em cada lote. A fim de conhecer detalhadamente esses lotes foram elaboradas as Tabelas 5, 6 e 7 com informações relevantes ao estudo das rotas tecnológicas, como número de domicílios e população de cada bairro, densidade demográfica, rendimento domiciliar e classe social.

O Lote 1 é formado por vinte e cinco bairros que possuem similaridade no aspecto da coleta convencional que é realizada pela Ambiental Soluções. Trata-se do um lote que concentra a maior parte da população de classe A, envolvendo também moradores das demais classes sociais. O valor do rendimento médio domiciliar mensal varia de 1,29 salário mínimo (São José) a 14,94 salários mínimos (Manaíra). O Bairro São José é uma comunidade que concentra 22.328 habitantes por quilômetro quadrado, a maior densidade demográfica do município de João Pessoa. (Tabela 5)

Tabela 5 - Informações relevantes dos bairros do Lote 1

LOTE 1						
BAIRROS	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (SM)	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015	CLASSE	DOMICÍLIOS	DENSIDADE DEMOGRAFICA	POPULAÇÃO (2015)
MANAÍRA	14,94	11.774,39	A	10.335	10.824,71	28.845
JARDIM OCEANIA	13,85	10.911,85	A	6.084	6.456,70	16.718
BRISAMAR	13,47	10.617,84	A	1.458	6.928,57	4.669
ESTADOS	13,28	10.466,28	A	2.432	4.861,80	8.158
MIRAMAR	12,93	10.190,77	A	3.141	7.175,23	10.392
TAMBAUZINHO	12,77	10.060,49	A	1.788	6.347,49	5.395
PEDRO GONDIM	11,14	8.780,71	A	1.146	4.307,69	3.675
JOÃO AGRIPINO	10,79	8.502,20	A	386	4.625,50	1.270
AERoclUBE	10,63	8.373,27	A	3.929	4.674,90	10.555
					<b>TOTAL</b>	<b>89.676</b>
BESSA	9,28	7.312,87	B	5.423	6.366,55	14.325
EXPEDICIONÁRIOS	8,04	6.334,35	B	1.200	9.062,50	3.965
TREZE DE MAIO	6,13	4.827,23	B	2.412	9.687,89	8.489
TORRE	5,64	4.445,37	B	5.169	7.106,17	16.619
CENTRO	5,63	4.432,95	B	1.535	1.600,35	3.986
					<b>TOTAL</b>	<b>47.385</b>
TAMBIÁ	4,87	3.835,57	C	976	4.578,38	2.780
IPÊS	4,46	3.513,89	C	3.006	4.197,42	9.977
					<b>TOTAL</b>	<b>12.757</b>
ROGER	2,86	2.252,27	D	3.136	8.694,30	11.356
MANDACARÚ	2,62	2.062,55	D	4.063	12.643,57	13.775
TRINCHEIRAS	2,55	2.010,54	D	2.341	7.425,69	7.652
VARADOURO	2,42	1.905,28	D	1.540	4.598,27	4.069
ALTO DO MATEUS	2,24	1.768,09	D	5.036	6.661,62	17.809
					<b>TOTAL</b>	<b>54.661</b>
PADRE ZÉ	1,97	1.553,47	E	2.170	14.183,30	7.618
ALTO DO CÉU	1,72	1.357,23	E	5.220	6.372,98	18.111
ILHA DO BISPO	1,43	1.127,89	E	2.507	1.761,36	8.736
SÃO JOSÉ	1,29	1.020,43	E	2.372	22.328,08	7.742
					<b>TOTAL</b>	<b>42.207</b>
<b>TOTAL</b>				<b>78.805</b>	<b>246.686</b>	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Analisando a Tabela 5 observa-se que o bairro mais populoso é Manaíra com 28.845 habitantes, que também possui melhor renda domiciliar, e o bairro menos populoso, com 1.270 habitantes é João Agripino. O valor do rendimento médio domiciliar mensal varia de R\$1.020,43 no Bairro São José, a R\$ 11.774,39 em Manaíra. No Lote 1, a classe social A que representa 36,35% da população, tem como maiores concentrações populacionais os bairros de Manaíra, Jardim Oceania, Aeroclube e Miramar. Desses foram escolhidos para representar a classe, por apresentarem o percurso exclusivo do bairro, Manaíra e Miramar. Os dois juntos têm uma representatividade de 19,11% do Lote. A classe B do Lote 1, que possui 19,21% dos habitantes, tem como maiores representantes populacionais os bairros do Bessa, Torre e Treze de Maio, sendo os dois últimos detalhados para análise particular por apresentarem coleta exclusiva. A classe C, possui pouca representatividade populacional no lote 5,17%, mas foi estudada através do Bairro dos Ipês. 22,16% dos habitantes do Lote 1 são enquadrados na classe social D e têm como maiores representantes os bairros do Alto do Mateus e Mandacarú, e também possuem coleta exclusiva. O bairro Padre Zé representa a classe social E, e possui 8,5% dos moradores do Lote. (Tabela 5).

Verificando a Tabela 6 observa-se que apesar de não ser tão representada em números, a classe A do Lote 2 possui as maiores médias de rendimentos domiciliares, Tambaú e Cabo Branco. Também possui a maior classe B, um total de 64.411 habitantes com rendimento variando de 5,46 a 9,87 salários mínimos. Com um total de 78.222 domicílios o Lote 2 possui 257.465 moradores. O bairro mais populoso é o Cristo Redentor com 41.062 habitantes e o de menor população é a Ponta do Seixas com 518 habitantes. Quanto a renda, o lote possui uma variação de R\$ 1.393,46, a renda média mensal domiciliar do Distrito Industrial, a R\$ 13.368,73 a renda do Cabo Branco. (Tabela 6)

Tabela 6- Informações relevantes dos bairros do Lote 2

LOTE 2						
BAIRROS	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (SM)	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015	CLASSE	DOMICÍLIOS	DENSIDADE DEMOGRAFICA	POPULAÇÃO (2015)
CABO BRANCO	16,97	13.368,73	A	3.583	7.876,86	8.648
TAMBAÚ	15,42	12.152,64	A	4.598	11.217,44	11.117
PONTA DOS SEIXAS	12,98	10.231,07	A	195	771,99	518
PORTAL DO SOL	10,33	8.141,06	A	1.304	758,34	4.524
					<b>TOTAL</b>	<b>24.807</b>
ALTIPLANO	9,87	7.775,24	B	1.588	2.319,59	5.724
ANATÓLIA	7,84	6.174,21	B	431	6.384,62	1.271
JD. CID. UNIVERSITÁRIA	6,63	5.220,76	B	8.304	9.109,27	23.436
BANCÁRIOS	6,52	5.135,58	B	4.072	5.312,58	12.977
JARDIM SÃO PAULO	6,23	4.905,47	B	1.898	11.879,90	4.977
JAGUARIBE	5,46	4.306,11	B	4.919	6.163,65	16.026
					<b>TOTAL</b>	<b>64.411</b>
CASTELO BRANCO	3,95	3.116,51	C	3.655	3.448,46	12.735
CRISTO REDENTOR	3,78	2.976,00	C	11.511	7.645,21	41.062
					<b>TOTAL</b>	<b>53.797</b>
PENHA	2,75	2.164,99	D	242	1.860,24	844
CRUZ DAS ARMAS	2,52	1.985,68	D	7.962	9.540,33	27.948
VARIÃO	2,34	1.841,00	D	5.121	11.429,63	18.566
INDÚSTRIAS	2,23	1.760,13	D	2.652	3.268,42	10.483
OITIZEIRO	2,16	1.705,71	D	9.122	1.811,48	31.859
					<b>TOTAL</b>	<b>89.700</b>
MUMBABA	1,84	1.453,15	E	2.450	488,20	8.670
JARDIM VENEZA	1,80	1.421,37	E	4.035	5.367,41	14.015
DISTRITO INDUSTRIAL	1,77	1.393,46	E	580	294,06	2.064
					<b>TOTAL</b>	<b>24.749</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>78.222</b>		<b>257.465</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Através da Tabela 6 são analisados os dados do Lote 2, que possui 9,6% da população enquadrada na pesquisa com classe social B, e o bairro de Tambaú como o selecionado para representar a classe, por possuir a maior representatividade da classe e uma coleta de RSU que percorre unicamente seu território. A classe B possui uma proporção de 25,11% da população, e como maiores representantes o Jardim Cidade Universitária, Jaguaribe e Bancários. Como a coleta do bairro Jaguaribe se mistura muito com o Varjão, a extração de representatividade da classe B serão os bairros Jardim Cidade Universitária e o Bancários. Na classe D estão a maioria dos moradores do Lote 2 (48,33%). A coleta de dos seus bairros mais populosos, Cristo e Oitizeiro, também é uma coleta pura. Da classe E, que possui pouca representatividade na população geral do Lote, foi selecionado o bairro Jardim Veneza por possuir uma coleta homogênea.

O Lote 3 possui uma população de 283.211 habitantes e 83.797 domicílios segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b), neste lote também se encontra a segunda maior concentração urbana de João Pessoa, o bairro do Grotão possui uma densidade

demográfica de 18.892,64 habitantes por quilômetro quadrado. No referido lote também se encontra o bairro de Mangabeira que é o mais populoso do município com 83.122 habitantes. O Lote 3 possui a menor renda média entre os três lotes, não possuindo nenhum bairro classificado com classe A e apenas um bairro classe B. Sua renda domiciliar varia de 1,88 (Grotão) a 5,15 (Água Fria) salários mínimos.

Tabela 7 - Informações relevantes dos bairros do Lote 3

LOTE 3						
BAIRROS	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (SM)	VALOR DO RENDIMENTO DOMICILIAR (R\$) 2015	CLASSE	DOMICÍLIOS	DENSIDADE DEMOGRAFICA	POPULAÇÃO (2015)
ÁGUA FRIA	5,15	4.058,12	B	2.826	4.084,04	6.858
<b>TOTAL</b>						<b>6.858</b>
CUIÁ	4,48	3.532,43	C	2.385	3.701,49	7.596
ERNESTO GEISEL	4,19	3.304,95	C	4.644	7.258,96	15.516
JOSÉ AMÉRICO	3,79	2.985,73	C	5.235	6.209,54	17.796
VALENTINA	3,46	2.724,18	C	6.798	7.073,72	24.560
CIDADE DOS COLIBRIS	3,32	2.616,72	C	1.425	3.956,52	4.479
MANGABEIRA	3,16	2.487,72	C	23.556	7.104,34	83.122
FUNCIONÁRIOS	3,00	2.366,46	C	4.890	9.203,25	17.336
<b>TOTAL</b>						<b>170.404</b>
JOÃO PAULO II	2,85	2.247,44	D	4.969	6.892,46	16.896
ERNANI SÁTIRO	2,76	2.173,47	D	2.636	6.714,06	9.452
PLANALTO DA BOA ESPERANÇA	2,65	2.089,78	D	2.365	3.017,48	6.796
COSTA E SILVA	2,26	1.779,78	D	2.460	8.479,34	8.979
BARRA DE GRAMAME	2,18	1.715,82	D	253	39,70	380
COSTA DO SOL	2,10	1.653,39	D	2.944	632,33	9.124
PARATIBE	2,03	1.602,88	D	4.297	2.765,11	13.560
MUÇUMAGO	2,02	1.594,66	D	2.104	1.481,24	6.865
<b>TOTAL</b>						<b>72.052</b>
GRAMAME	1,94	1.527,53	E	8.173	1.722,08	27.160
GROTÃO	1,88	1.483,29	E	1.837	18.892,64	6.737
<b>TOTAL</b>						<b>33.897</b>
<b>TOTAL</b>				<b>83.797</b>	<b>283.211</b>	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Como se pode observar na Tabela 7, o Lote 3 é mais homogêneo quanto ao aspecto econômico, a maior média de renda média mensal domiciliar é R\$ 4.058,12, no Bairro de Água Fria, e a menor é R\$ 1.483,29, no Grotão. Do aspecto populacional, o lote apresenta particularidade de concentração do bairro mais populoso do município, Mangabeira com 83.122 habitantes e, também a menor população 253 habitantes em Barra de Gramame.

O Lote 3 tem o retrato de apenas quatro classes sociais, das quais a C é a que possui maior representatividade com 60,17% da população do lote, a B com apenas um bairro que possui sua massa de resíduos misturada durante a coleta com o José Américo. Portanto, sem definições precisas dos quantitativos de resíduos gerados. A classe E pode ser representada pelo

Grotão que possui a segunda maior densidade demográfica de João Pessoa e por Gramame que possui a maior representação populacional da classe. (Tabela 7).

#### 4.4 Componentes das rotas tecnológicas dos resíduos sólidos urbanos de João Pessoa

A identificação de rotas tecnológicas em análises de modelos de gestão torna mais simples o sistema e a montagem de estratégias a serem estudadas em processo decisório. É, portanto, um caminho de soluções que envolve várias dimensões, explora técnicas diversas e relevantes.

No contexto da gestão de RSU, Jucá *et al.* (2014) define uma rota tecnológica como o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valorização energética. Por esse conceito percebe-se a que a rota tecnológica tem início, necessariamente, com a geração e encerra com a disposição final em um aterro sanitário, podendo haver, entre as etapas, uma ou mais formas ou tecnologias de tratamento.

Seguindo a metodologia já apresentada, foi identificada a rota tecnológica de tratamento e disposição final do município de João Pessoa (Figura 27).

Figura 27 - Rota tecnológica identificada para João Pessoa



Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Pela Figura 27, observa-se que partindo da geração dos resíduos nas residências, comércios, mercados públicos e feiras livres, as coletas indiferenciada (convencional) e a diferenciada (seletiva) formalizam o início da Rota Tecnológica de Tratamento. A Coleta

Convencional tem como Destino Final o ASMJP. Os resíduos de alguns caminhões, após passarem pela balança na entrada do aterro, são selecionados para serem triados na unidade de triagem da Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE, que se localiza na área do aterro, os rejeitos seguem para a célula em operação e os recicláveis para a indústria. A Coleta Seletiva compõe a etapa da Rota Tecnológica que fornece o único tratamento disponibilizado no município de João Pessoa para os RSU. Como já apresentado anteriormente, há autores que consideram o tratamento de chorume e a drenagem de gases do aterro sanitário como etapa de tratamento de resíduos, no entanto, essas duas formas não estão consideradas para o estudo das rotas, como forma de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

A Coleta Seletiva não está disponibilizada em todo município, sendo assim, as mesmas serão apresentadas separadamente nas Rotas Tecnológicas.

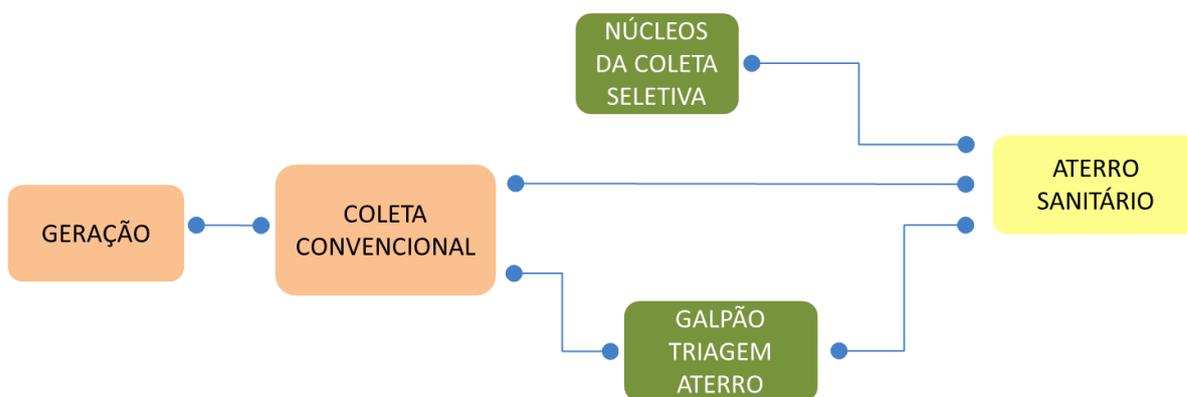
Na Europa existem diversas alternativas tecnológicas utilizadas para tratar e destinar os resíduos sólidos urbanos, que variam de país para país, em função de suas políticas públicas e das legislações vigentes. As principais tecnologias de tratamento e disposição de resíduos existentes são a reciclagem, a compostagem, a digestão anaeróbia, o tratamento mecânico biológico, a incineração com geração de energia e o aterro sanitário (Jucá *et al.*, 2014, p.72 ).

A seguir serão identificados os componentes das rotas tecnológicas final dos RSU no município de João Pessoa: a coleta convencional (indiferenciada), a coleta seletiva e a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

#### 4.4.1 Geração e Coleta Convencional (indiferenciada) dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa

A rota tecnológica da coleta indiferenciada do município está formulada de acordo com os percursos da coleta convencional que cobre, segundo o PMGIRS em João Pessoa (2014), noventa e seis por cento do município. Conhecendo detalhadamente o perfil de cada lote, procurou-se elaborar as rotas tecnológicas para cada um deles. A rota tecnológica da coleta convencional para os três lotes é a mesma (Figura 28), sendo seu Fluxo de Massa e Demonstrativo de Custos diferidos a partir das variáveis de geração de resíduos, dos percursos da coleta e dos dados populacionais.

Figura 28 - Rota Tecnológica (RTC) da Coleta Convencional dos Lotes 1,2 e 3



Fonte: Dados da pesquisa (2015)

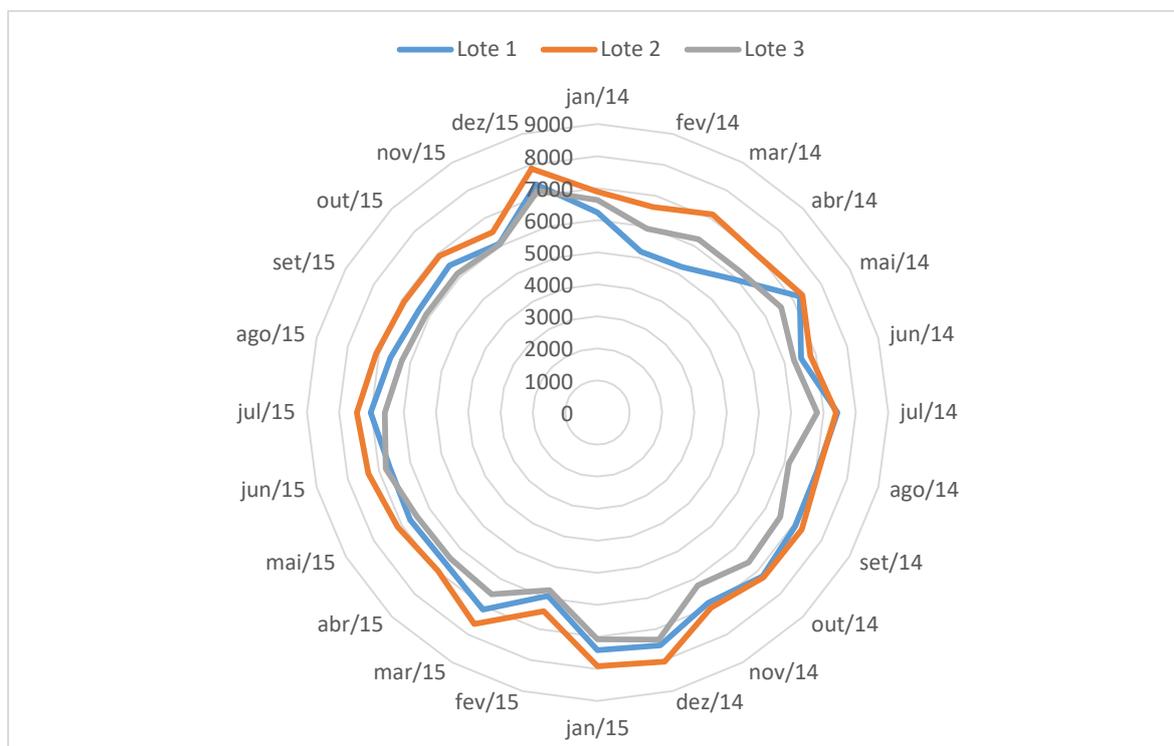
Da coleta convencional os resíduos seguem para o aterro sanitário que também recebe os rejeitos dos galpões de triagem do aterro e da coleta seletiva.

A quantidade de resíduos a ser tratada e disposta influi no porte e no tipo das unidades a serem instaladas, por isso um primeiro parâmetro a ser considerado na decisão de investir em uma determinada tecnologia de tratamento, e consequente determinação de rotas tecnológicas para um determinado município, é a sua massa de resíduos.

Como primeiro componente das rotas, a geração de resíduos domiciliares/comerciais foi coletada diretamente no software que gerencia a balança do ASMJP. Os quantitativos, como já explicado, foram filtrados de acordo com área da coleta, em uma série histórica mensal de dois anos, 2014 e 2015, os quais formam a base de dados do Gráfico 11.

A média mensal de geração de resíduos por lote foi calculada com base nessa série histórica que variou entre seis e oito mil toneladas mensais em cada lote (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Geração de resíduos sólidos domiciliares/comerciais nos Lotes de Coleta de João Pessoa



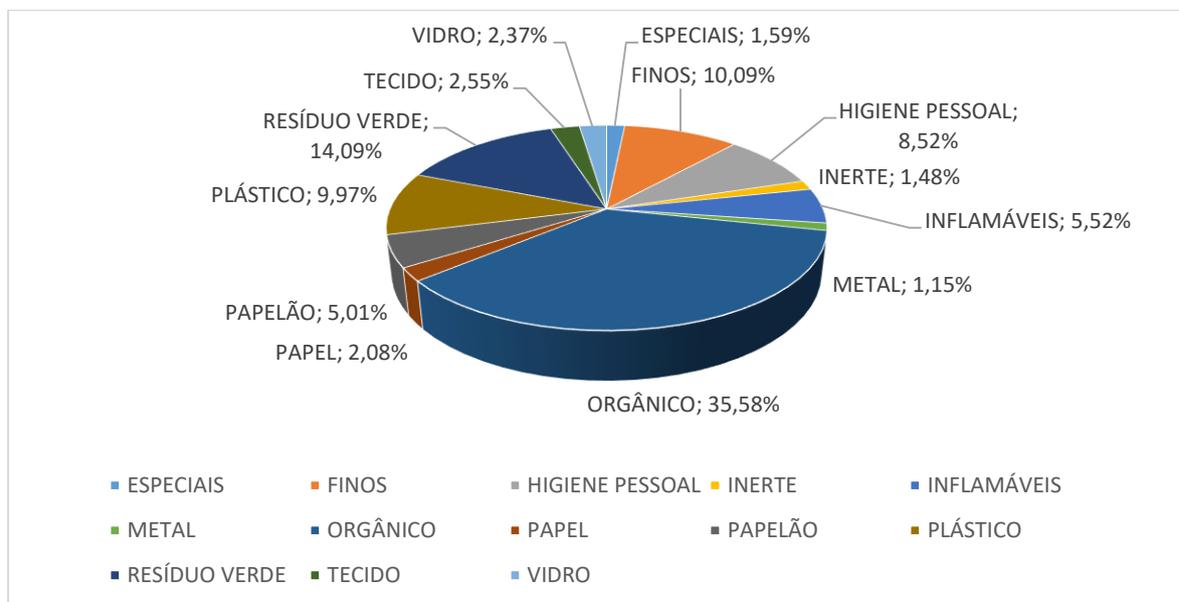
Fonte: Dados da pesquisa (2015)

A comprovação das médias é apresentada na Tabela 8 (mais adiante). Vale enfatizar que o município coleta 96% do resíduo sólido do gerado pela população (JOÃO PESSOA, 2014). Entretanto, como a pesquisa busca quantificar os fluxos de massa e os demonstrativos de custo, será denominado a média dessa coleta da série histórica de dois anos como o indicativo de geração, afinal é o quantitativo que a prefeitura efetivamente maneja da população. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2015), o estado da Paraíba gera 3.551 t/dia, coletando 3.042 t/dia, o que representa um índice de coleta de 85,66% dos resíduos gerados.

Após análise dos quantitativos dos resíduos, são analisadas suas características gravimétricas por Lote (Gráficos 12, 13 e 14). No Gráfico 12 observa-se que maior parte dos resíduos gerados no Lote 1 é composta de massa orgânica, originária de restos de comidas e de seus preparos. Outra categoria bem representada é a fração de resíduos verdes (matéria orgânica de degradação lenta), que representa todo resto de podas, sementes, inclusive coco. Após essas duas, tem-se os resíduos finos, todo material menor que 20 mm, composto por materiais de qualquer classe. Seguindo a sequência: plásticos, higiene pessoal (contendo cosméticos, papéis

higiênicos, fraldas, entre outros), inflamáveis, papelão, tecidos, vidros, papéis, resíduos especiais (materiais de cuidados com a saúde, pilhas, baterias, tintas e aerossóis), inertes (pedaços de pedras, ossos, cerâmica e porcelana) e metais.

Gráfico 12 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 1

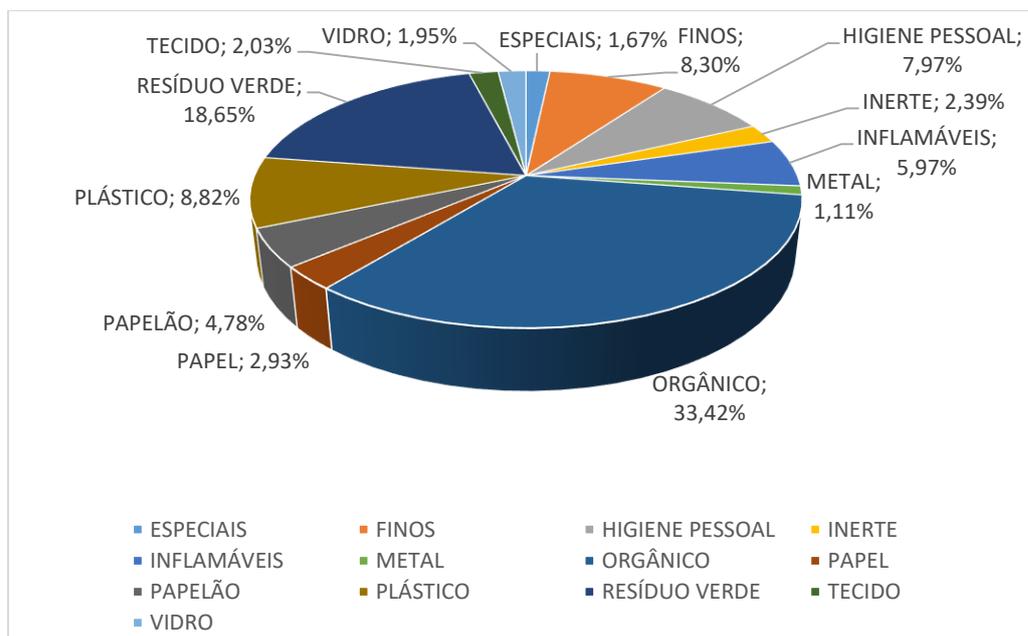


Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

O Gráfico 13 mostra a gravimetria dos RSU do Lote 2. Apesar de continuar apresentando a maior proporção os resíduos orgânicos, o Lote 2 tem um percentual menor de orgânicos que o Lote 1, e um percentual de resíduos verdes maior. Mudando a sequência, na terceira maior representação ficam os plásticos, seguidos dos finos, higiene pessoal, inflamáveis, papelão, papel, inertes, tecidos, vidros, especiais e, mais uma vez por último, os metais.

Gráfico 13 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 2

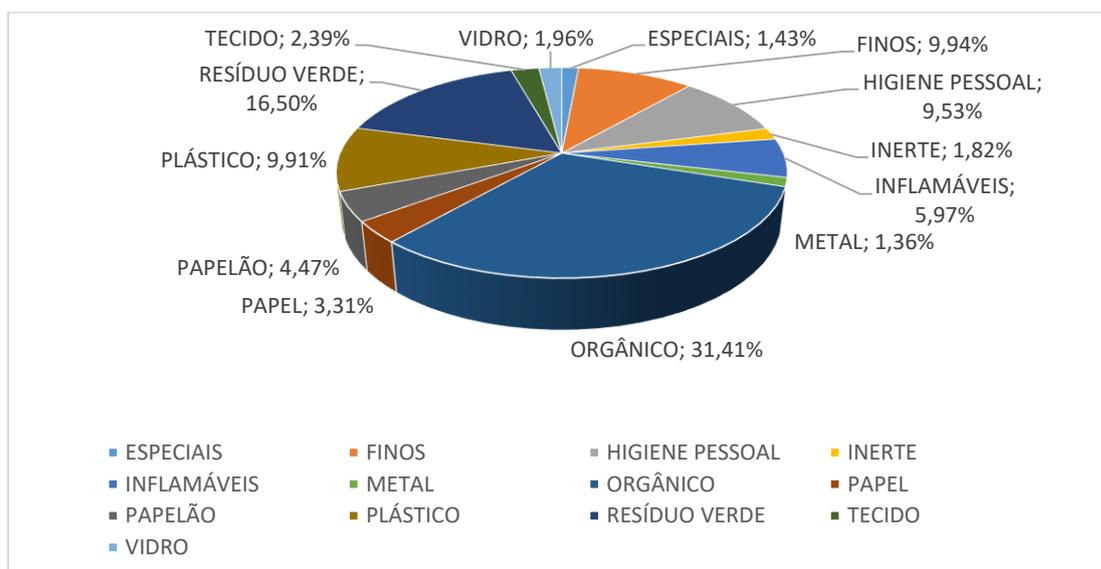


Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A gravimetria do Lote 3 está mostrada no Gráfico 14.

Gráfico 14 - Gravimetria dos resíduos coletados no Lote 3



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Pelo Gráfico 14 observa-se que o Lote 3 é que apresenta menor quantidade de resíduos orgânicos, 31,41%. Os resíduos verdes são a segunda maior categoria, seguidos dos finos, plásticos, higiene pessoal, inflamáveis, papelão, papel, tecido, vidros, inertes, especiais e metais.

O estudo da média de geração de resíduos o percurso da coleta complementa a composição das variáveis investigativas. A Tabela 08 mostra uma correlação das variáveis por lotes (Tabela 8).

Tabela 8 - Correlação das Variáveis Investigativas por Lotes

LOTES	População (hab)	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	Domicílios (unid)	Média da geração de resíduos (t/mês)	Geração per capita (kg/hab.dia)	Percurso (km / mês)
Lote 1	246.686	3.687,50	78.805,00	6.701,17	0,91	38.531,28
Lote 2	257.465	3.426,11	78.222,00	7.182,49	0,93	39.331,08
Lote 3	283.211	3.698,19	83.797,00	6.449,60	0,76	26.658,19

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Na Tabela 8 está evidenciada a média de geração por lote, e a partir dela a taxa de geração per capita, que relaciona a quantidade de resíduos sólidos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Em casos, onde há falta de dados mais precisos, a geração per capita pode ser estimada através de tabelas e gráficos pré-elaborados com base em diversas séries históricas, que não necessariamente apresentará a realidade da localidade. Outro cuidado que se deve ter com essa taxa é o que realmente foi levado em conta para sua elaboração, no presente estudo foram considerados os resíduos sólidos domiciliares /comerciais/públicos coletados nos lotes da pesquisa nos anos de 2014 e 2015. Como já esclarecido a sigla RSU, pode envolver outros tipos de resíduos como o entulho, por exemplo. Assim os 6.701,17 toneladas mensais gerados no Lote 1, geram uma taxa per capita de 0,91 kg/hab.dia, no Lote 2 a média mensal de 7.182,49 t/mês gera uma taxa per capita de 0,93 kg/hab.dia e o Lote 3 tem uma taxa per capita de 0,76 kg/hab.dia calculada pela média 6.449,60 t/mês.

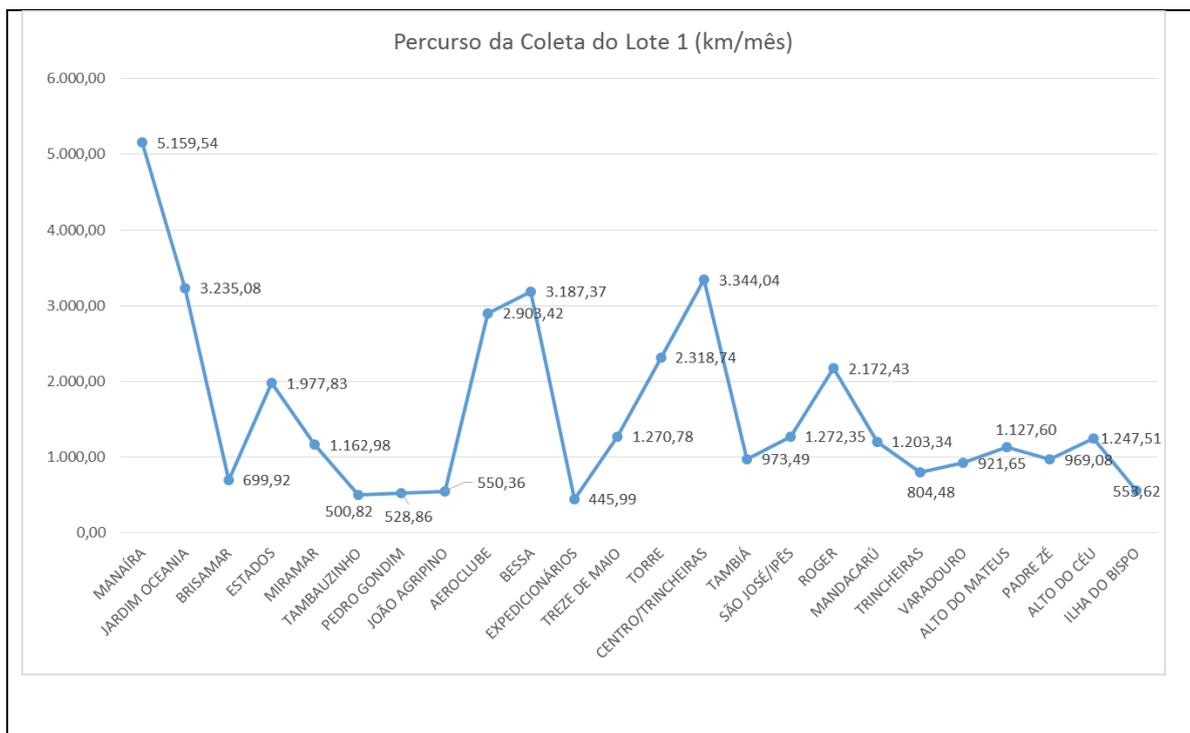
Através da Tabela 8, algumas considerações merecem destaque, como a relação direta do tamanho do percurso e a quantidade de resíduos coletada, independente da área do lote. O lote que possui a maior área 7.658,10 hectares, Lote 3, não possui o maior percurso, e isso se explica pela correspondência à densidade demográfica, 3.698,19 habitantes por quilômetro quadrado, apesar de ter a maior população 283.211 habitantes.

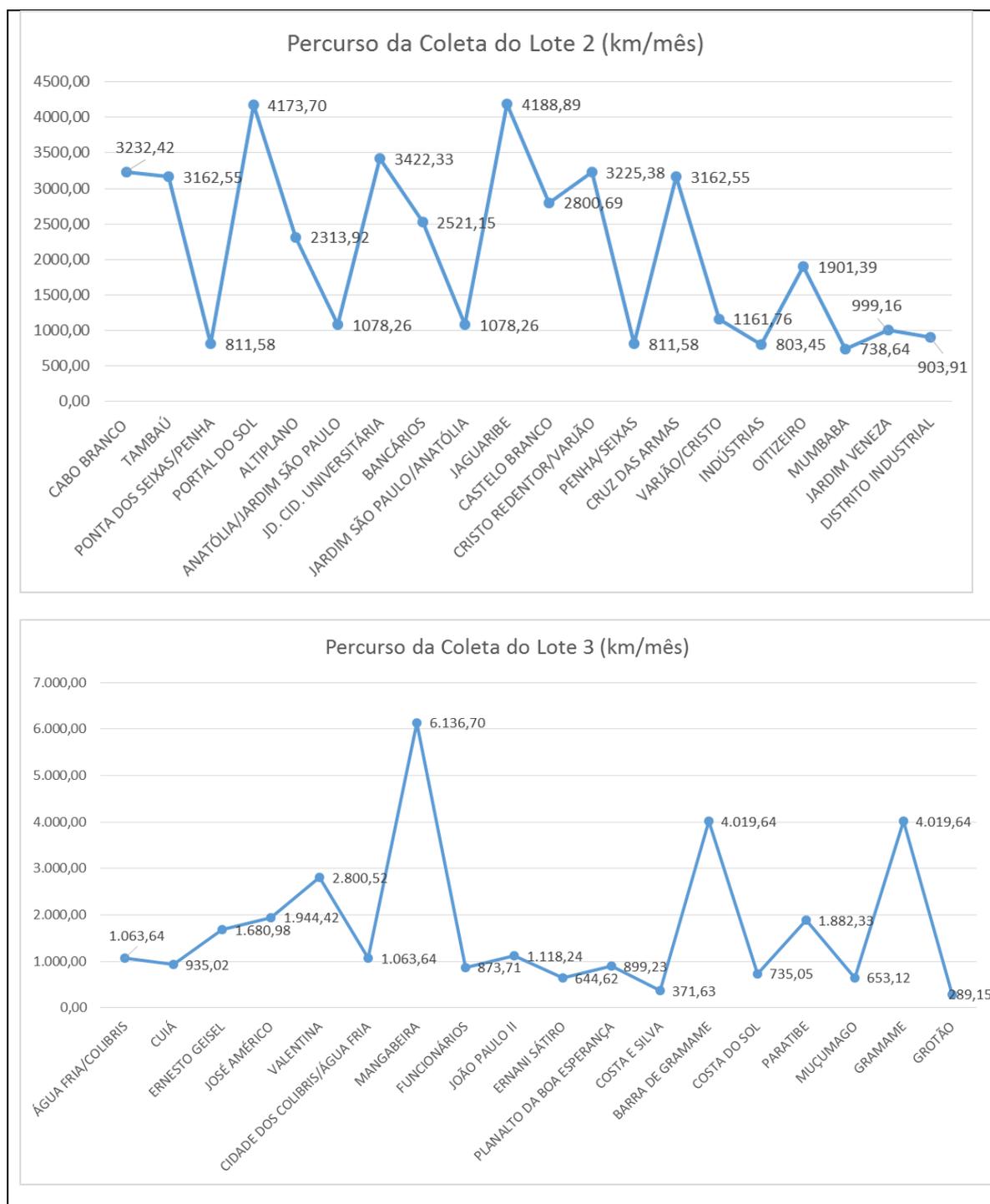
No menor percurso (Lote 3) também é coletada a menor quantidade de resíduos (6.449,60 t/mês) apesar da maior população 283.211 habitantes, que como já exposto possui a população de menor renda média domiciliar. Ao dividir o percurso pela quantidade de resíduos coletados verifica-se que o Lote 3 possui a maior eficiência de coleta.

O menor lote em área e população, o Lote 1, possui a maior renda domiciliar e uma geração de resíduos 7.172,14 t/mês, isso implica em uma geração per capita 0,91 kg/hab.dia menor que a do Lote 2 que é de 0,93 kg/hab.dia. Jucá *et al.* (2014), afirmam que a característica econômica local influencia no comportamento da população quanto ao consumo, refletindo em valores ascendentes de geração de resíduos sólidos.

Para coletar esses resíduos dos lotes, o caminhão percorre uma distância de 38.531,28 km por mês, no Lote 1, 39.331,08 km por mês, no Lote 2 e 26.658,19 km por mês, no Lote 3, percebe-se uma variação nessas distâncias entre os bairros dos lotes (Figura 29).

Figura 29 - Distância total percorrida da garagem ao destino final da Coleta Convencional dos Lotes 1,2 e 3 de João Pessoa





Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A Figura 29 mostrou por meio de três gráficos os percursos da coleta convencional em cada lote por bairro. Para uma compreensão acerca desses valores é importante correlacioná-los com outros dados também importantes, como a população, a densidade demográfica, área e quantidade de resíduos coletadas nesses percursos. Essas informações foram retiradas de um

mapa do município, georeferenciados e elaborado com as rotas de coleta de resíduos de cada lote.

Quanto as variáveis de geração per capita dos lotes, a geração média per capita do município seria de 0,864 kg/hab.dia, um resultado inferior ao apresentado pelo PMGIRS em João Pessoa (2014) para o município que foi de 0,94 kg/hab.dia, o qual considera toda massa de resíduos sólidos urbanos. Medeiros et al. (2015) fez uma pesquisa com base na massa de resíduos coletada e seu resultado foi de 0,78 kg/hab.dia.

O Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015) indica uma geração per capita para a região Nordeste de 0,988 kg/hab.dia e para o Brasil o indicador é 1,062 kg/hab.dia e para o estado da Paraíba de 0,888 kg/hab.dia. Em Recife, Silva (2015) também calculou uma geração per capita de 0,77 kg/hab.dia inferior ao apresentado no Plano de Resíduos da Região Metropolitana do Recife que foi de 0,94 kg/hab.dia. O GRS, em 2016, calculou uma produção média de 0,74 kg/hab.dia para os 31 setores estudados em Recife.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015), a geração total e per capita dos resíduos sólidos nem sempre apresentam resultados condizentes, variando a depender da característica local, principalmente às relacionadas ao crescimento populacional e econômico da região.

Vale ainda lembrar que além de apresentar rotas tecnológicas e fluxos de massa e demonstrativos de custo para cada um dos lotes, a pesquisa fará uma abordagem mais precisa nos Setores estratificados de cada Lote no Capítulo 5.

#### 4.4.2 Geração e Cobertura da Coleta Seletiva (diferenciada) dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa

Para fins de estudo da Rota Tecnológica de Tratamento e Disposição Final de João Pessoa, fez-se uma ampla pesquisa acerca da Coleta Seletiva que é o componente de tratamento físico da Rota. Assim, a seguir será apresentado o estudo da cobertura da Coleta Seletiva e seu enquadramento nos Lotes da pesquisa. Ademais, mister se faz apresentar como se distribuem os materiais coletados, os recicláveis desses lotes e os rejeitos dos mesmos. Também se apresentam os materiais descarregados no Galpão de Triagem do ASMJP, os comercializados e os seus rejeitos, também por Lote da pesquisa.

#### 4.4.2.1 Cobertura da Coleta Seletiva nos Lotes

No ano de 1997, foram inseridos no município de João Pessoa Postos de Entrega Voluntária (PEV's) como uma primeira tentativa de incentivar a prática de segregação de resíduos nos domicílios, sendo instalados em vários locais. Contudo, devido à falta de divulgação e informação sobre seu uso, a população não participou e o programa não obteve seu êxito esperado. (NÓBREGA, 2003).

No ano 2000, foi iniciado o projeto piloto de coleta seletiva porta a porta, sob o incentivo da EMLUR, atendendo aos bairros de Tambaú, Cabo Branco, Miramar e parte do Manaíra. (JOÃO PESSOA, 2014b). Segundo Nóbrega (2003) o modelo de coleta seletiva adotado no município de João Pessoa seguiu o modelo adotado no município de Belo Horizonte (MG) e teve de ser adequado às realidades da capital paraibana, servindo de base para decisões não só no aspecto socioambiental, mas também no tecnológico. Tal modelo usou como alicerce a consciência tecnológica, qualificação dos recursos humanos, cidadania e participação popular. Ressalta-se que na época de funcionamento do Lixão do Roger, cerca de 500 pessoas trabalhavam na catação dos resíduos dispostos no local. Com o projeto piloto da EMLUR, foram encaminhados parte desses catadores para a formação da Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis (ASTRAMARE).

O PMGIRS destaca que o programa obteve maior abrangência a partir do ano de 2005 quando o recolhimento atingiu mais bairros do município. Em 2007, a coleta seletiva começou a ser realizada também por outra associação, o Acordo Verde, que atende os bairros Jardim São Paulo, Anatólia, Bancários, Jardim Cidade Universitária e Mangabeira. Essa associação é composta por 25 catadores. (JOÃO PESSOA, 2014b).

Durante a pesquisa foram coletados dados que permitissem identificar as características da Coleta Seletiva do município de João Pessoa. Foram visitados os galpões de triagem (Figura 30), apoiados pela EMLUR e coletadas as informações conforme o roteiro de entrevista. As visitas ocorreram no período de maio a julho de 2016.

Figura 30 - Núcleo da Coleta Seletiva do Acordo Verde – Bairro de Mangabeira



Nota: Dados da pesquisa (2015)

As informações levantadas permitiram compor o cenário dessa atividade em João Pessoa, a partir de informações como divisões operacionais, equipes de trabalho, custos, produções e rendimentos.

Segundo o PMGIRS no município de João Pessoa há quatro associações de catadores de resíduos: Associação de Trabalhadores de Materiais Recicláveis (ASTRAMARE), Associação de Catadores de Resíduos de João Pessoa (ASCARE-JP), Acordo Verde e Catajampa. Todas são sociedades civis sem fins lucrativos, não sujeitas à concordata ou falência, constituídas para prestar serviços aos seus cooperados. Pode-se afirmar são uma sociedade autônoma, com características de microempresa de seleção e comercialização de materiais recicláveis regida pela Lei Federal nº 5.764 que regulamenta o funcionamento do cooperativismo (JOÃO PESSOA, 2014b).

Dos sessenta e quatro bairros existentes no município de João Pessoa, vinte (20) são contemplados com o programa de coleta seletiva: Aero clube, Altiplano, Anatólia, Bancários, Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Bessa, Cabo Branco, Jardim Oceania, Jardim Cidade Universitária, 13 de Maio, Manaíra, Mandacaru, Mangabeira Miramar, Pedro Gondim, Tambaú e Torre. Para atendê-los existem seis (6) unidades de triagem, localizadas no Bessa, Cabo Branco, Bairro dos Estados, Jardim Cidade Universitária, Mangabeira e Roger (Figura 31).



também se visualiza o aterro sanitário de João Pessoa, na zona mais afastada dessa concentração.

Além das unidades mencionadas, ainda existem as unidades do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, gerida pelo mesmo e pela EMLUR e operada pela ASTRAMARE, e a unidade da CATAJAMPA, que não possui núcleo formalizado na EMLUR, sendo os materiais armazenados nas residências dos associados no bairro de Mandacaru. Como essas duas unidades não seguem as premissas da pesquisa, em termos de gestão, não serão objeto de debates. Entretanto vale ressaltar a grande contribuição que a Central de Triagem do Aterro Sanitário dá à reciclagem, como será apresentado mais adiante. Para fins de estudo da operacionalização de cada núcleo da coleta seletiva, buscou-se informações acerca dos associados de cada núcleo (Quadro 16).

Quadro 16 - Número de Associados por Núcleo de Coleta

<b>Núcleos de Coleta</b>	<b>Administração</b>	<b>Número de Associados</b>
Núcleo de Coleta do Bessa	ASCARE-JP	11
Núcleo de Coleta do Cabo Branco	ASCARE-JP	12
Núcleo de Coleta de Mangabeira	ACORDO VERDE	18
Núcleo de Coleta do Jardim Cidade Universitária	ACORDO VERDE	16
Núcleo de Coleta do Aterro Sanitário	ASTRAMARE	85
Núcleo de Coleta do Bairro dos Estados	ASTRAMARE	11
Núcleo de Coleta do Roger <sup>3</sup>	-	10
Mandacaru <sup>3</sup>	CATAJAMPA	6
Total		169

Fonte: João Pessoa (2014b)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Seguindo o escopo da pesquisa, esses núcleos da coleta seletiva foram agregados aos Lotes 1, 2 e 3, com a finalidade de construção da rota tecnológica do lote. Sendo assim, a Tabela 9 foi elaborada de forma a correlacionar os dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a) e Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015) quanto a população total do bairro, pessoas por domicílio e domicílios atendidos pela coleta seletiva.

<sup>3</sup> Núcleos informais, sem galpão mantido pela EMLUR

Tabela 9 - Distribuição da Coleta Seletiva de João Pessoa por bairros e lotes da pesquisa

LOTE	NÚCLEO	BAIRROS	POPULAÇÃO DOS BAIROS (IBGE) (hab)	NÚMERO DE DOMICÍLIOS (IBGE) (unid.)	PESSOA POR DOMICÍLIO (IBGE) (hab)	DOMICÍLIOS ATENDIDOS (EMLUR) (unid.)	POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)	% DE COBERTURA DA COLETA SELETIVA NO LOTE
LOTE 1	Bessa	Oceania	16.718	6.084	2,51	4.959	12.447	74,45
		Aeroclube	10.555	3.929	2,46	2.911	7.161	67,85
		Bessa	14.325	5.423	2,41	4.028	9.707	67,76
		Manaíra	28.845	10.335	2,55	8.000	20.400	70,72
	Estados	Estados	8.158	2.432	3,07	2.240	6.877	84,29
		13 de maio	8.489	2.412	3,22	2.534	8.159	96,12
		Torre	16.619	5.169	2,94	2.220	6.527	39,27
		Pedro Gondim	3.675	1.146	2,93	1.043	3.056	83,15
		Ipês	9.977	3.006	3,22	1.100	3.542	35,50
		Mandacaru	13.775	4.063	3,10	1.400	4.340	31,51
<b>TOTAL</b>		<b>131.136</b>	<b>43.999</b>	<b>28</b>	<b>30.435</b>	<b>82.217</b>	<b>62,70</b>	
LOTE 2	Cidade Universitária - CAIC	Jardim Cidade Universitária	23.436	8.304	2,58	6.252	16.130	68,83
		Bancários	12.977	4.072	2,91	3.021	8.791	67,74
		Anatólia	1.271	431	2,70	1.978	5.341	420,16
	Cabo Branco	Miramar	10.392	3.141	3,02	2.581	7.795	75,01
		Cabo Branco	8.648	3.583	3,25	2.919	9.487	109,70
		Altiplano	5.724	1.588	3,30	1.059	3.495	61,05
		Tambaú	11.117	4.598	2,21	3.416	7.549	67,91
	<b>TOTAL</b>		<b>73.565</b>	<b>25.717</b>	<b>20</b>	<b>21.226</b>	<b>58.587</b>	<b>79,64</b>
LOTE 3	Mangabeira	Mangabeira	83.122	17.559	3,23	5.459	17.633	21,21
	<b>TOTAL</b>		<b>83.122</b>	<b>17.559</b>	<b>3</b>	<b>5.459</b>	<b>17.633</b>	<b>21,21</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Dados da pesquisa (2015)

Na Tabela 9 é mostrada a sobreposição da coleta seletiva da capital paraibana sobre os lotes objeto de estudo deste trabalho. Nele, apresentam-se os dados demográficos disponibilizados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010a) e a cobertura da coleta seletiva, segundo a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015) relativa aos lotes pesquisados. Assim fica evidente que no Lote 1, tem-se dois núcleos de coleta seletiva, o do Bessa e do Bairro dos Estados (13 de Maio) que promovem a coleta em mais oito bairros, Oceania, Aeroclube, Estados, Manaíra, Torre, Treze de Maio e Mandacaru. O Lote 1 também possui dois núcleos de triagem, o do Cabo Branco e o da Cidade Universitária, que fazem a coleta de mais cinco bairros, Tambaú, Altiplano, Miramar, Anatólia e Bancários. O Lote 3 possui apenas uma unidade de triagem, a mais nova de todas, e tem como campo de coleta 83.122 habitantes, mais que a soma dos bairros do Lote 2. Nesse Lote 3 21,21% dos seus habitantes são atendidos pela coleta seletiva.

O Lote 1 tem uma cobertura na coleta seletiva de 82.217 habitantes, ou seja, correspondendo a 10,44% da população pessoense. A coleta seletiva do Lote 2 atende a 58.587 habitantes, ou seja 7,44% da população. O Núcleo de Mangabeira atende a 5.459 habitantes, o que representa 2,24% da população de João Pessoa. Ao todo, 20,12% da população da capital recebe cobertura da coleta seletiva (Tabela 10).

A área do município de João Pessoa é de 18.860,40 ha, considerando a área dos bairros participantes, tem-se a proporção da área do município coberta pela coleta seletiva desses bairros (Tabela 10).

Tabela 10 - Cobertura da Coleta Seletiva no município e nos lotes da pesquisa

LOTES	População Atendida pela Coleta Seletiva	Cobertura da Coleta Seletiva relacionada à população do Município (%)	Área coberta pela Coleta Seletiva (ha)	Área Total (ha)	Cobertura da Coleta Seletiva relacionada à área do Município (%)
Lote 1	82.217	10,44	1.734,60	3.688,00	9,20
Lote 2	58.587	7,44	1.073,10	7.514,80	4,28
Lote 3	17.633	2,24	1.069,60	7.658,10	9,20
<b>TOTAL</b>	<b>158.437</b>	<b>20,12%</b>	<b>3.877,30</b>	<b>18.860,90</b>	<b>20,56%</b>

*Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*

(2010a). Dados da pesquisa (2015)

A área total de cobertura da coleta seletiva no município de João Pessoa é 3.877,30 hectares o que representa 20,56% da área total do município. Apesar de não ter a maior representatividade em termos populacionais (246.686 habitantes) o Lote 1 é o que possui a maior cobertura de coleta seletiva do município, em área e população (Tabela 10).

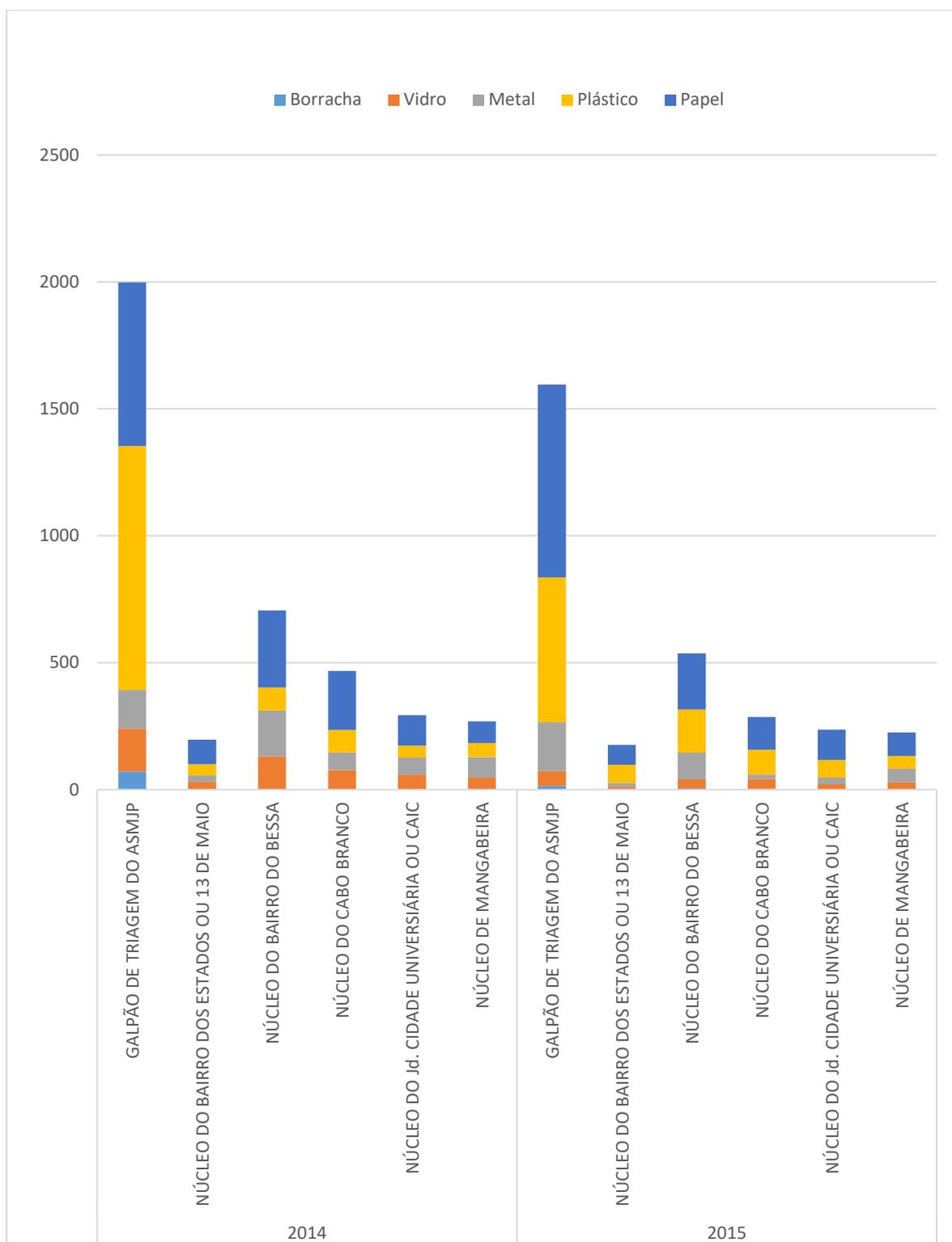
#### 4.4.2.2 Distribuição dos Materiais Recicláveis nos Lotes 1, 2 e 3

A coleta dos resíduos sólidos do município de João Pessoa é realizada pela coleta indiferenciada (Convencional) da prefeitura que os encaminham para o aterro sanitário, passando ou não pelo Galpão de triagem ou Central de Triagem – CT) ou seletiva, quando os moradores segregam seus resíduos na fonte de forma que os catadores que prestam serviço na comunidade possam fazer a coleta. Estes catadores, recolhem os resíduos passíveis de reciclagem e levam a um galpão, mantido pela Prefeitura, onde estes materiais são segregados para a comercialização aos primeiros compradores da cadeia (atravessadores ou agentes intermediários) que por sua vez, revendem o material para as indústrias recicladoras.

Os materiais provenientes da coleta seletiva de João Pessoa têm como destino a indústria da reciclagem e os rejeitos ao aterro sanitário. Com vistas a compor os fluxos de massa e custo da coleta seletiva, assim como conhecer seu potencial de reciclagem e a eficácia da atividade, foram pesquisados na EMLUR e nos núcleos, os quantitativos de massa e os custos operacionais do sistema.

A EMLUR possui inventários dos núcleos nos quais são apresentados os quantitativos dos materiais comercializados conforme a classificação geral, papel/papelão, plástico, metal, vidro e borracha. Como a série histórica da coleta convencional foi apresentada nesta produção para os anos de 2014 e 2015, assim também foi feita para a coleta seletiva (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Gravimetria dos materiais comercializados nos núcleos da coleta seletiva de João Pessoa e no Galpão de Triagem do Aterro (t/ano)



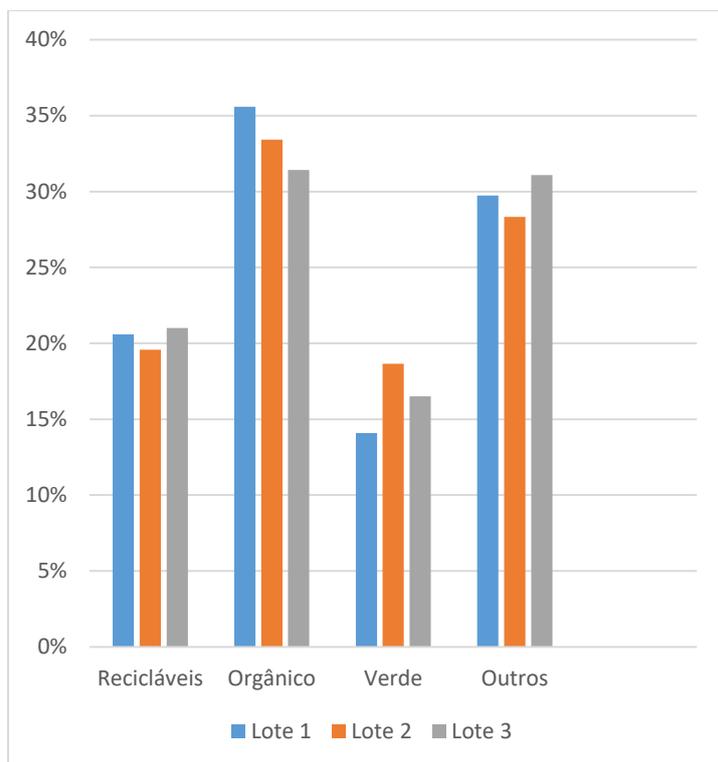
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Pelo Gráfico 15 fica evidente a importância do Galpão de Triagem do ASMJP para o aproveitamento de materiais recicláveis, nos dois anos analisados os catadores do Galpão de Triagem separaram dos caminhões da coleta convencional 1.997,33 toneladas e 1.595,71 toneladas, respectivamente. São resíduos que até a passagem pela balança eram considerados rejeitos e devido à estrutura organizacional e operacional do aterro, estabelecida pela gestão municipal da época, retornam a categoria dos recicláveis. O desenho dessa rota tecnológica é atípico. Como trata-se de um galpão que separa resíduos que provenientes dos caminhões compactadores de coleta indiferenciada, o que prejudica a qualidade do material, foge do escopo da pesquisa quando da análise da coleta seletiva. No entanto, como são dados importantes, os mesmos estarão presentes em outras fases da pesquisa, inclusive quando da análise do potencial de reciclagem do município.

Ainda, analisando o Gráfico 15 percebe-se que outro núcleo com grande movimentação de materiais é do Bessa, que já tem muito tempo de existência e está inserido em uma área cuja população tem alto poder aquisitivo. Mesmo sendo o segundo na comercialização de materiais foram coletados em 2014 apenas 705,28 toneladas, seguido do núcleo do Cabo Branco com 467,23 t/ano. Foi possível identificar em todos os núcleos uma predominância de comercialização dos materiais plásticos e papel.

Gráfico 16 - Gravimetria dos materiais passíveis de tratamento por Núcleos da coleta seletiva de João Pessoa.



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

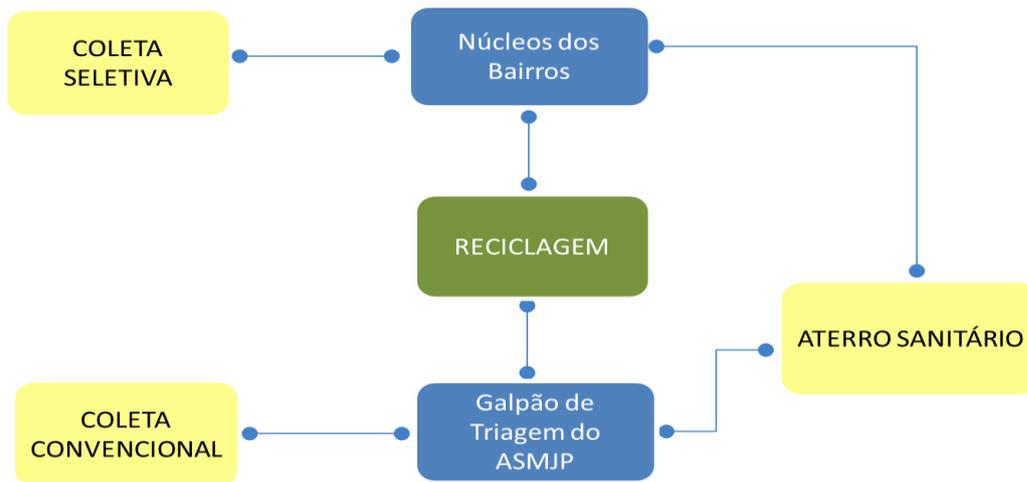
Nota: Dados da pesquisa (2015)

Fazendo a análise dos percentuais de materiais que podem passar por algum tipo de tratamento, esse percentual foi calculado com relação ao total de resíduos do Lote, percebe-se no Gráfico 16, os Lotes 1 e 3 como sendo os melhores fornecedores de materiais recicláveis, no entanto sem muita diferença em termos percentuais para o Lote 2. Quanto a massa de resíduos orgânicos, o Lote 1 é superior ao 2, que por sua vez é superior ao 3, todos com alto percentual de orgânicos, representando uma característica dos estados brasileiros em geral, embora haja uma variação nos percentuais.

Ressalta-se que não é possível a implantação e expansão de programas de coleta seletiva se não for observado um padrão de composição dos resíduos gerados em cada região. Muitas vezes há escassez desses dados em algumas localidades. Além de dados específicos, é importante conhecer o sistema como um todo. A Figura 32 mostra a rota tecnológica identificada para os resíduos que possuem a coleta de recicláveis como opção e passam por algum tipo de tratamento.

A Figura 32 mostra a rota Tecnológica identificada para os resíduos que passam por algum tipo de tratamento no município.

Figura 32 - Rota Tecnológica da Coleta Seletiva dos Lotes 1, 2 e 3



Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Assim, para compor os fluxos dessa rota tecnológica, que envolve o tratamento por meio da triagem nos Núcleos do Bessa e Estados (Lote 1), Cabo Branco e Jardim Cidade Universitária (Lote 2), Mangabeira (Lote 3) e Galpão de Triagem, foram pesquisados na EMLUR o histórico de comercialização por Núcleo dos seguintes materiais papel/papelão, plástico, vidro, metal e borracha. A esse histórico foi aplicado um percentual de eficiência, já utilizado em estudos sobre Análise do Ciclo de Vida (ACV) em países como a Itália, “Life cycle assessment for optimising the level of separated collection in integrated MSW management systems” Rigamonti, Grosso e Sunseri (2009), na Espanha, “Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies: A Spanish case study Bovea *et al* (2010), na Suécia, “Life cycle assessment of a household solid waste source separation programme: a Swedish case study” Bernstad *et al.* (2011) e no Brasil, Avaliação do Ciclo de Vida Socioambiental do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de João Pessoa/PB, Brasil. Estudo De Caso: Núcleo Do Bessa (GARCIA *et al.*, 2015).

O percentual de eficiência de material calculado por Rigamonti, Grosso e Sunseri (2009) refere-se à quantidade de resíduos coletados, que podem ser vendidos para os agentes intermediários (atravessadores). Assim, buscando-se conhecer a quantidade de resíduo reciclável retirada pela coleta seletiva, atribui-se o percentual de eficiência nos valores de 97,50% para o papel/papelão, 80% para plástico, 90% para metal e vidro e 100% para borracha. Assim seguindo essa metodologia, quantificou-se a quantidade de material coletado e, conseqüentemente, de rejeitos de cada núcleo. O Quadro 17 mostra o histórico da

comercialização de materiais recicláveis por tipo nos núcleos da coleta seletiva no município de João Pessoa.

Quadro 17 - Histórico de comercialização de materiais recicláveis por tipo dos Núcleos de Coleta Seletiva de João Pessoa (t/ano)

Bessa	2014			2015		
	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)
Papel	303,29	310,87	7,58	<b>220,74</b>	226,26	5,52
Plástico	91,04	109,25	18,21	169,82	203,78	33,96
Metal	179,63	197,59	17,96	105,35	115,89	10,54
Vidro	129,07	141,98	12,91	35,17	38,69	3,52
<b>Total</b>	<b>704,97</b>	<b>761,63</b>	<b>56,66</b>	<b>536,02</b>	<b>589,55</b>	<b>53,53</b>
Dos Estados	2014			2015		
	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)
Papel	96,83	99,25	2,42	<b>78,16</b>	80,11	1,95
Plástico	43,45	52,14	8,69	71,11	85,33	14,22
Metal	25,93	28,52	2,59	15,33	16,86	1,53
Vidro	29,16	32,08	2,92	10,29	11,32	1,03
Borracha	0,91	0,91	0,00	0,36	0,36	0,00
<b>Total</b>	<b>196,27</b>	<b>212,89</b>	<b>16,62</b>	<b>175,25</b>	<b>193,99</b>	<b>18,74</b>
C. Branco	2014			2015		
	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)
Papel	231,97	237,77	5,80	129,96	133,21	3,25
Plástico	88,74	106,49	17,75	97,48	116,98	19,50
Metal	69,88	76,87	6,99	16,99	18,69	1,70
Vidro	75,13	82,65	7,51	39,12	43,03	3,91
Borracha	1,49	1,49	0,00	2,30	2,30	0,00
<b>Total</b>	<b>467,21</b>	<b>505,26</b>	<b>38,05</b>	<b>285,85</b>	<b>314,21</b>	<b>28,36</b>
Cidade Universitária	2014			2015		
	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)
Papel	120,55	123,56	3,01	118,85	121,82	2,97
Plástico	46,45	55,74	9,29	70,69	84,83	14,14
Metal	67,23	73,96	6,72	25,97	28,57	2,60
Vidro	57,35	63,08	5,73	19,35	21,29	1,94
Borracha	1,20	1,20	0,00	1,10	1,10	0,00
<b>Total</b>	<b>292,77</b>	<b>317,53</b>	<b>24,76</b>	<b>235,96</b>	<b>257,60</b>	<b>21,64</b>
Mangabeira	2014			2015		
	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)	Resíduo Comercializado (t/ano)	Resíduo Coletado (t/ano)	Rejeito (t/ano)
Papel	84,83	86,95	2,12	92,97	95,29	2,32
Plástico	55,20	66,24	11,04	49,40	59,28	9,88
Metal	81,51	89,66	8,15	54,28	59,71	5,43
Vidro	45,43	49,97	4,54	27,40	30,14	2,74
Borracha	1,06	1,06	0,00	0,68	0,68	0,00
<b>Total</b>	<b>268,03</b>	<b>293,88</b>	<b>25,85</b>	<b>224,73</b>	<b>245,10</b>	<b>20,37</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Os dados do Quadro 17 mostram o inventário de vendas de materiais recicláveis de João Pessoa por material comercializado. Como nos núcleos não há pesagem dos resíduos coletados, somente vendido, usou-se o percentual de aproveitamento de Rigamonti, Grosso e Sunseri (2009) sobre os materiais comercializados e estimou-se a quantidade de resíduos coletados. A diferença entre o coletado e o comercializado são os rejeitos.

Para a análise das rotas tecnológicas da coleta convencional foi escolhida a unidade de geração de resíduos t/mês. Como no Quadro 17 os valores totais estão por ano foi necessário o cálculo da média mensal. Assim, a Tabela 11 mostra as informações dos Núcleos do Bessa e do Bairro dos Estados, representando o Lote 1, já descritas no Quadro 17 juntamente com toda série histórica da EMLUR desde 2005 e o cálculo das médias anuais e mensais de forma que a se manter uma uniformidade de unidades.

Tabela 11 - Histórico de comercialização, coleta e rejeitos de materiais recicláveis coletados pelos Núcleos de Coleta Seletiva do Bessa e Bairro dos Estados - Lote 1 (t/ano)

ANO	RECICLÁVEIS E REJEITOS - LOTE 1					
	BESSA			ESTADOS		
	Resíduo Comercializado (t)	Resíduo Coletado (t)	Rejeito (t)	Resíduo Comercializado (t)	Resíduo Coletado (t)	Rejeito (t)
2005	183,91	199,43	15,52	167,03	182,10	15,07
2006	160,37	171,83	11,46	200,79	215,62	14,83
2007	203,30	218,00	14,70	254,34	270,84	16,50
2008	229,11	246,85	17,74	171,22	184,99	13,77
2009	200,08	219,78	19,70	136,11	148,89	12,79
2010	247,26	270,16	22,90	194,51	208,65	14,14
2011	173,09	187,09	14,01	127,14	136,27	9,12
2012	171,38	185,56	14,18	105,29	113,22	7,93
2013	455,10	496,08	40,97	123,01	132,28	9,27
2014	704,97	761,63	56,66	196,27	212,89	16,62
2015	536,02	589,55	53,53	175,25	193,99	18,74
MÉDIA ANUAL (t/ano)	296,78	322,36	25,58	168,27	181,79	13,52
MÉDIA MENSAL (t/mês)	24,73	26,86	2,13	14,02	15,15	1,13

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Na Tabela 11 estão os valores referentes a massa de resíduos coletada (estimada pelos percentuais de eficiência de Rigamonti, Grosso e Sunseri (2009), vendida e de rejeitos dos Núcleos que compõem o Lote 1, que são Bessa e Bairro dos Estados. A média por mês das duas unidades (Bessa e Estados) somadas resultou em uma comercialização média de 38,75

toneladas por mês, uma coleta média de 42,01 t/mês de resíduos recicláveis, gerando um residual de 3,26 t/mês de rejeitos a serem direcionados ao ASMJP.

Na Tabela 12 estão os dados dos núcleos que compõem o Lote 2, que são Cabo Branco e Cidade Universitária.

Tabela 12 - Histórico de comercialização, coleta e rejeitos de materiais recicláveis coletados pelos Núcleos de Coleta Seletiva do Lote 2 (Cabo Branco e Cidade Universitária) (t/ano).

ANO	RECICLÁVEIS E REJEITOS - LOTE 2					
	CABO BRANCO			CIDADE UNVERSITÁRIA		
	Resíduo Comercializado (t)	Resíduo Coletado (t)	Rejeito (t)	Resíduo Comercializado (t)	Resíduo Coletado (t)	Rejeito (t)
2005	256,58	280,23	23,65			
2006	349,88	376,66	26,78			
2007	344,21	376,16	31,95	184,49	202,97	18,49
2008	269,24	292,08	22,84	340,01	376,44	36,43
2009	256,58	182,10	15,07	357,60	389,51	31,91
2010	384,93	417,76	32,83	331,73	361,32	29,60
2011	262,93	285,21	22,27	231,65	249,53	17,88
2012	328,04	356,68	28,64	151,33	163,31	11,98
2013	396,14	426,81	30,67	204,55	219,96	15,41
2014	467,21	505,26	38,05	292,77	317,53	24,76
2015	285,85	314,21	28,36	235,96	257,60	21,64
MÉDIA ANUAL (t/ano)	327,42	346,65	27,37	258,90	282,02	23,12
MÉDIA MENSAL (t/mês)	27,28	28,89	2,28	21,57	23,50	1,93

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Observa-se na Tabela 12 que a média por mês de coleta nesses núcleos somadas foi de 48,86 t/mês, dados levantados com base em uma série história de 9 anos (Núcleo da Cidade Universidade) e 11 anos (Núcleo do Cabo Branco). O Núcleo da Cidade Universitária foi inaugurado em 2007, sendo assim, para o cálculo da média anual foram considerados apenas nove anos. A soma dos valores coletados por esses núcleos nos seus setes bairros é 52,39 toneladas em média por mês, tendo sido comercializados, segundo Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015), em média 48,86, gerando uma média de 3,53 t/mês de rejeitos.

No Lote 3 existe apenas um núcleo de triagem, o Núcleo de Coleta Seletiva de Mangabeira, que foi último núcleo a ser criado. A média de coleta estimada para o lote é de 13,85 t/mês (Tabela 13), calculadas com base nos valores efetivamente comercializados que foi 12,64 t/mês (dados levantados com base em uma série história de 6 anos).

Tabela 13 - Materiais recicláveis coletados pelos Núcleo de Coleta Seletiva do Lote 3 (Mangabeira) (t/ano)

<b>RECICLÁVEIS E REJEITOS - LOTE 3</b>			
<b>MANGABEIRA</b>			
<b>ANO</b>	<b>Resíduo Comercializado (t)</b>	<b>Resíduo Coletado (t)</b>	<b>Rejeito (t)</b>
2010	20,94	22,84	1,90
2011	140,85	154,14	13,29
2012	109,21	120,00	10,79
2013	146,30	161,38	15,08
2014	268,03	293,88	25,85
2015	224,73	245,10	20,37
<b>MÉDIA ANUAL (t/ano)</b>	<b>151,67</b>	<b>166,22</b>	<b>14,55</b>
<b>MÉDIA MENSAL (t/mês)</b>	<b>12,64</b>	<b>13,85</b>	<b>1,21</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

As informações das Tabelas 11, 12 e 13 estão resumidas na Tabela 14 e comporão os fluxos de massas dos lotes.

Tabela 14 – Média mensal dos materiais recicláveis nos Lotes 1, 2 e 3 (t/mês)

<b>RECICLÁVEIS E REJEITOS - RESUMO</b>			
	<b>Resíduo Comercializado (t/mês)</b>	<b>Resíduo Coletado (t/mês)</b>	<b>Rejeito (t/mês)</b>
LOTE 1	38,75	42,01	3,26
LOTE 2	48,86	52,39	3,53
LOTE 3	12,64	13,85	1,21

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Dentre os Lotes pesquisados, o Lote 2 é o que possui o maior percentual de cobertura da população, 79,64% (Tabela 09) e esse número reflete na média mensal de matérias recicláveis comercializado no referido Lote (48,86 t/mês). Para os demais Lotes (Tabela 09), o que possui o menor percentual de cobertura da população também obteve a menor média de comercialização de recicláveis ( Lote 3).

Para Grippi (2006), a educação ambiental é fundamental para o sucesso de qualquer programa de coleta seletiva. É importante esclarecer ao cidadão o seu papel como gerador de resíduo sólido e a educação ambiental pode atingir todas as classes sociais em diferentes segmentos: escolas, repartições públicas, residências, escritórios, fábricas, lojas, ou nos demais locais geradores de resíduos sólidos ou rejeitos.

#### 4.4.2.3 Distribuição dos Materiais Recicláveis e Rejeitos dos Lotes 1, 2 e 3 coletados no Galpão de Triagem do ASMJP e Efetividade da Coleta Seletiva

Em continuidade ao estudo das rotas tecnológicas de tratamento disposição final do município de João Pessoa, percebe-se a especificidade da existência de um Galpão de Triagem dentro do local de disposição final ambientalmente adequada. A representatividade desse galpão em termos quantitativos pode ser comprovada quando comparados seus resultados com os núcleos da coleta seletiva do município. Pela Tabela 15 além de mostrar esse comparativo, também pode-se verificar a eficácia dos núcleos da coleta seletiva.

Na Tabela 15 verifica-se uma grande variação da coleta de recicláveis, tanto nos núcleos da coleta seletiva como no galpão de triagem. No ano de 2007, como citado anteriormente, houve a implantação do Núcleo da Cidade Universitária, que tem uma produtividade média de 256,94 t/ano, e tendo tido suas maiores produtividades nos anos de 2008 e 2009. Nos anos de 2010 houve a implantação do núcleo de Mangabeira e, justamente nesse período de 2008 a 2010, tem-se os melhores resultados da coleta seletiva do município. Percebe-se que esses dados são oscilantes, isso pode ser reflexo do compromisso da classe de catadores com o ofício. Segundo vários relatos, em todas as associações, há muitos catadores que não possuem profissionalismo, levam aquele trabalho como um modo de sobrevivência e não como labor.

Também se observa na Tabela 15 que grande parte dos resíduos recicláveis do município de João Pessoa são recuperados na Central de Triagem, ou seja, a eles já incorreram custos de coleta e danos aos materiais que têm o preço de venda reduzido conforme as suas condições. Em análise aos Coeficientes de Aproveitamento, percebe-se que o aproveitamento dos resíduos dentro da referida Central de Triagem chega a ser, por vezes, quase cem por cento da coleta seletiva, ou seja, em um ano o galpão chega a produzir duas vezes os que todos os núcleos juntos produzem, foi o que aconteceu no ano de 2008 (Tabela 15).

Tabela 15 - Correlação dos valores de materiais captados pelas coletas convencional e seletiva, e na Central de Triagem do ASMJP .

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>População</b>	660.797	672.080	674.762	693.082	702.234	723.515	733.155	742.478	769.604	780.738	787.363,00
<b>Total Coleta Domiciliar (t/ano)</b>	162.047,00	183.004,00	192.768,00	205.118,00	220.142,00	220.818,00	260.963,00	239.441,00	238.263,44	242.961,81	243.889,42
<b>Geração per capita (kg/hab*dia)</b>	0,67	0,75	0,78	0,81	0,86	0,84	0,98	0,88	0,85	0,85	0,85
<b>Geração per capita (kg/hab*ano)</b>	245,23	272,29	285,68	295,95	313,49	305,20	355,95	322,49	309,59	311,20	309,75
<b>Total da Coleta Seletiva dos Núcleos</b>	607,52	711,05	986,34	1.009,58	996,83	1.179,36	935,66	865,25	1.325,11	1.929,26	1.457,82
<b>Total da Coleta seletiva do Centro de Triagem do Aterro</b>	764,36	946,76	1.703,58	2.068,78	1.361,92	2.338,00	1.611,00	1.806,00	2.101,09	1.997,34	1.595,70
<b>Total Coleta Seletiva</b>	1.371,88	1.657,81	2.689,92	3.078,36	2.358,75	3.517,36	2.546,66	2.671,25	3.426,20	3.926,60	3.053,52
<b>% Coleta Seletiva de resíduos domiciliares</b>	0,85	0,91	1,40	1,50	1,07	1,59	0,98	1,12	1,44	1,62	1,25
<b>% Coeficiente de aproveitamento do Galpão de Triagem</b>	55,72	57,11	63,33	67,20	57,74	66,47	63,26	67,61	61,32	50,87	52,26
<b>% Coeficiente de aproveitamento dos núcleos da Coleta Seletiva</b>	44,28	42,89	36,67	32,80	42,26	33,53	36,74	32,39	38,68	49,13	47,74

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Por mais que não esteja inserido no sistema de coleta de seletiva de materiais recicláveis, a Central de Triagem, foi inserida na rota, pois por meio dela passam os resíduos provenientes dos bairros que também foram quantificados na pesquisa. Através do protocolo de entrada de resíduos no ASMJP que ocorre na sala de controle da balança (Figura 33), os caminhões são cadastrados, com placa, origem, peso, hora de entrada e de saída. Assim, com o uso do software que gerencia esses dados conseguiu-se rastrear as informações daqueles caminhões que descarregaram na referida central e agrupá-las de acordo com o lote de origem.

Em um estudo conduzido em Lajeado (RS) que caracterizou os resíduos sólidos domésticos descartados por meio de coleta regular e seletiva em diferentes bairros do município, foi verificado que os materiais recicláveis constituíam apenas 51% do total de resíduos na coleta seletiva, sendo o restante composto por papel higiênico, fraldas e material orgânico. Na coleta convencional os recicláveis somaram 28% do total coletado (KONRAD; CASARIL; SCHMITZ, 2010).

Figura 33 - Sistema de controle de entrada e pesagem do ASMJP.



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Assim, através dos relatórios de controle da balança filtraram-se os caminhões que descarregam na central, supracitada os quais eram originários dos bairros que integram o sistema de Coleta Seletiva de João Pessoa (Figura 34).

Figura 34 - Sistema operacional do Galpão de Triagem do ASMJP



(A)

(B)

Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Assim, analisando os quantitativos pode-se destacar o índice de aproveitamento da Central de Triagem, quando relacionados aos quantitativos gerais de despejo dos caminhões e os resultados das vendas dos resíduos aproveitados. A Tabela 16 mostra os dados resumidos.

Tabela 16 - Percentual de aproveitamento dos resíduos descarregados na Central de Triagem do ASMJP para a triagem e comercialização

ANO	Total de Resíduos Coletados (tonelada)	Resíduos descarregados na Central de Triagem (tonelada)	Resíduos aproveitados pela Central de Triagem (%)	Resíduos recicláveis comercializados (tonelada)	Rejeitos (tonelada)	Aproveitamento (%)
2010	220.818,00	28.483,00	12,90	2.338,00	26.144,00	8,21
2011	260.963,00	24.602,00	9,43	1.611,00	22.991,00	6,55
2012	239.441,00	23.478,00	9,81	1.806,00	21.672,00	7,69
2013	238.263,44	16.916,34	7,10	2.101,09	14.815,25	12,42
2014	242.961,81	18.225,79	7,50	1.997,52	16.228,27	10,96
2015	243.889,42	11.810,61	4,84	1.595,71	9.862,32	13,51
Média de aproveitamento dos resíduos no Galpão de Triagem do ASMJP						11,87%

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Tabela 16 tem-se a quantidade de resíduos que foram coletados em João Pessoa e encaminhados ao Aterro Sanitário, na terceira coluna está calculado o percentual de aproveitamento da Central de Triagem desses material. Com a quantidade dos descarregamentos anuais e os valores das vendas dos materiais aproveitados, fez-se uma média com a finalidade de encontrar um valor que representasse o aproveitamento dos materiais recicláveis pelo sistema operacional da central de triagem. Dessa forma, 11,87% é o percentual que será utilizado no fluxo de massa para quantificar a massa dos materiais provenientes dos Lotes descarregados na Central de Triagem e não aproveitados para reciclagem. Jucá *et al.*

(2014) afirmaram que essa unidade de triagem recebe em média 2.000 t/mês, operando 24 horas com três (3) esteiras para separação de recicláveis, com índice de aproveitamento de 6,6% dos resíduos.

Com base nos dados levantados na balança do aterro tem-se os quantitativos dos resíduos descarregados na unidade de triagem adjacente. Assim, foram levantados os caminhões originários dos bairros do Bessa, Cabo Branco, Bairro dos Estados e Jardim Cidade Universitária, os quais possuem Núcleos da Coleta Seletiva (Tabelas 17, 18 e 19).

Tabela 17 - Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem no Bessa e Bairro dos Estados

RECICLÁVEIS E REJEITOS DO ATERRO (t/ano)						
LOTE 1						
ANO	Bessa/Aterro			Estados/Aterro		
	Resíduos do Núcleo do Bessa descarregados no Galpão de Triagem (tonelada)	Material descarregado do Bessa comercializado no Galpão de Triagem (tonelada)	Rejeitos do material do Bessa descarregado no Galpão de Triagem (tonelada)	Resíduos do Núcleo do Estados descarregados no Galpão de Triagem (tonelada)	Material descarregado do Bessa comercializado no Galpão de Triagem (tonelada)	Rejeitos do material do Bessa descarregado no Galpão de Triagem (tonelada)
2005	19,98	2,37	17,61	20,51	2,43	18,07
2006	22,82	2,71	20,11	23,42	2,78	20,64
2007	40,04	4,75	35,29	41,10	4,88	36,22
2008	48,00	5,70	42,30	49,27	5,85	43,42
2009	30,49	3,62	26,87	31,30	3,72	27,59
2010	48,80	5,79	43,01	50,09	5,95	44,14
2011	32,95	3,91	29,04	33,82	4,01	29,81
2012	38,46	4,57	33,90	39,48	4,69	34,80
2013	51,39	6,10	45,29	52,75	6,26	46,49
2014	48,28	5,73	42,55	49,56	5,88	43,68
2015	48,50	5,76	42,74	50,50	5,99	44,51
TOTAL (t/ano)	39,06	4,64	34,43	40,16	4,77	35,40
TOTAL (t/mês)	3,26	0,39	2,87	3,35	0,40	2,95

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

A Tabela 17 mostra que os bairros do Bessa e Bairro dos Estados ainda encaminham indiretamente 3,26 toneladas e 3,35 t/mês, respectivamente, de resíduos recicláveis. Desse valor recebido pela Central de Triagem, 2,87 t/mês e 2,95 t/mês, foram calculados com o índice de aproveitamento de materiais recicláveis (11,87%).

Para o Lote 2, os dados estão mostrados na Tabela 18:

Tabela 18 - Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem no Cabo Branco e Cidade Universitária

RECICLÁVEIS E REJEITOS DO ATERRO (t/ano)						
LOTE 2						
ANO	Cabo Branco/Aterro			Cidade Universitária/Aterro		
	Resíduos do Núcleo do Cabo Branco descarregados no Galpão de Triagem (tonelada)	Material descarregado do Bessa comercializado no Galpão de Triagem (tonelada)	Rejeitos do material do Bessa descarregado no Galpão de Triagem (tonelada)	Resíduos do Núcleo da Cidade Universitária descarregados no Galpão de Triagem (tonelada)	Material descarregado do Bessa comercializado no Galpão de Triagem (tonelada)	Rejeitos do material do Bessa descarregado no Galpão de Triagem (tonelada)
2005	17,85	2,12	15,73			
2006	20,39	2,42	17,97			
2007	35,77	4,25	31,53	27,29	3,24	24,05
2008	42,88	5,09	37,79	32,72	3,88	28,83
2009	27,25	3,23	24,01	20,78	2,47	18,31
2010	43,60	5,18	38,42	33,25	3,95	29,31
2011	29,44	3,49	25,94	22,46	2,67	19,79
2012	34,37	4,08	30,29	26,22	3,11	23,11
2013	45,91	5,45	40,46	35,02	4,16	30,87
2014	43,14	5,12	38,02	32,90	3,91	29,00
2015	43,50	5,16	38,34	32,50	3,86	28,64
TOTAL (t/ano)	34,92	4,14	30,77	29,24	3,47	25,77
TOTAL (t/mês)	2,91	0,35	2,56	2,44	0,29	2,15

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Os bairros do Cabo Branco e da Cidade Universitária, com dados históricos mostrados na Tabela 18, somados, encaminham indiretamente uma média de 5,35 t/mês de resíduos para a Central de Triagem. Desse valor recebido nesta unidade, 0,64 t/mês tiveram como destino as células do aterro sanitário.

Na Tabela 19 estão os dados de Mangabeira, e mostram que encaminha quase a mesma coisa dos outros lotes, o que se justifica por Mangabeira ser o bairro mais populoso do município.

Tabela 19- Massa anual de resíduos em toneladas descarregadas na Central de Triagem do ASMJP com origem em Mangabeira (t/ano)

RECICLÁVEIS E REJEITOS DO ATERRO (t/ano)			
LOTE 3			
Mangabeira/Aterro			
ANO	Resíduos do Núcleo de Mangabeira descarregados no Galpão de Triagem (tonelada)	Material descarregado de Mangabeira comercializado no Galpão de Triagem (tonelada)	Rejeitos do material de Mangabeira descarregado no Galpão de Triagem (tonelada)
2010	66,41	7,88	58,53
2011	44,85	5,32	39,53
2012	52,36	6,21	46,14
2013	69,94	8,30	61,64
2014	65,72	7,80	57,92
2015	65,50	7,77	57,73
TOTAL (t/ano)	60,80	7,22	53,58
TOTAL (t/mês)	5,07	0,60	4,46

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Com base nas informações dos caminhões encaminhados para o galpão, tem-se, através do percentual de aproveitamento (11,87%), a quantidade de rejeitos gerada pela massa total que é em média 4,46 t/mês.

#### 4.4.3 Disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de João Pessoa

Após serem coletados nas fontes geradoras os resíduos domiciliares/comerciais/públicos são encaminhados ao ASMJP, que como já informado anteriormente, com a desativação do Lixão do Roger em 2003, foi inaugurado e posto em operação no dia 05 de agosto do mesmo ano. O ASMJP está localizado no Engenho Mussuré, na fazenda Mumbaba III, zona sul do município, saída para Recife, próximo a BR – 101 Sul, com distância aproximada de 5,0 km para o bairro das Indústrias, centro urbano mais próximo da área, à margem direita da BR 101, distante aproximadamente 19 km do centro comercial da capital paraibana. Essa área de 100ha foi selecionada após muitos estudos visando um equacionamento dos problemas ambientais decorrentes dos resíduos sólidos.

Tchobanoglous e O’Leary (1993) indicam o aterro sanitário como uma das maneiras mais adequadas para a disposição final dos resíduos sólidos, já que se refere a uma técnica de

engenharia, sendo projetado/operado com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e à saúde pública. Na opinião de Jucá *et al.* (2013), um aterro sanitário também pode ser considerado uma unidade de tratamento de resíduos, já que decompõe a matéria orgânica, mineralizando ou inertizando os resíduos.

A Figura 35 mostra uma imagem de satélite (2016) com destaque para a área do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa.

Figura 35 - Imagem de satélite de do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa



Fonte: Google Earth, 2016

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2008), os aterros sanitários são a forma predominante de tratamento e disposição final dos resíduos, com valores em torno de 36 a 85%. A reciclagem e compostagem dos resíduos (14 – 38%) se faz presente em todas as regiões americanas, e a incineração com geração de energia, tem seu uso principalmente limitado nos estados da Costa Leste, como Nova Inglaterra e áreas do Atlântico Médio (EPE, 2012). Conforme Jucá *et al.* (2014), uma pequena parte dos RSU é descartada ilegalmente. Entretanto, o governo tem investido na eliminação de áreas com destinação inadequada.

A operação do ASMJP está prevista para durar vinte e um (21) anos, sendo composta por vinte e quatro (24) células (RSU), 5 células especiais, células para Resíduos de Saúde, células p/ Resíduo Industrial, um viveiro de mudas para reflorestamento, escritórios, vias de acesso, laboratório, alojamentos, galpão de triagem de resíduos recicláveis e oficina. A Figura 36 mostra a operação da Célula C25A em operação em 2016.

Figura 36 - Imagem da operação da Célula C25A de RSU do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Figura 37 mostra o Galpão de Triagem do Aterro, os escritórios, algumas vias de acesso, laboratório, alojamentos, e a oficina.

Figura 37 - Localização do Núcleo de triagem do ASMJP



Fonte: JOÃO PESSOA (2014b)

A gestão dessa unidade de triagem envolve interesses diversos, catadores, a EMLUR, a PMJP e os gestores do ASMJP. De acordo com o Relatório de Monitoramento do Aterro Sanitário (2015) foi feita uma análise geral acerca dos materiais encaminhados para o galpão (Tabela 20).

Tabela 20- Resíduos da Central de Triagem em relação ao total pesado no Aterro Sanitário

ANO	Resíduos descarregados nas células domiciliares (tonelada)	Resíduos descarregado Galpão de Triagem (tonelada)	Resíduos do Galpão de Triagem em relação ao total pesado no Aterro (%)
2010	392.818,98	28.483,00	7,25
2011	411.910,20	24.602,00	5,97
2012	431.108,46	23.478,00	5,45
2013	460.925,91	16.916,34	3,67
2014	506.784,40	18.225,79	3,60
2015	478.415,40	11.810,61	2,47
Média (t/ano)	446.993,89	20.585,96	4,73

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Na Tabela 20 verifica-se a análise da relação dos resíduos da Central de Triagem em relação ao total de resíduos descarregados nas células domiciliares do Aterro Sanitário, com análise a série histórica de seis anos, observa-se que neste período uma média de 4,73% dos resíduos não foram dispostos no referido aterro. No período, também observa-se uma significativa redução do percentual de materiais destinados ao galpão.

Segundo a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015) desde 2007 até 30/06/2016 o ASMJP recebeu 3.655.841,55 toneladas de RSU (Tabela 21).

Tabela 21- Quantidade de resíduos sólidos recebidos no ASMJP até 2015

ANO	RESÍDUOS SÓLIDOS (toneladas)							TOTAL
	Alhandra*	Santa Rita	Conde	Cabelelo	Bayeux	João Pessoa	Outros	
2007	-	31.937,00	10.232,00	26.383,00	23.486,00	397.393,00	9.194,00	498.625,00
2008	-	51.925,66	10.973,21	38.895,26	27.026,65	330.479,94	12.592,53	471.893,25
2009	-	36.342,56	10.549,45	35.361,04	24.132,27	329.370,03	9.740,16	445.495,51
2010	-	28.853,81	9.752,04	32.503,51	23.025,71	392.818,98	10.824,51	497.778,56
2011	-	37.017,99	11.621,15	32.778,68	28.699,79	411.910,20	11.315,13	533.342,94
2012	-	43.586,93	12.195,70	31.403,80	30.067,13	431.108,46	21.867,43	570.229,45
2013	2.354,39	66.080,60	7.820,34	37.495,36	36.778,13	460.925,91	31.640,83	643.095,56
2014	5.297,24	64.546,87	11.813,45	34.296,97	27.555,75	506.784,40	69.541,43	719.836,11
2015	4.940,67	67.125,34	8.619,53	49.335,25	32.650,23	478.415,40	17.837,04	658.923,46
<b>Total</b>	<b>2.354,39</b>	<b>295.744,55</b>	<b>62.647,89</b>	<b>234.820,99</b>	<b>193.215,68</b>	<b>2.749.087,80</b>	<b>107.474,59</b>	<b>3.645.345,89</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A Tabela 21 mostra a soma total de resíduos sólidos recebidos no ASMJP de 05/08/2003 a 30/06/2015, segundo a participação por Prefeituras Municipais e outros clientes (empresas, indústrias e órgãos públicos). Em janeiro de 2002 foi instituído, juridicamente, o Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana de João Pessoa – CONDIAM – que atende sete municípios que fazem parte da grande João Pessoa: Cabedelo, João Pessoa, Bayeux, Santa Rita, Conde, Cruz do Espírito Santo e Lucena. (JOÃO PESSOA, 2014b). Da capital paraibana, todo resíduo coletado proveniente de atividades de limpeza urbana, executados pelas empresas terceirizadas e pela EMLUR, é destinado ao Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. Este aterro recebe também os resíduos dos municípios de Cabedelo, Bayeux, Santa Rita e Conde organizados em consórcio e do município de Alhandra, desde 2013.

Conforme observa-se na Tabela 21 a PMJP detém cerca de 75,41% do material que entra no aterro, o que gera uma média anual de 305.454,20 toneladas. (AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, 2015).

Segundo o PMGIS o sistema integrado de destinação final dos resíduos sólidos proposto para a área metropolitana de João Pessoa – PB prevê o tratamento e destinação final com capacidade de tratar desde 1100t/dia dos resíduos sólidos urbanos no primeiro ano, até absorver a produção gerada em 21 anos, que será de 8.431.500 toneladas. (JOÃO PESSOA, 2014b).

O dimensionamento das células utilizadas para receber os resíduos domiciliares e público do aterro sanitário Metropolitano de João Pessoa é baseado no princípio de maior reaproveitamento da área para obtenção de uma vida útil de vinte e um anos. Neste sentido, a operação destas células está prevista até 2024.

Figura 38 – Vista aérea das Células e do sistema de tratamento de chorume do ASMJP



Fonte: JOÃO PESSOA (2014b)

A Tabela 22 mostra a quantidade de resíduos sólidos recebidos nas quatro células do Módulo I mais o disposto nas células C5, C6, C7, C8, C9, C9, C10, C25 e C25A C25, bem como, o período inicial e de encerramento das mesmas e a média diária de disposição dos resíduos de 2003 a 2016.

Tabela 22 - Resíduos sólidos dispostos nas células domiciliares, no período de 05-08-2003 a 30-06-2016

Células	Período		Dias	Massa de Resíduos Sólidos (t)	Média diária (t/dia)
(C1 a C4)	05/08/2003	12/02/2007	1.230	1.239.914,00	1.008,06
C5	12/02/2007	12/01/2008	336	401.639,00	1.195,35
C6	13/01/2008	30/12/2008	351	411.826,00	1.173,29
C7	30/12/2008	02/12/2009	336	362.866,00	1.079,96
	04/11/2013	08/11/2013	5	5.399,00	1.079,80
C25	26/11/2009	06/11/2013	1.273	1.456.918,00	1.144,48
C8	01/02/2013	15/07/2013	165	179.815,00	1.089,79
	08/10/2013	18/10/2013	10	8.708,00	870,80
	01/11/2013	08/11/2013	8	8.600,00	1.075,00
C9	09/11/2013	11/07/2014	246	260.580,00	1.059,27
C10	12/07/2014	28/02/2015	231	439.901,00	1.904,33
C25A	25/02/2015	30/06/2016	512	442.170,00	863,61
	Total		4.066	5.218.336,00	1.128,65

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

A Tabela 22 subsidia a conclusão da análise acerca de como a coleta seletiva pode contribuir para a otimização da vida útil do aterro que foi programado para, em 21 anos, receber 8.431.500,00 toneladas de resíduos e que até junho de 2016 já havia recebido 5.218.336,00, o que gera uma média de 1.128,65 t/dia.

De acordo com o projeto do ASMJP e com os dados já expostos nesta produção há para João Pessoa, considerando seu uso no ASMJP nos últimos nove anos de 75,41% das células do aterro, espaço para dispor 2.423.046,97 toneladas nos próximos oito anos de operação. Ocorre que, seguindo a média de disposição diária calculada e exposta na Tabela 22 de 1.128,65 t/dia, esse espaço será ocupado em 5,88 anos, e não em oito como se espera.

#### 4.4.3.1 Otimização do Aterro Sanitário de João Pessoa

O Brasil encontra-se em uma fase de transição, onde muitos lixões já foram fechados e novos aterros foram abertos, mas existe ainda um elevado percentual de municípios que dispõem seu resíduo sólido em lixões. Independente da disposição, é predominante o uso do solo, que com o crescimento dos municípios torna-se um recurso cujo estoque natural é limitado. Em alguns países, devido à escassez da terra, o custo pelo uso do solo é muito alto chegando a ser compensadora a utilização de tecnologias mais onerosas (NÓBREGA,2003).

Analisando a Tabela 22 percebe-se que em quase 13 anos, cerca de 5.218.336,00 t, em percentuais, 61,89% da disponibilidade de recepção de resíduos já foi utilizada. Restam para os próximos 8 anos espaço para a disposição de 3.213.164 t de RSU. Considerando, que o município de João Pessoa, ocupa 75,41% desse volume, tem-se a expectativa do envio de 2.423.046,97 toneladas nos próximos oito anos. Ocorre que com a média de geração diária de 1.128,65 toneladas, o município supracitado, terá apenas mais cinco anos e 7 meses de disposição final, considerando as propostas de operação do projeto do ASMJP. Um novo cenário deve ser pensado, estratégias operacionais e de gestão, tanto do ASMJP quanto da EMLUR devem ser colocadas em prática.

Entende-se que a coleta seletiva é um instrumento que pode e deve otimizar esse resultado. Sendo assim a tabela 23 mostra dados das quantidades de resíduos da Coleta Seletiva e da Central de Triagem e seus percentuais em relação a Coleta Convencional.

Tabela 23 – Resíduos recicláveis por tipo de Coleta do município de João Pessoa e seus percentuais de comercialização

ANO	Coletados pela Coleta Convencional	Núcleos da Coleta Seletiva		Galpão de Triagem		Total da Coleta Seletiva	Percentual de Aproveitamento da Coleta Seletiva
	(t)	(t)	%	(t)	%	(t)	%
2010	220.818,00	1.179,36	0,53	2.338,00	1,06	3.517,36	1,59
2011	260.963,00	935,66	0,36	1.611,00	0,62	2.546,66	0,98
2012	239.441,00	865,24	0,36	1.806,00	0,75	2.671,24	1,12
2013	238.263,44	1.325,11	0,56	2.101,09	0,88	3.426,20	1,44
2014	242.961,81	1.929,26	0,79	1.997,52	0,82	3.926,78	1,62
2015	243.999,10	1.457,82	0,60	1.595,71	0,65	3.053,53	1,25

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

Analisando os percentuais calculados (Tabela 23), percebe-se que por mais que exista um investimento da Prefeitura para manter o programa de coleta seletiva, a maior parte dos resíduos recicláveis de João Pessoa provêm da Central de Triagem. Em 2010, o volume foi aproximadamente 100% superior à quantidade de resíduos comercializada pelos Núcleos da Coleta Seletiva. À medida que os catadores conseguem atingir a um maior número de adesões, esse percentual vai caindo e chega a 9,45% em 2015. Na Tabela 23 estão expressos os percentuais dos núcleos e do galpão em relação ao total de resíduos domésticos/comerciais coletados. A maior marca atingida pelos Núcleos da Coleta Seletiva foi em 2014 quando conseguiu comercializar 3,54% a menos que a Central de Triagem dos resíduos da coleta convencional.

Santos *et al.* (2012) afirmam que no Brasil, a prestação do serviço de coleta seletiva pelos municípios ainda é incipiente. Para os autores, existem algumas experiências bem sucedidas em municípios brasileiros, mas na maior parte são programas com baixa abrangência, pontuais em escolas, ou às vezes, apenas pontos de entrega voluntária, que não funcionam efetivamente.

De acordo com o CEMPRE (2012), Curitiba se encontra entre os municípios brasileiros com maior percentual de população atendida pela coleta seletiva. A quantidade de materiais comercializados cresceu 192% em seis anos. Segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Curitiba (2010) no ano de 2009, foram coletadas 437.904 toneladas de resíduos sólidos com a coleta convencional porta em porta, enquanto a quantidade de materiais recicláveis coletados com o mesmo sistema foi de 22.420 toneladas, ou seja, em torno de 5% da coleta tradicional. Santos *et al.* (2012) publicaram que o percentual de recicláveis recuperado no município de Santos corresponde a aproximadamente 2% do total disposto ao aterro sanitário. Segundo Jucá (2016) no Distrito Federal o índice de aproveitamento de materiais recicláveis é de 6% do total da massa.

Como já apresentado na análise gravimétrica, o município de João Pessoa possui potencial de reciclagem de 20,60%, a ineficiência do sistema é, provavelmente, por questões administrativas e operacionais, inclusive por parte das associações. Esse valor representa o percentual de resíduos do município que são aceitos pela indústria da reciclagem. A retirada desse material do aterro sanitário e sua devida absorção pela Coleta Seletiva traz vantagens sob vários aspectos, ambientais, sociais e econômicos.

A questão social da expansão programada da coleta seletiva, sempre é benéfica, principalmente quando se tem investimento da prefeitura sem cobrar contrapartida. Do ponto de vista ambiental, conseguirá aumentar a vida útil do ASMJP por meio da redução de resíduos

(não rejeitos) aterrados indiscriminadamente. Bovea *et al* (2012) colocam que a evolução e a otimização do processo de coleta seletiva é um parâmetro fundamental para melhorar o comportamento ambiental de um sistema de gestão de resíduos.

Expandindo a coleta seletiva em 26,73%, essa média diária de aterramento cai para 826,96 t/dia e as 2.423.046,97 toneladas só serão alcançadas em 8,03 anos. Uma queda de 20,60% de resíduos encaminhadas ao aterro gera uma redução de 301,68 t/mês.

Para Tchobanoglous *et al* (1993) a reciclagem pode aumentar a capacidade do aterro sanitário, além de melhorar a qualidade das cinzas dos incineradores e a qualidade do material da compostagem. O autor lembra dos cuidados merecidos pela reciclagem quando da mistura com materiais tóxicos.

Segundo Jucá *et al* (2014) outras abordagens para conseguir mais espaço e vida útil em aterros incluem a compactação adicional da massa de resíduos existente, estabelecimento de inclinações maiores nas laterais e ainda a utilização de antigas áreas viárias entre as células para depositar mais resíduos. Os autores ainda mostram que no Japão o número de locais de disposição final reduz a cada ano, sendo em 2008 de 1.823, e o volume residual de 121,84 milhões m<sup>3</sup>, estimado a serem preenchidos nos próximos 18 anos se a taxa de eliminação permanecer a mesma. Em 2009, o número de locais de disposição final diminuiu para 1.800, mas o tempo de vida útil restante do aterro aumentou para 18,7 anos (JUCÁ *et al*, 2014).

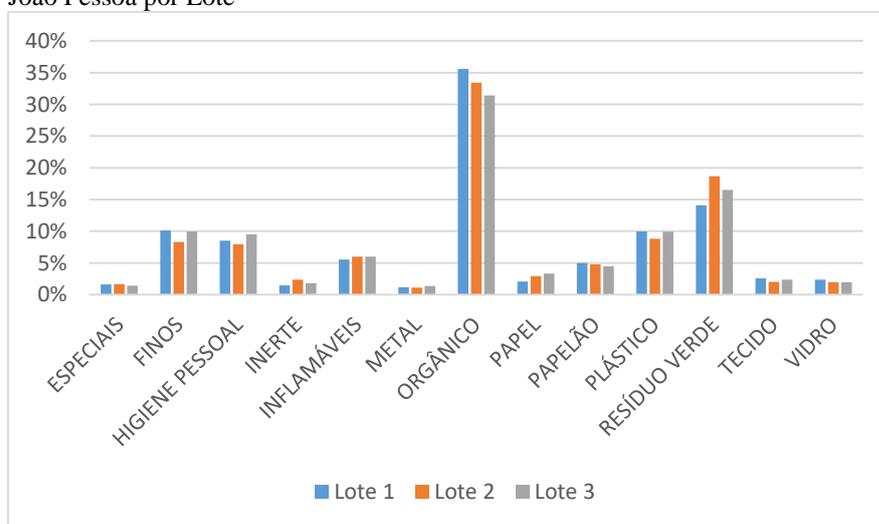
## 5 ROTAS TECNOLÓGICAS PROPOSTAS PARA JOÃO PESSOA, SEUS FLUXOS DE MASSA E DEMONSTRATIVOS DE CUSTO

Neste Capítulo são apresentadas as rotas tecnológicas propostas para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos do município de João Pessoa, os fluxos de massa, o demonstrativo de custos e as propostas de rotas tecnológicas para a gestão de RSU, conforme as diretrizes estabelecidas na metodologia. Tais diretrizes combinam aspectos tecnológicos, econômicos e socioambientais, tendo em vista as especificidades da gestão de resíduos em cada lote da pesquisa. O Capítulo parte de uma correlação das variáveis investigativas por lotes e setores a fim de se compreender a interferência da renda nos custos da gestão através do estudo dos Indicadores de Custo. Em seguida são apresentadas as rotas, conforme as alternativas de tratamento, e são levantados os quantitativos de massa e custos, objetivando uma análise comparativa entre os aspectos técnico-financeiros das rotas e seus respectivos percursos e massas coletadas. Por fim, ter-se-á uma base de informações que subsidiem o estudo de novos cenários da gestão dos RSU do município de João Pessoa.

### 5.1 Variáveis Investigativas dos RSU do município de João Pessoa por Lote

Das variáveis investigativas pesquisadas estão os quantitativos dos resíduos coletados em João Pessoa, estes foram levantados para os anos de 2014 e 2015 e por lote. São dados coletados diretamente dos relatórios diários do ASMJP. O Gráfico 17 mostra a gravimetria dos resíduos coletados por Lote.

Gráfico 17 - Gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos – Domiciliares, Comerciais e Públicos - coletados (t) em João Pessoa por Lote



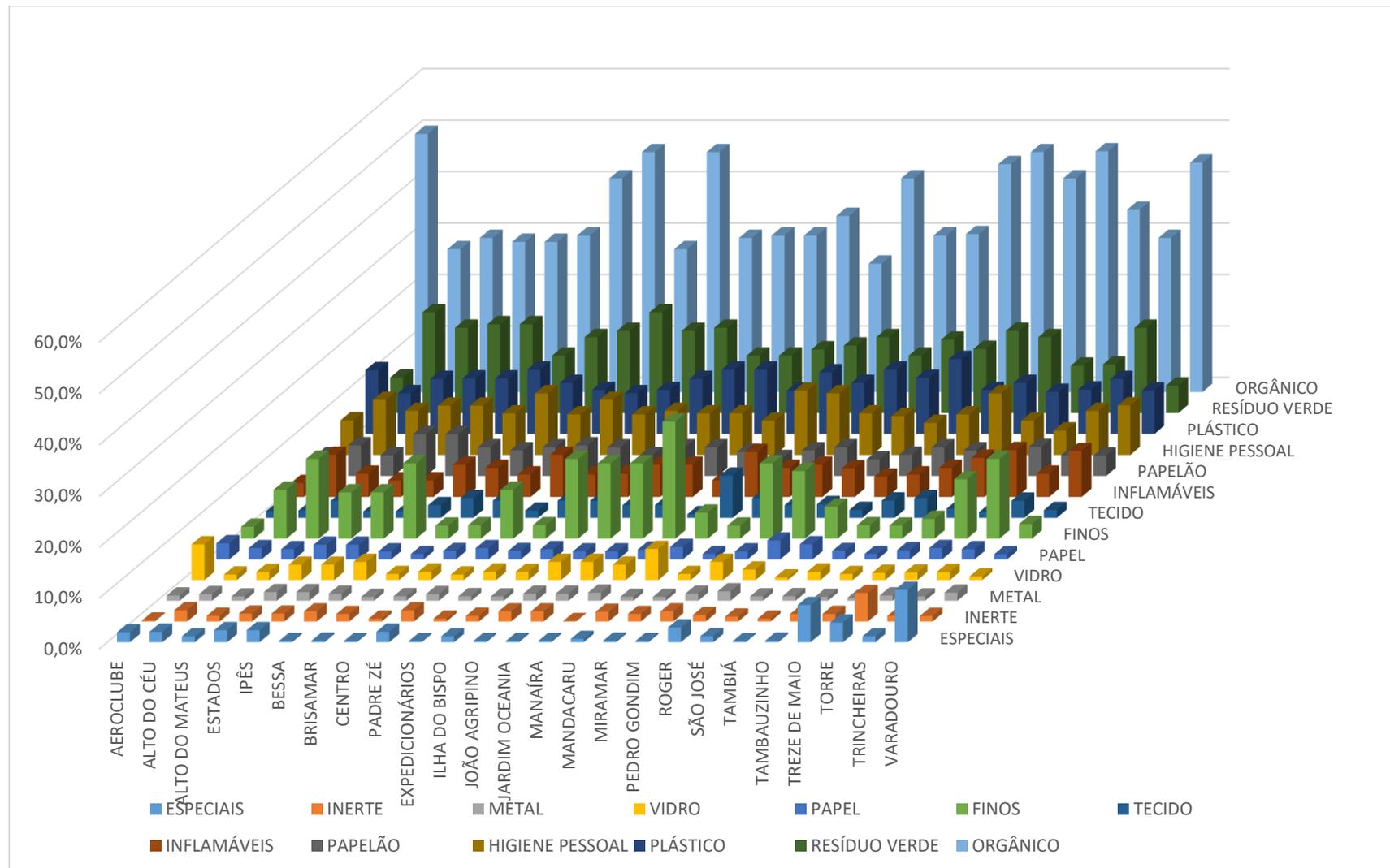
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

O Gráfico 17 mostra que quando analisada a gravimetria de cada Lote separadamente, alguns tipos de materiais têm comportamentos semelhantes, como o Metal, o Papelão, os Inertes e os Especiais. Os Lotes 1 e 2 apresentam a maior quantidade de resíduos Orgânicos. Apesar de ser Lote representativo da população com menor renda domiciliar, no Lote 3 observa-se um maior volume de resíduos da categoria Finos, Higiene Pessoal, Inflamáveis, Plásticos e Resíduos Verdes, em relação aos Lotes 1 e 2. O grande percentual de orgânicos sugere um planejamento que envolva o aproveitamento desse material.

Os quantitativos gravimétricos são importantes para compreensão das características e comportamentos das rotas tecnológicas, sendo assim a pesquisa elaborou a gravimetria conforme os lotes da pesquisa. Assim, foram estruturados gráficos para cada Lote com o detalhamento da gravimetria por bairro (Gráficos 18, 19 e 20).

Gráfico 18 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 1



No Gráfico 18 fica evidente a predominância da massa orgânica, chegando a picos de quase 60% dos resíduos como ocorre no Bairro do Aeroclube. O menor percentual de massa orgânica foi percebido no Bairro de Mandacaru.

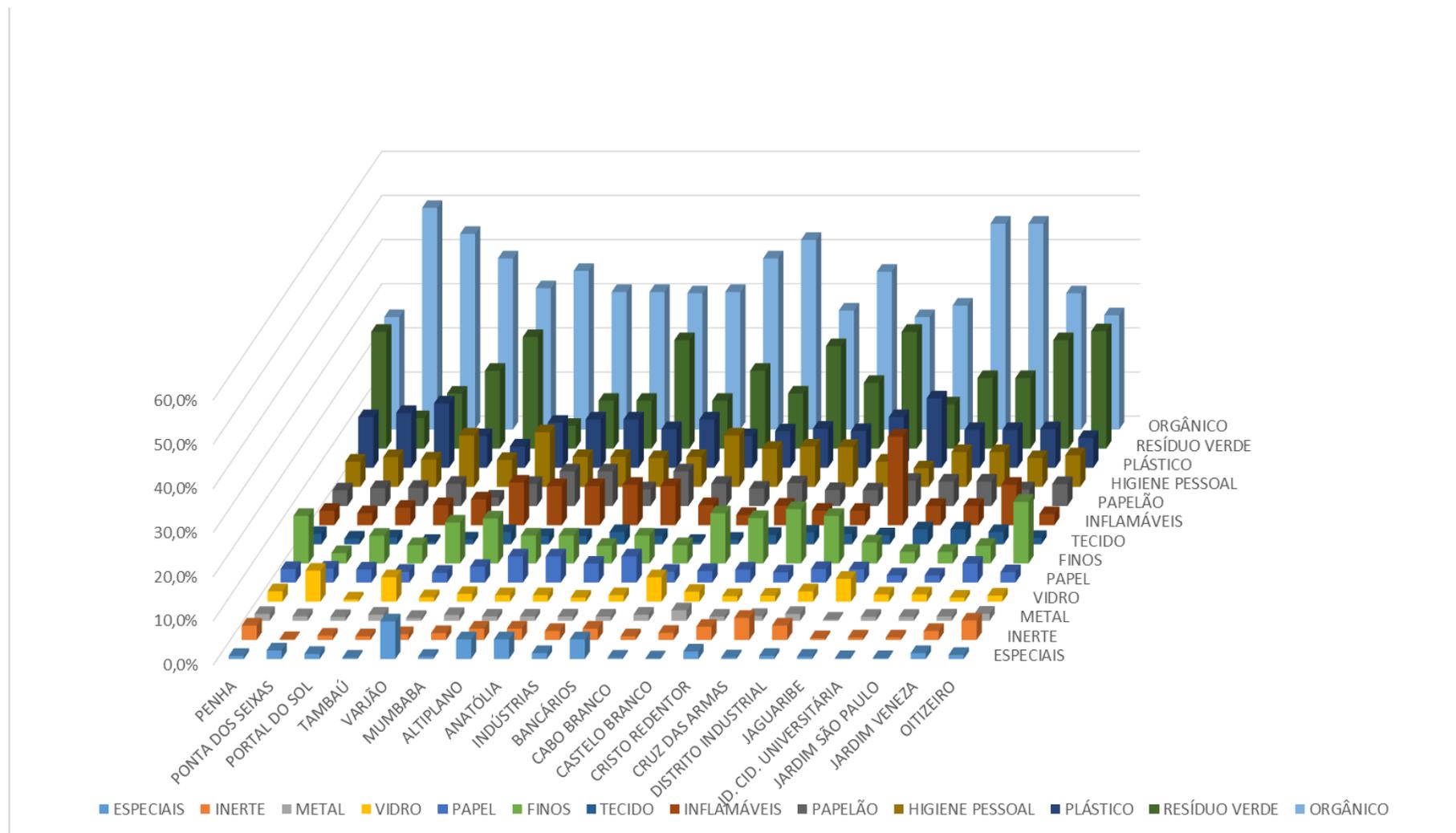
Em seguida à massa orgânica de resíduos constam os resíduos Verdes que representam todos os tipos de podas que porventura tenham sido dispostos à coleta convencional e cocos. A média desses componentes no Lote 1 está entre 10 e 20%, tendo seus maiores geradores o Bairro do Expedicionários e o Alto do Céu (Gráfico 10). Vale ressaltar que os resíduos verdes são resíduos orgânicos, de degradação mais lenta devido ao alto teor de carbono e celulose.

Analisando o Gráfico 18 pode-se observar que os plásticos, que agregam sacolas, pets, descartáveis e embalagens em geral, os produtos da Higiene Pessoal como papel higiênico, absorvente, fraldas e demais utensílios oriundos da higiene, aparecem no referido gráfico com valores semelhantes. Os papelões, os Inflamáveis e os finos mostram alguma representatividade no Lote 1, com destaque para os Inflamáveis nos bairros do Varadouro, Torre, Mandacaru e Padre Zé. O papelão desataca-se nos Bairros dos Estados e nos Ipês (Gráfico 18).

Os resíduos Especiais que representam materiais como óleos, colas, e produtos misturados com esses materiais, teve maior representatividade nos Bairros da Torre, Varadouro e Treze de Maio.

O Gráfico 19 mostra a gravimetria por bairros do Lote 2.

Gráfico 19 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 2



No Gráfico 19 observa-se uma variação da massa Orgânica de resíduos entre os bairros, com uma predominância na maioria, exceto no Bairro do Oitizeiro, no Distrito Industrial e na Penha, onde os resíduos Verdes tiveram uma representação um pouco superior. Em outras análises gravimétricas do município vale observar a superioridade dos Resíduos Verdes sobre os Orgânicos.

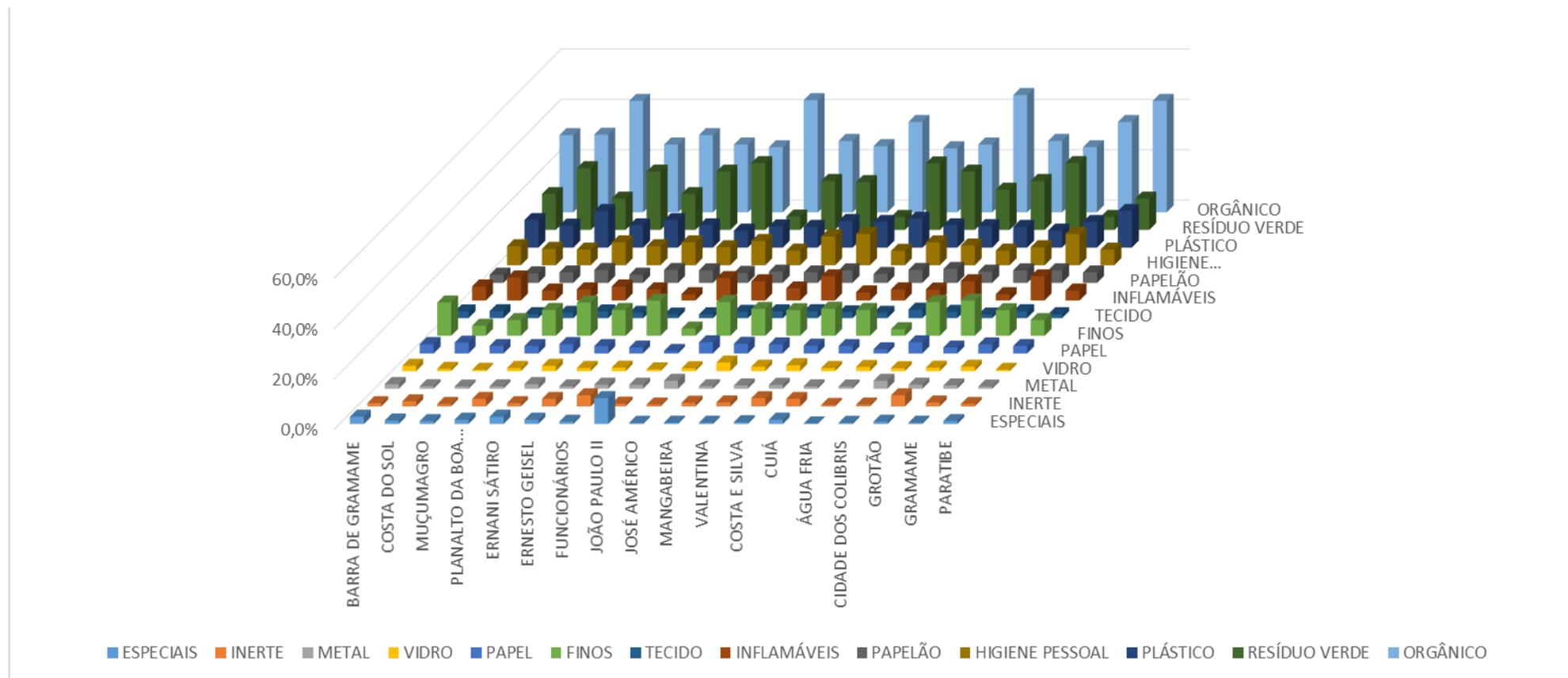
Observando o Gráfico supracitado verifica-se que, assim como no Lote 1, os plásticos os produtos da higiene pessoal do Lote 2 aparecem com valores semelhantes. O destaque dos Plásticos está nos Bairros de Jaguaribe e Portal do Sol e os produtos de Higiene Pessoal tiveram seus destaques nos Bairros de Mumbaba, Tambaú e Cabo Branco.

Os Papelões, os Inflamáveis e os Finos mostram alguma representatividade no Lote 2, com destaque para os Inflamáveis no Bairro de Jaguaribe e os Finos dos Bairros do Distrito Industrial, Oitizeiro, Cruz das Armas, Cristo Redentor e Castelo Branco (Gráfico 20).

Os resíduos Especiais, Papéis, Vidros, Metais e Inertes são pouco representativos e não apresentam grandes destaques (Gráfico 20).

O Gráfico 20 apresenta a gravimetria por bairros do Lote 3.

Gráfico 20 - Gravimetria dos resíduos por bairro do Lote 3



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2015)

No Gráfico 20 verifica-se uma variação da massa Orgânica de resíduos entre os bairros Paratibe e Muçumagro e os demais bairros do Lote. Paratibe e Muçumagro possuem em média 15% da sua massa de resíduos Orgânicos, enquanto outros como Costa do Sol, Ernani Sátiro e Ernesto Geisel, bairros de baixa renda média mensal domiciliar possuem mais de 40% da sua massa de Resíduos Orgânicos.

No que diz respeito aos Resíduos Verdes os Bairros de Cidade dos Coliris, Costa e Silva e José Américo trazem os maiores valores do Lote 3 (Gráfico 21).

Também no Lote 3 os plásticos e os produtos da higiene pessoal do Lote 2 aparecem sem grandes variações nos termos do Gráfico 20. Por este observa-se que os Papelões, os Tecidos e os Elementos finos apresentam valores semelhantes, nos quais se destacam os Bairros de Paratibe, Muçumagro, Barra de Gramame e Gramame.

Os resíduos Especiais, Papéis, Vidros, Metais e Inertes são pouco representativos e não apresentam grandes destaques (Gráfico 20).

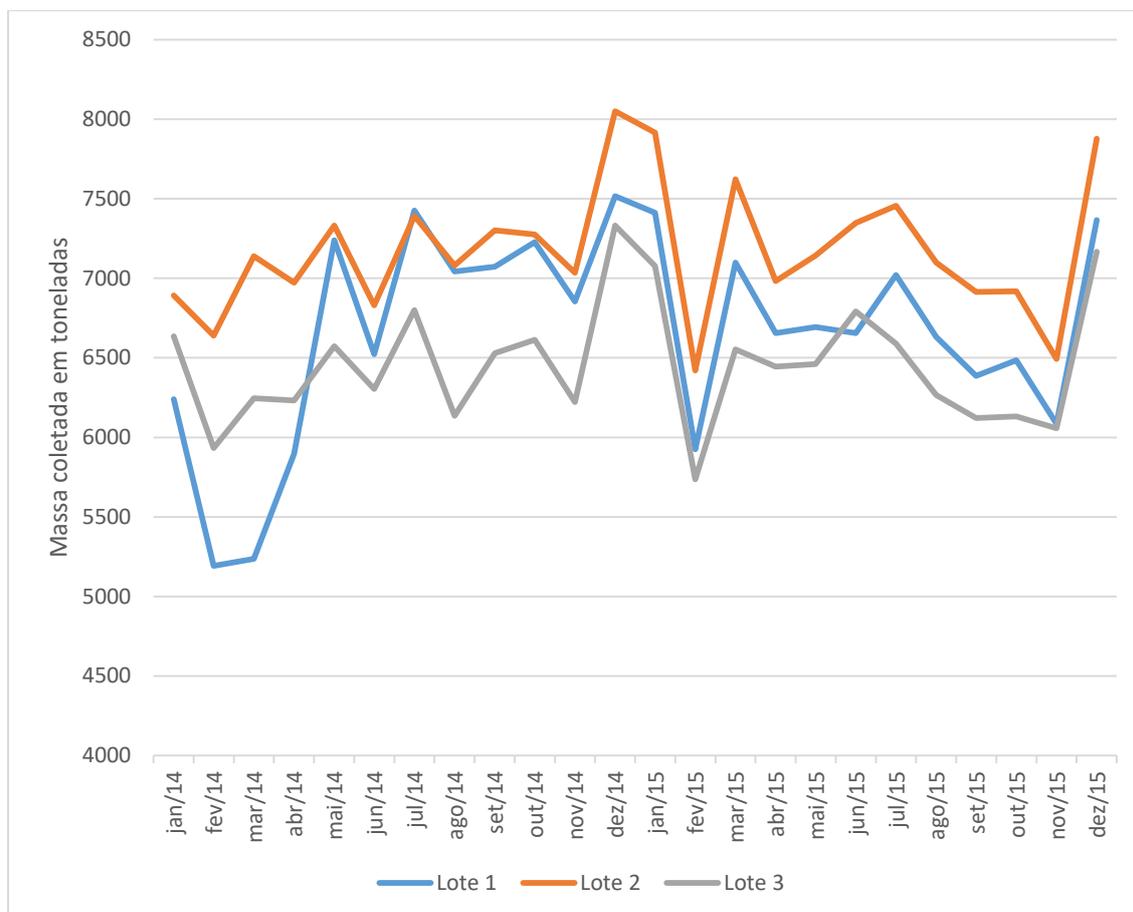
Pelas estimativas da US-EPA (2012), resíduos provenientes de residências representam 55% a 65% do total de RSU. Os resíduos comerciais (incluindo resíduos de escolas, instituições e empresas) constituem cerca de 35% a 45% do total dos resíduos urbanos. Entretanto, esses valores sofrem variações devido aos fatores locais e regionais, tais como clima e índice de atividades comerciais.

O Reino Unido e a Inglaterra, segundo o Government Statistical Service (2015) têm estimativas de geração de resíduos comerciais e industriais (C & I), calculados como parte do Regulamento sobre Estatísticas de Resíduos 2012. O termo " comercial e industrial" abrange uma gama de atividades econômicas baseadas em uma classificação da Comunidade Europeia (NACE Europeia), que inclui fabricação, processos industriais e de serviços empresas de base. As estimativas da Inglaterra são derivadas do 'Projeto Reconciliar ', tendo sido desenvolvida com metodologia própria, e apresentam em relatório oficial que os resíduos gerados em atividades econômicas comerciais e industriais no ano de 2012 somaram 47.6 milhões de toneladas. Nessa estatística os ingleses consideraram as lamas de dragagem e resíduos industriais.

Nos Estados Unidos, a cada ano a EPA produz um relatório chamado Gestão de Materiais Sustentáveis Avançando: fatos e números, anteriormente chamado Resíduos Sólidos Urbanos nos Estados Unidos: fatos e números. Ele inclui informações sobre resíduos sólidos urbanos municipal (RSU ) geração, reciclagem, e eliminação.

O Gráfico 21 mostra o levantamento dos quantitativos de massa coletado no município de João Pessoa por Lote.

Gráfico 21 - Resíduos coletados (t) em João Pessoa, mês a mês, por Lote



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Em análise ao Gráfico 21, de linhas elaborado com esses quantitativos, percebe-se a continuidade e frequência da coleta no município como um todo e nos lotes. Outra característica evidenciada é a influência sazonal na geração domiciliar de RSU. Pode-se afirmar que há influência aparente na oscilação da produção causada por questões meramente associadas aos meses do ano. Neste caso, as quedas nos quantitativos de resíduos ficaram evidentes entre fevereiro e março, após a alta de dezembro, além de influências climáticas e meteorológicas, há de se considerar o incremento dado na economia pelo pagamento do 13º salário (DIAS *et al*, 2012).

Em sua pesquisa em Belo Horizonte (MG) Dias *et al* (2012) fizeram uma observação similar de geração de resíduos por unidade de tempo com unidades geográficas, com a diferença de que os autores usaram a geração de resíduos equacionada pelo número de habitantes. Também para os autores a avaliação dos dados por segmentos, favorece a melhor análise do todo. Assim, a pesquisa segmenta seus lotes em setores, pois desta forma consegue-se observar

melhor o comportamento de discrepâncias das variáveis investigativas em uma unidade espacial menor.

O Gráfico 21 mostra também que o Lote 2 apesar de não ser o mais populoso, nem o que possui o maior número de domicílios, é o lote que possui a maior média mensal de coleta convencional, 7.182,49 t/mês. Os Lotes 1 e 3, mesmo com uma considerável diferença populacional, em torno de 40 mil habitantes, possuem uma média de coleta mensal de 6.701.17 toneladas e 6.449,60 toneladas, respectivamente. Esses valores representam uma das Variáveis Investigativas que permitem o cálculo de uma outra variável, fundamental para a análise das rotas, a geração per capita de resíduos, que foi calculada por meio da fórmula:

$$\text{Geração Per Capita} = \frac{\Sigma \text{ massa por Lote}}{\text{População do município}} \quad (\text{Equação 03})$$

A Geração per Capita do Lote 1 é de 0,905 kg/hab\*dia, a do Lote 2 é 0,930 e do Lote 3 é 0,759 kg/hab\*dia kg/hab\*dia. De maneira geral, a Geração Per Capita de resíduos sólidos urbanos domiciliares/comerciais/públicos de João Pessoa foi calculada em 0,89 kg/hab\*dia. O PMGIRS apresenta uma taxa de 0,94 kg/hab\*dia para os RSU, essa diferença é atribuída a especificidade da taxa a pesquisa, que não considera os quantitativos de Podas e RCD. (JOÃO PESSOA, 2014b). Em 2015 Medeiros, Paz e Morais Junior (2015) a autora estudou a relação espaço temporal da massa coleta de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa e comparou a taxa de geração per capita do ano de 2003, 0,70 kg/hab\*dia, como a calculada para o ano de 2010, que foi 0,81 kg/hab\*dia. Juntando esses dados, percebe-se o aumento da geração per capita de 2003 a 2010 de 16% e de 2010 a 2015 de 6%, de 2003 a 2015 o aumento foi de 23%.

No Quadro 18 tem-se os valores das Variáveis Investigativas levantados para cada Lote pesquisado no município de João Pessoa.

Quadro 18 - Variáveis Investigativas por Lote (valores mensais)

LOTES	BAIRROS	Renda Média Familiar	Número de Domicílios	População	Total de Resíduos Gerados	Geração per Capita (kg/hab.dia)	Densidade Demográfica (hab/km <sup>2</sup> )	Total de Km	Km/t
1	Bessa, Jardim Oceania, Aeroclube, Manaíra, Centro, Tambiá, Roger, Varadouro, Trincheiras, Padre Zé, Alto do Céu, Treze de Maio, São José, João Agripino, Brisamar, Mandacaru, Bairro dos Ipês, Ilha do Bispo, Alto do Mateus, Pedro Gondim, Bairro dos Estados, Torre, Expedicionários, Tambauzinho, Miramar	6.039,39	78.805	246.686	7.024,15	0,95	6.689,79	38.531,28	5,49
2	Tambaú, Cabo Branco, Jaguaribe, Ponta do Seixas, Praia da Penha, Portal do Sol, Altiplano, Cristo, Varjão, Cruz das Armas, Oitizeiro, Jardim Venezia, Distrito Industrial, Mumbaba, Mussuré, Jardim São Paulo, Anatólia, Jardim Cidade Universitária, Castelo Branco, Bancários	4.191,85	78.222	257.465	7.536,33	0,98	3.426,11	39.331,08	5,22
3	Costa do Sol, Mangabeira, Cidade Verde, Funcionários, Gramame, Cuiá, Muçumagro, Barra de Gramame, Cidade dos Colibris, José Américo, Água Fria, João Paulo II, Ernani Sátiro, Costa e Silva, Grotão, Planalto da Boa Esperança, Paratibe, Ernesto Geisel, Valentina	2.389,86	83.797	283.211	6.732,96	0,79	3.698,19	26.658,19	3,96

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

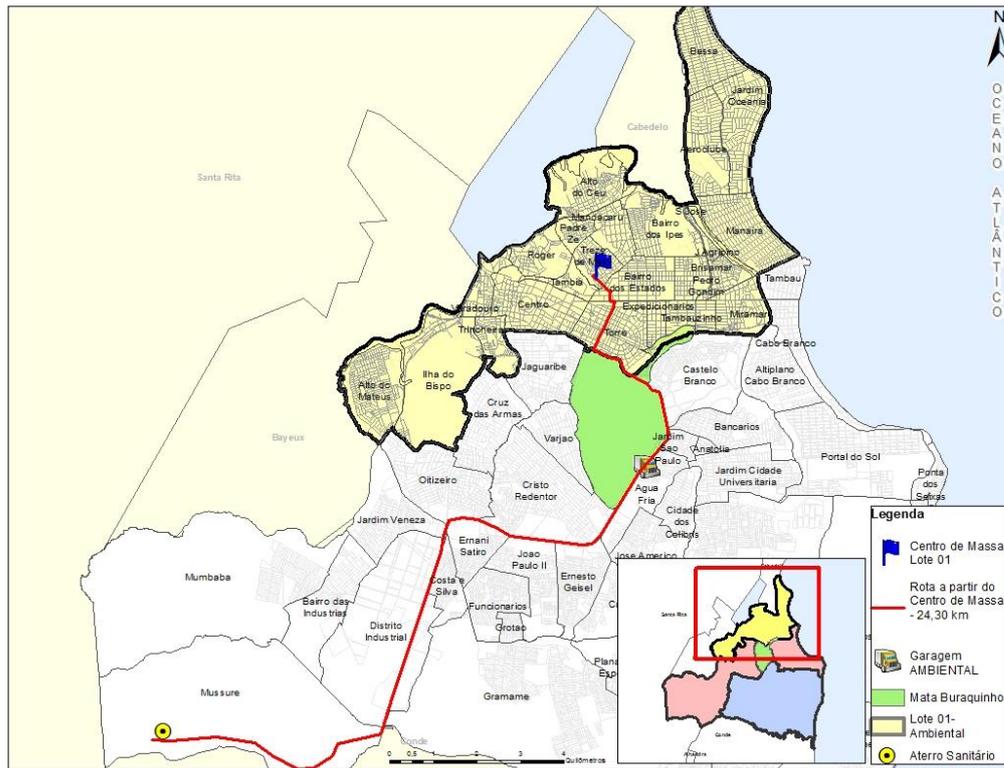
Nota: Dados da pesquisa (2016)

O Quadro 18 apresenta o resumo das Variáveis Investigativas levantadas e calculadas. Entre a renda média mensal domiciliar, o número de domicílios, a população, a densidade demográfica, o total de resíduos gerados no mês e o total de quilômetros percorridos para coletar esses resíduos, também estão presentes no quadro os valores calculados da geração de resíduos por habitante e a relação da quantidade de quilômetros percorrida para coletar cada tonelada de resíduos.

A seguir preceitos literários da gestão de resíduos, esperava-se que o Lote de maior renda estivesse associado a maior taxa de geração per capita, o que não ocorreu. O Lote 2 que possui a segunda maior renda média domiciliar possui uma geração per capita de 0,98 kg/hab\*dia, enquanto o Lote que possui a maior renda média domiciliar apresentou uma taxa de geração per capita de 0,95 kg/hab\*dia.

Outra variável estudada foi a relação Km/t. Busca-se através dela conhecer quantos quilômetros são percorridos pelos caminhões para realizar a coleta de uma tonelada de resíduos. Em observância à densidade demográfica dos lotes, para o Lote mais denso esperava-se uma menor relação km/t, e essa razão apenas foi confirmada no Lote 1, porém nos Lotes 2 e 3 o mesmo não foi observado. A pequena taxa do Lote 3 pode ser explicada devido a existência de grandes áreas desocupadas existentes nessa área como se observa nas Figuras 39, 40 e 41 que apresentam o mapa do município e suas rotas de coleta de resíduos por lotes e distâncias dos centros de massa ao aterro sanitário. Assim, com a base cartográfica, os dados vetoriais em formato *shapefile* (\*.shp) e as informações dos percursos da Coleta, foi elaborado o percurso do centro de massa de cada Lote até o aterro (Figuras 39, 40 e 41).

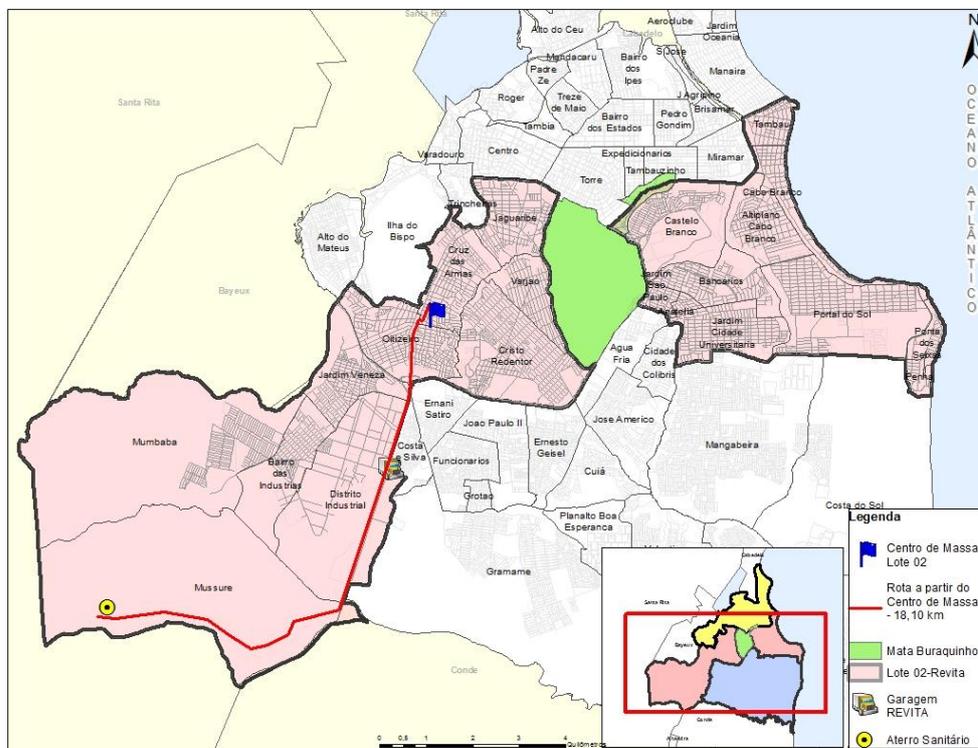
Figura 39 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 1 ao ASMJP



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

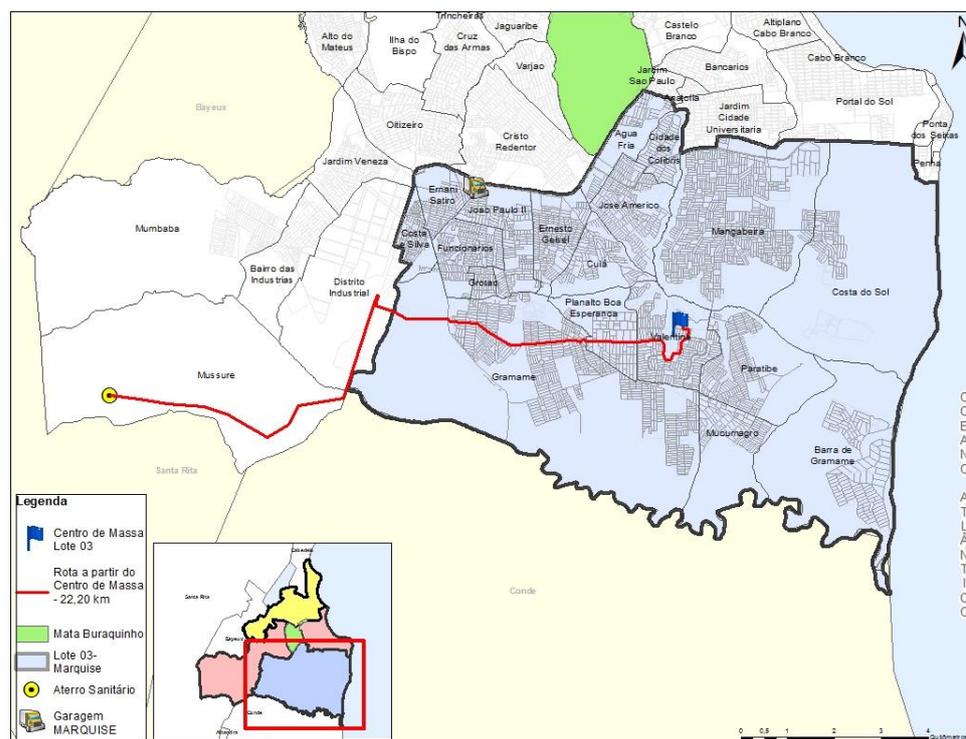
Figura 40 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 2 ao ASMJP



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Figura 41 – Percurso para cálculo da distância do Centro de Massa do Lote 3 ao ASMJP



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Foi constatado através das Figuras 39, 40 e 41 que a menor distância de centro de massa foi a do Lote 2, com 18,10 quilômetros, a maior foi a do Lote 1, com 24,30 quilômetros e o Lote 3, tem como distância do centro de massa ao ASMJP 22,20 quilômetros.

## 5.2 Correlação das Variáveis Investigativas da gestão dos RSU do município de João Pessoa por Setores e por Lotes

A avaliação dos dados por Setores favorece a melhor análise do Lote, pois consegue-se observar melhor o comportamento de discrepâncias das variáveis investigativas da pesquisa em uma unidade espacial menor. Assim, a seguir será analisada a gestão dos resíduos sólidos de João Pessoa por meio das variáveis definidas para a pesquisa

### 5.2.1 Variáveis Investigativas do Setor 1 (Lote 1)

Como já explicado em outros momentos o estudo da geração de resíduos dentro dos lotes, é muito abrangente. A primeira ideia de fragmentar o lote e detalhar os indicadores de geração, percursos e custos era fazer o estudo por bairros. Ocorre que devido a facilidades

operacionais alguns bairros têm seus percursos de coleta misturado a outros por questões geográficas ou até mesmo por quantitativos de massa. Essa mistura ocorre com bairros independente das classes sociais e isso desvia dos objetivos da pesquisa, que é entender as rotas por meio de variáveis como renda, geração, percurso e custos. Sendo assim, foram criados os setores, que são agrupamentos de bairros com diferentes classes sociais a fim de que se obtenham resultados representativos do Lote.

Diante do exposto, serão apresentados os dados referentes aos bairros que representam o Lote 1. A escolha dos setores já foi fundamentada no Capítulo 5.

Tabela 24 – Variáveis Investigativas dos bairros do Setor 1 e do Lote 1

Variável Investigativa	Classe A		Classe B		Classe C	Classe D	Classe E		Lote 1
	Manaíra	Estados	Treze de Maio	Torre	Ipês	Alto do Mateus	Padre Zé	São José	
População	28.845	8.158	8.489	16.619	9.979	17.809	7.618	7.742	246.686
Per capita (kg/hab*dia)	1,14	1,11	0,86	0,80	0,85	0,71	0,71	0,52	0,91
Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	10.824,71	7.175,23	9.687,89	7.106,17	4.197,42	6.661,62	14.183,30	22.328,08	6.689,79
Km/mês	5.159,54	1.977,83	1.270,78	2.318,74	717,97	1.127,60	969,08	554,38	38.531,28
Renda média	11.774,39	10.466,28	4.827,23	4.445,37	3.513,89	1.768,09	1.553,47	1.020,43	6.039,39
Média de Coleta (t/mês)	989,64	272,29	218,82	398,06	156,46	378,03	161,66	120,59	6.701,17
Km/t	5,21	7,26	5,81	5,83	4,59	2,98	5,99	4,60	5,75

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

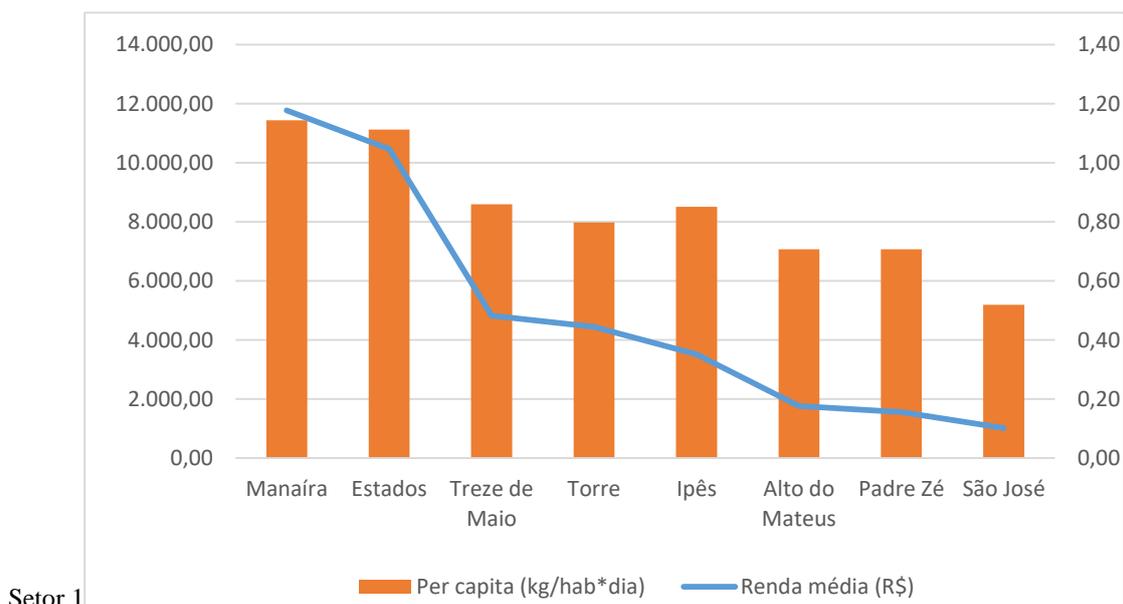
A maior população e a maior renda domiciliar estão concentradas no mesmo bairro que é Manaíra, que também possui a maior média de geração de resíduos e a maior taxa per capita, 1,14 kg/hab\*dia. Como no Lote 1 a Classe A tem um elevado percentual populacional, optou-se por estudar também o Bairro dos Estados, que assim como Manaíra, Treze de Maio, Torre e Ipês possui Coleta Seletiva. A taxa média de geração per capita do Lote 1 é alcançada apenas pelos bairros da Classe A, assim como a renda média domiciliar.

A Tabela 24 correlaciona as variáveis de análise das rotas dos oito bairros escolhidos a compor o Setor com as variáveis do Lote 1. Esses oito bairros correspondem a 42,67% da população do Lote 1 e a 13,37% da população de João Pessoa. Envolve o Bairro São José, pela particularidade de ser o bairro mais pobre e mais denso do município. No entanto, em termos de geração per capita, não é o que possui o menor índice. Pela tabela também se percebe que não há uma relação perfeita entre a densidade demográfica do bairro e a taxa de quilômetros

por toneladas. Nos bairros mais densos espera-se uma menor taxa de quilômetros por toneladas, o que realmente ocorre no Bairro São José, o que não ocorre no bairro menos denso e nos demais. Um estudo detalhado com ferramentas de geoprocessamento pode investigar melhor essa relação.

O Gráfico 22 demonstra a relação da renda média mensal domiciliar dos bairros que formam o Setor 1, com a geração per capita.

Gráfico 22 – Relação da Renda Média Domiciliar do Bairros com a Taxa de Geração Per Capita de Resíduos do



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

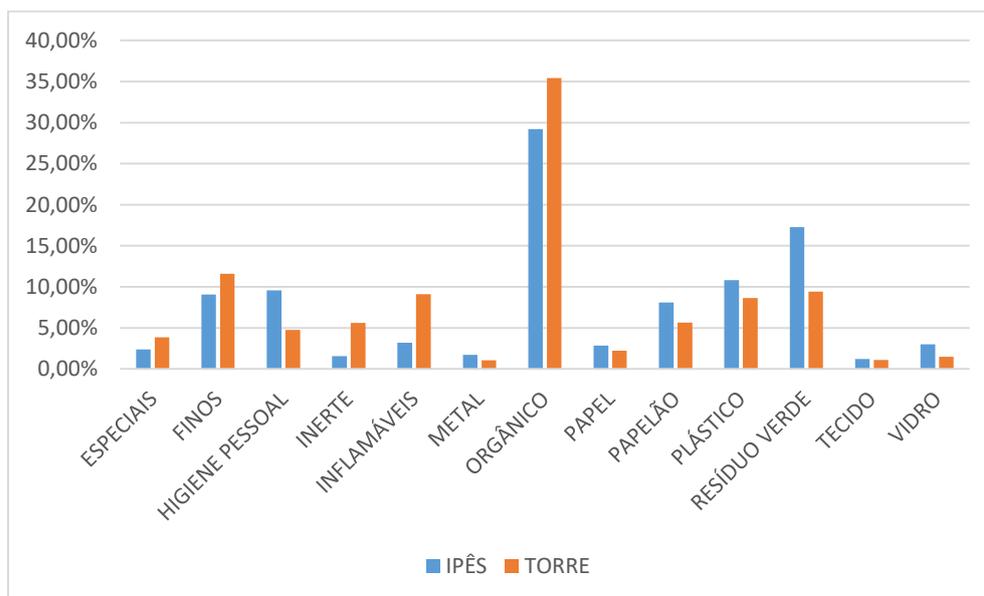
O Gráfico 22 mostra a relação da renda média mensal domiciliar dos Bairros do Setor 1 com sua respectiva taxa de geração per capita. Carvalho Júnior (2013) aponta algumas variáveis que podem influenciar no sistema de gerenciamento dos RSU, dentre eles está o rendimento médio da população. Para Melo, Sautter e Janissek (2009), em regiões com elevada renda econômica (maior poder aquisitivo), a geração de resíduos sólidos pela população é bem maior, com altos valores de geração per capita, e maior produção dos materiais recicláveis. Entretanto, em locais de baixa renda, a geração de resíduos orgânicos apresenta valores mais expressivos.

Diante do exposto e em análise ao Gráfico 22, percebe-se uma distorção no Bairro dos Ipês, quando a geração per capita de resíduos aumenta enquanto sua renda cai. Adiante seguem mais detalhes acerca dessas análises. A relação entre os resíduos gerados e quantidade de habitantes nem sempre possui o mesmo comportamento dentro do mesmo Lote. Como os

bairros estão dispostos em ordem decrescente de renda, esperava-se também uma linha decrescente. Entre os bairros da Torre e Ipês, a variação de renda é baixa o que sugere um equilíbrio entre as taxas per capita, em observância também da população. Ocorre que no Bairro da Torre há uma peculiaridade de encontrar-se uma grande concentração comercial o que distorce a geração per capita, por ter-se um aumento da geração de resíduos não correspondente a população. Além da concentração comercial, o Bairro da Torre assim como o Bairro dos Ipês, possuem mercados públicos que atraíram uma variedade de comércios e prestadores de serviços.

Para um parecer mais específico sobre essas duas unidades foi detalhada a gravimetria dos Bairros da Torre e Ipês.

Gráfico 23 – Gravimetria dos Resíduos dos Bairros da Torre e Ipês



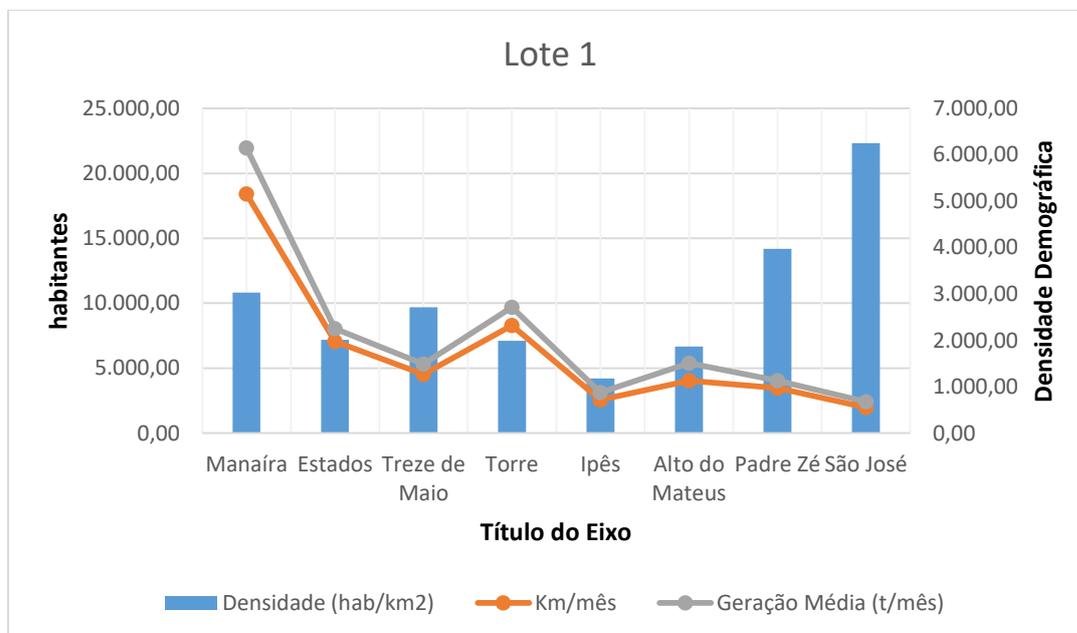
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

No Bairro da Torre também se concentra uma grande quantidade de oficinas o que explica o alto percentual de Inflamáveis (Gráfico 23) detectados na gravimetria. Outra característica observada nesses bairros é o alto percentual de Orgânicos, também explicada pela existência de dois mercados públicos. Outra observação pertinente à discussão é o percentual de resíduos Verde, que enquadram os materiais de poda, sementes e cocos. Entende-se que os diferenciais desses bairros devem estar entre essas categorias, mas só uma análise gravimétrica detalhada inclusive com pesagem in loco poderia esclarecer melhor esta distorção.

Também foram comparados os dados de percurso da coleta, calculados por meio do software de geoprocessamento ArcGIS®, e a massa de resíduos dos bairros informada nos relatórios da balança do ASMJP.

Gráfico 24 - Relação entre as variáveis de percurso e massa do Setor do Lote 1



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

A linha que representa quilometragem rodada pelos caminhões da coleta está sempre acompanhando a linha que representa a quantidade média de resíduos gerada por mês, o que induz a conclusão de que a coleta indiferenciada dos resíduos no município segue um planejamento coerente.

A densidade demográfica tem papel fundamental quando da análise de percursos de coletas de resíduos. É notório no Gráfico 24 que onde há uma elevação da densidade demográfica a tendência da linha de quilometragem é cair, mas essa análise deve ser associada à variável de geração, assim como, a um estudo detalhado de percursos.

### 5.2.2 Variáveis Investigativas do Setor 2 (Lote 2)

As variáveis investigativas do Setor 2 estão mostradas na Tabela 25:

Tabela 25 – Variáveis Investigativas do Setor 2

Variável Investigativa	Classe A	Classe B		Classe C	Classe D		Classe E	Lote 2
	Tambaú	Jd. Cidade Universitária	Bancários	Castelo Branco	Indústrias	Cruz das Armas	Jardim Veneza	
População	8.648	23.436	12.977	12.735	10.483	27.948	14.015	257.465
Per capita (kg/hab*dia)	1,87	0,78	0,62	0,75	0,61	0,67	0,52	0,98
Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	11.217,44	9.109,27	5.312,28	3.448,46	3.268,42	9.540,33	5.367,41	3.426,11
Renda média (R\$)	12.152,64	5.220,76	5.135,58	3.116,51	1.760,13	1.985,68	1.421,37	4.191,85
Km/mês	3.162,55	3.422,33	2.521,15	2.800,69	803,45	1.401,95	999,16	39.331,08
Média de resíduos coletados (t/mês)	484,44	546,88	240,48	287,67	190,37	564,99	220,44	7.536,33
Km/t	6,53	6,26	10,48	9,74	4,22	2,48	4,53	5,22

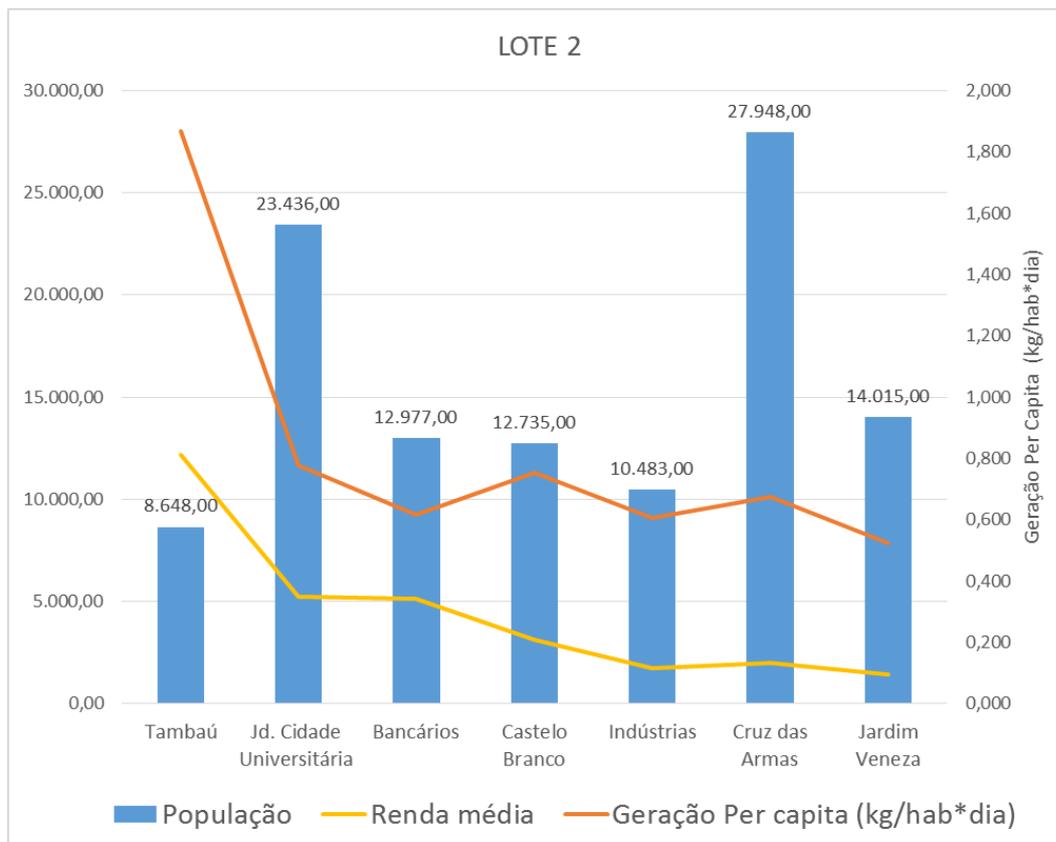
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015).

Nota: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 25 correlaciona as variáveis de análise os sete bairros escolhidos a compor o Setor. Esses bairros correspondem a 55,19% da população do Lote 2 e a 18,05% da população de João Pessoa. Envolve bairros de todas as classes sociais. A maior população está no Bairro de Cruz das Armas, seguido do Jardim Cidade Universitária. O maior número de habitantes está Bairro de Tambaú, bairro com segunda maior renda domiciliar do município e também a maior média de geração de resíduos e a maior taxa per capita do município 1,45 kg/hab\*dia. Como no Lote 2 as classes B e D têm uma elevada representação, optou-se por estudar dois bairros de cada, Jardim Cidade Universitária e Bancários, classe B, e Bairro das Indústrias e Cruz das Armas, classe D. Todos os bairros das classes A, B e C destes setor possuem cobertura da Coleta Seletiva.

O Gráfico 25 mostra a relação da renda média domiciliar mensal dos bairros que formam o Setor 2, com a geração per capita, geração mensal e densidade demográfica. Os bairros estão dispostos (da esquerda para a direita) da melhor para a pior renda média domiciliar.

Gráfico 25 – Correlação entre renda média domiciliar dos bairros do Setor 2 e sua Geração Per Capita, Geração Mensal, Densidade e População

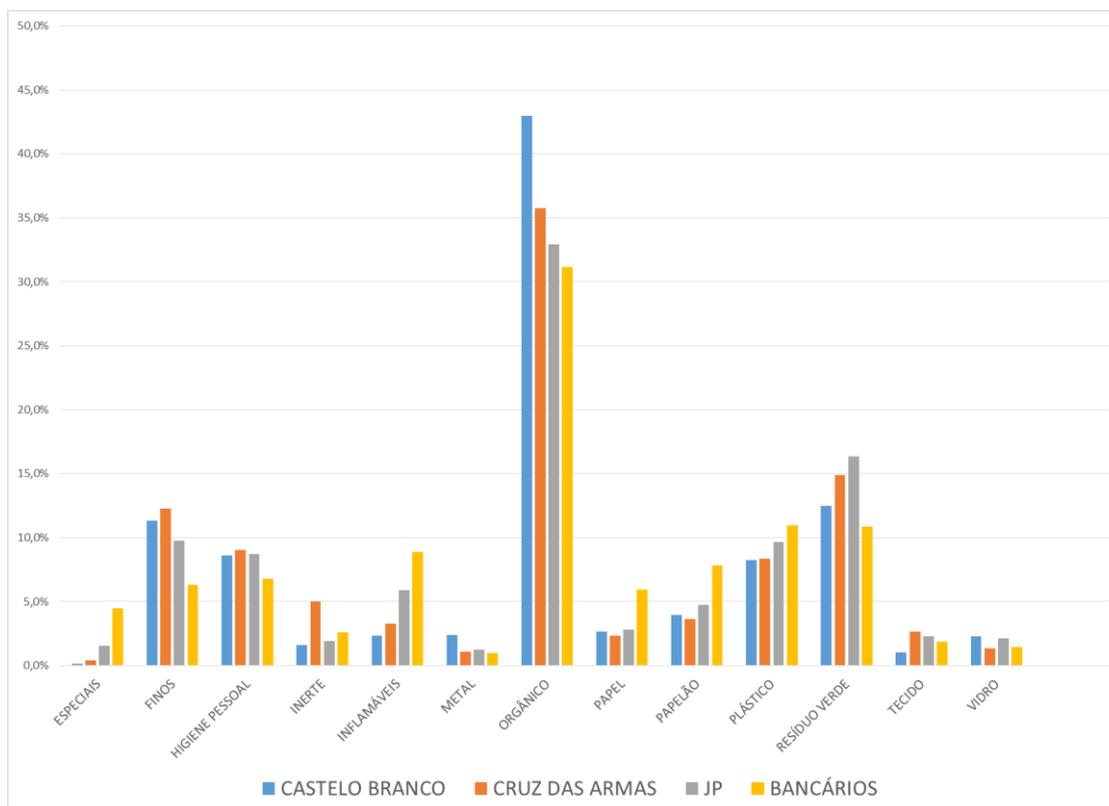


Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Diante do exposto e analisando o Gráfico 25, percebe-se uma relação dos dados da Renda Média Domiciliar dos bairros com a geração per capita de resíduos no Bairros de Tambaú, Cidade Universitária, Castelo Branco, Cruz das Armas e Jardim Veneza. A distorção é percebida nos Bairros de Bancários Castelo Branco e Cruz das Armas, onde o aumento da renda corresponde a um decréscimo da geração per capita. Tendo em vista a discrepância percebida no Gráfico 25, buscou-se investigar a gravimetria desses bairros (Gráfico 26).

Gráfico 26 – Gravimetria dos Bairros dos Bancários, Castelo Branco e Cruz das Armas e a média do município



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

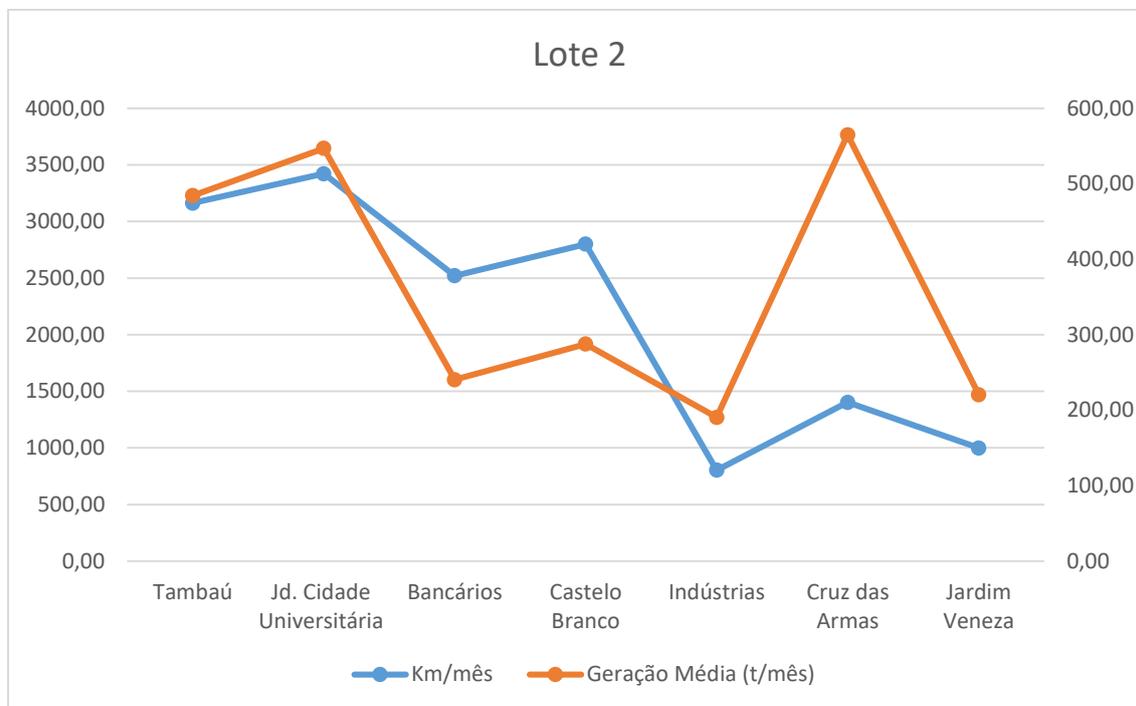
Nota: Dados da pesquisa (2016)

O Gráfico 26 mostra algumas suposições para as distorções do Bairro dos Bancários, que apresentou sua variável de Geração Per Capita abaixo do esperado para a renda de um bairro classe B. A gravimetria mostra um grande percentual de materiais Inflamáveis, acima inclusive da média do município, muito encontrado nas oficinas gerais, de Papel, Papelão e Plástico, também muito percebido em regiões de comércio. Apesar de ser um bairro misto, residencial e comercial, o retrato gravimétrico aponta mais as características comerciais, inclusive a redução da variável de Geração Per Capita, que no Lote 1, teve um média de 0,82 kg/hab\*dia, para a classe B.

A gravimetria do Castelo Branco não surpreende, nem as distorções quando associada aos dados do município e de bairros de mesmo poder econômico. O Bairro de Cruz das Armas, está entre os bairros mais populosos do município, apresentando um grande mercado público, vários estabelecimentos comerciais e instituições bancárias. Um ponto a ser sinalizado é o percentual de material Inerte no bairro, bem acima ao valor da média do município, o que sugere coleta irregular de RCC, ou de pequenas reformas.

Outra análise feita para o Setor do Lote 2 foi a relação entre o percurso da coleta e a média de resíduos coleta (Gráfico 27).

Gráfico 27 – Percurso da Coleta e Média de Resíduos Coletados no Setor do Lote 2



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

No Setor 2 há uma perfeita sintonia entre os dados pesquisados na variável Geração de Resíduos e o percurso percorrido para realização da coleta (Gráfico 27). Sempre que percebe-se picos na linha referente ao percurso da coleta também percebe-se na linha da geração de resíduos.

### 5.2.3 Variáveis Investigativas do Setor 3 (Lote 3)

Dentre as variáveis investigativas estudadas para a amostra espacial do Lote 3 estão a População, a Geração Per Capita, a Densidade Demográfica, a Renda Média Domiciliar da população, o tamanho do percurso da coleta mensal (km/mês), a relação entre o Percurso da Coleta e a Massa Coletada (km/t) e a média mensal de Geração de Resíduos dos bairros.

Tabela 26 - Variáveis Investigativas do Setor – Lote 3

Variável Investigativa	Classe C		Classe D		Classe E		Lote 3
	Ernesto Geisel	Mangabeira	João Paulo	Paratibe	Gramame	Grotão	
População	15.516	83.122	16.896	13.560	27.160	6.737	283.211
Per capita (kg/hab*dia)	1,03	0,72	0,51	0,81	0,50	1,01	0,79
Densidade (hab/km <sup>2</sup> )	7.258,96	7.104,34	6.892,46	2.765,11	1.722,08	18.892,64	3.698,19
Renda média (R\$)	3.304,95	2.487,72	2.247,44	1.602,88	1.527,53	1.483,29	2.389,86
Km/mês	1.680,98	6.136,70	1.118,24	1.882,33	4.019,64	289,15	26.658,19
Km/t	3,51	3,42	4,31	5,71	9,81	1,41	3,96
Geração Média (t/mês)	478,31	1.793,79	259,53	329,50	409,68	204,83	6.732,96

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

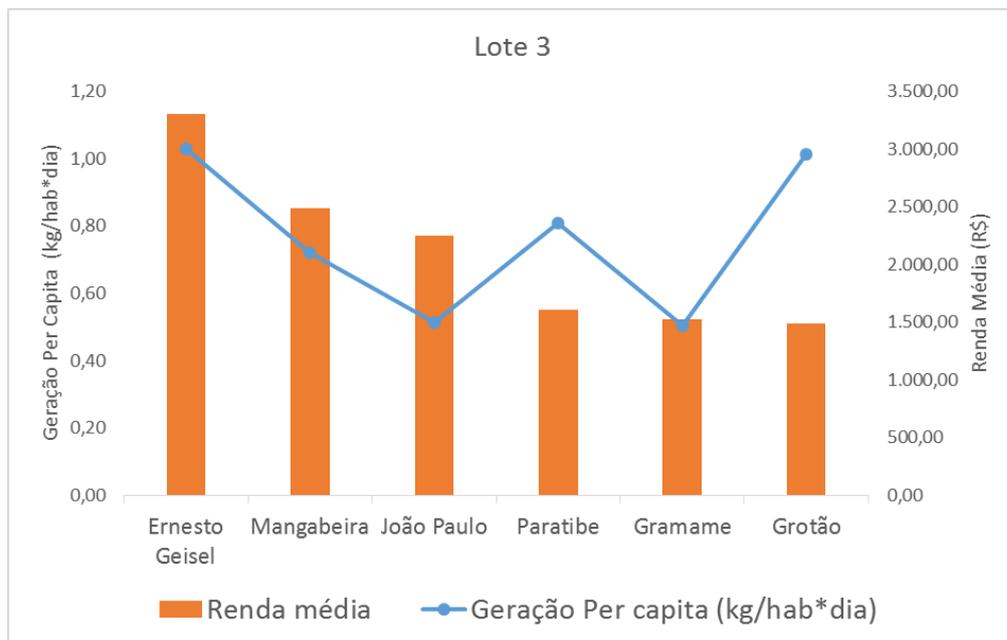
Nota: Dados da pesquisa (2016)

Analisando a Tabela 26 percebe-se as variáveis de análise das rotas dos seis bairros escolhidos a compor o Setor 3. Esses bairros correspondem a 57,55% da população do Lote 3 e a 20,70% da população de João Pessoa. Envolve bairros das classes sociais C, D e E, agregando o bairro mais populoso do município de João Pessoa que é Mangabeira. Outro bairro populoso mas com menor densidade demográfica é Gramame.

Como se vê na Tabela 26, a maior renda média domiciliar está Bairro de Ernesto Geisel que também possui a maior taxa de geração per capita do Setor 1,03 kg/hab\*dia. Pela falta de opções de estudo das classes A e B, optou-se por estudar dois bairros de cada classe, tendo apenas Mangabeira com cobertura da Coleta Seletiva.

O Gráfico 28 mostra a relação da renda média mensal dos bairros que formam o Setor 3, com a geração per capita. Os bairros estão dispostos da melhor para a pior renda média domiciliar (esquerda para a direita).

Gráfico 28 - Correlação entre renda média domiciliar dos bairros do Setor 3 e sua Geração Per Capita

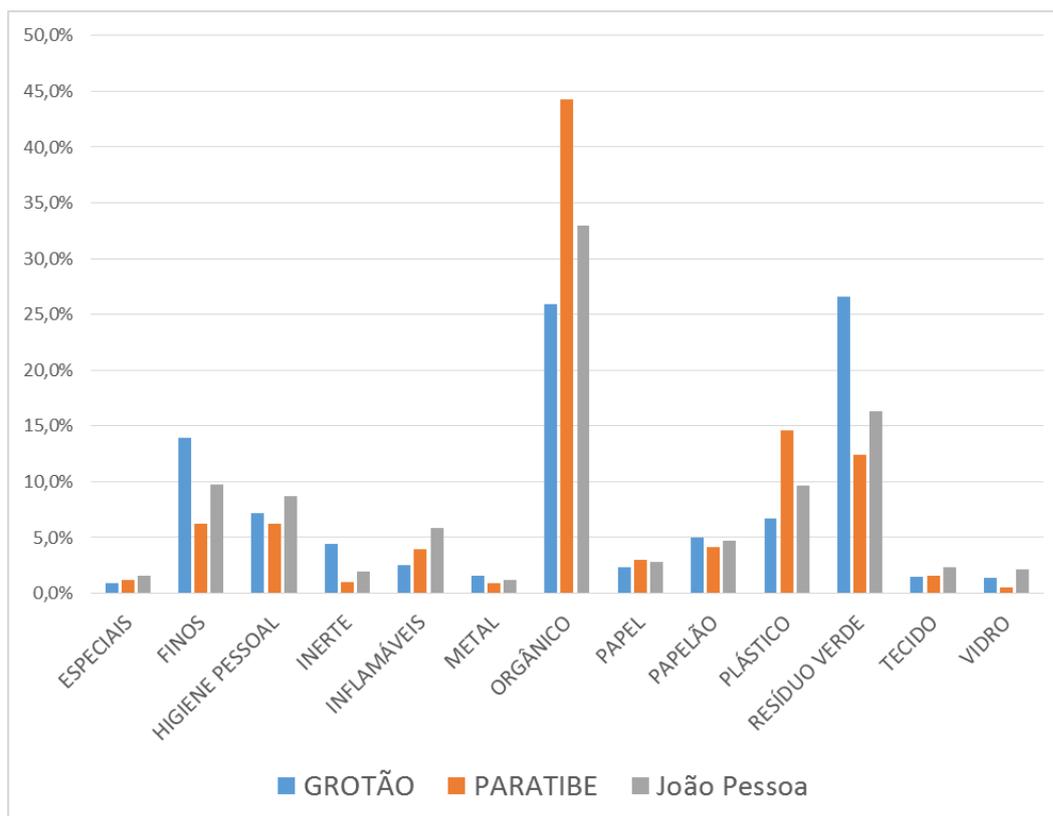


Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

No Gráfico 28 é mostrado a quebra de relação entre a renda domiciliar da população e a geração de resíduos quando a linha mostra um pico sobre Paratibe e sobre o Grotão, bairros que possuem rendimento médio domiciliar entre R\$ 1.600,00 e R\$1.400,00 e têm uma geração per capita de resíduos de classe alta. Por mais que existam programas sociais que estimulam o consumo nessas comunidades, surge o alerta para a investigação. Campos (2012) escreve sobre o tema e afirma que programas de transferência de renda do Governo Federal, que atendem a população pobre, como o Benefício de Prestação Continuada (BPC) e o Programa Bolsa Família (PBF), colaboram para que as famílias beneficiadas aumentem o seu consumo para suprir as suas necessidades básicas.

Gráfico 29 - Representação da Gravimetria dos Bairros de Paratibe e Grotão e média de João Pessoa



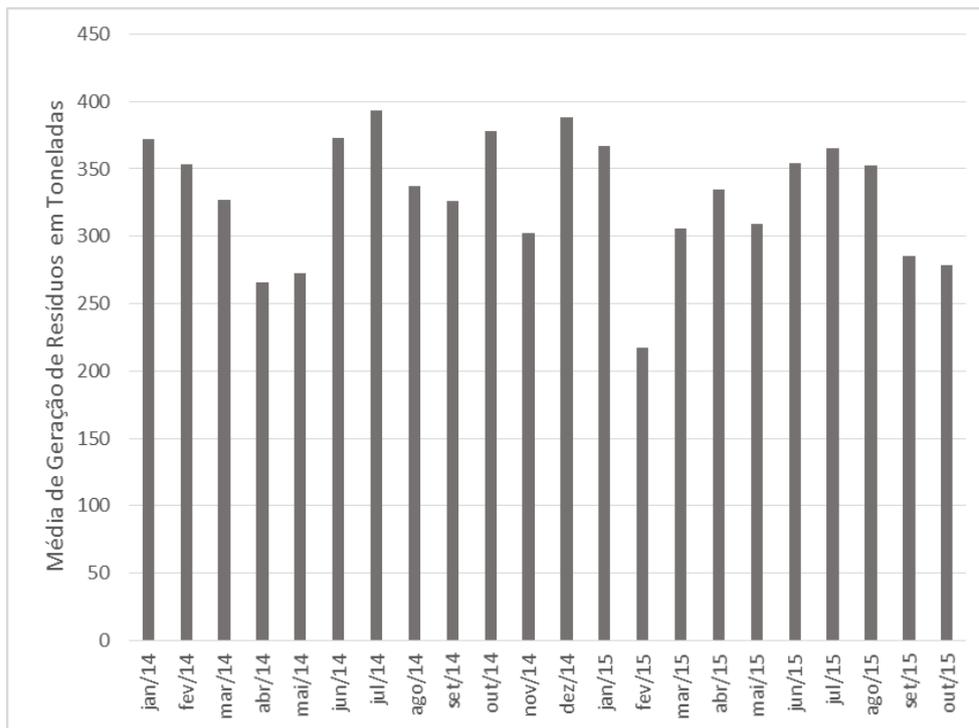
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

Observando o Gráfico 29 percebe-se um percentual dos elementos Fino, Papelão, Resíduos Verdes e Inertes acima da média municipal no Bairro do Grotão. Essa elevada geração, provavelmente, é devido a movimentação comercial e a presença de construções e/ou reformas, inclusive clandestinas, que incluem os resíduos da construção na a coleta de indiferenciada de resíduos. Outra evidência para essa tese é a de que os resíduos comumente encontrados em residências são os orgânicos e estes, especificamente para o bairro do Grotão, encontram-se abaixo da média municipal.

Quanto a Paratibe, a análise que se faz é que essa massa média de 329,50 t/mês é, provavelmente, devido a uma massa de resíduos domiciliares (Gráfico 30).

Gráfico 30 - Média mensal dos resíduos gerados em Paratibe



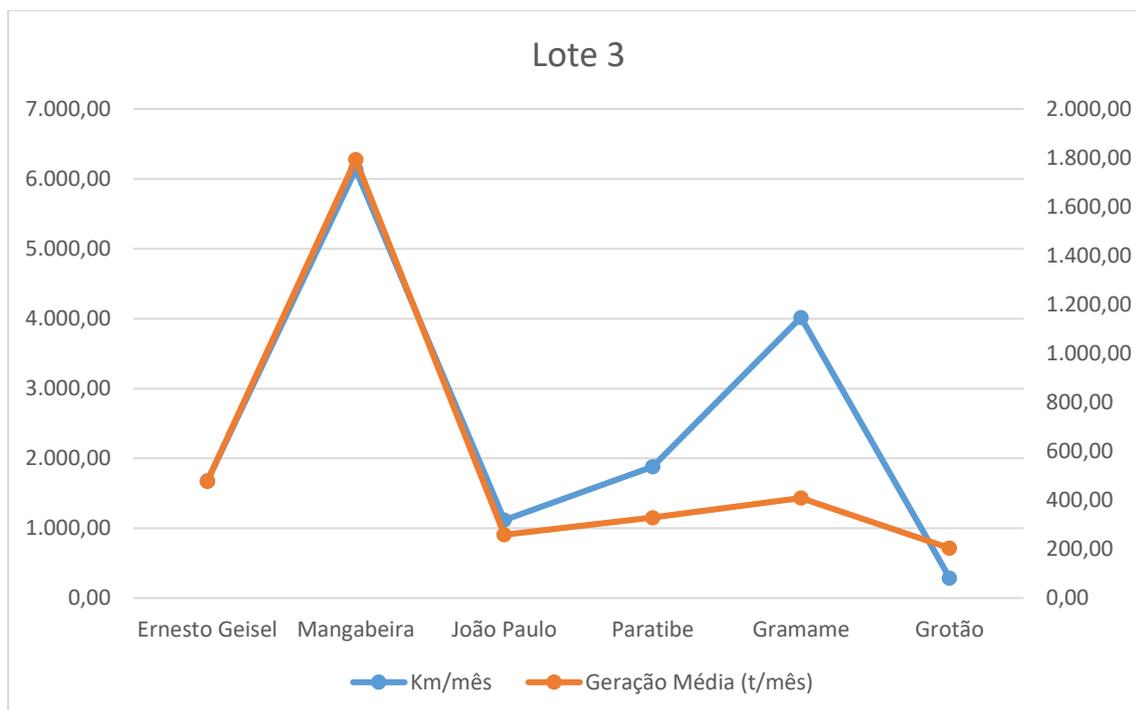
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

No Gráfico 30 percebe-se uma incongruência quando analisado os picos do ano de 2014. Enquanto em 2015 a geração máxima foi de 364,92 t/mês de julho, em 2014 há cinco picos de geração acima de 360,00 toneladas. O intuito de acompanhar as coletas é de perceber as incoerências ainda em campo. Entretanto, no período da pesquisa nada foi detectado para o Bairro de Paratibe.

A relação das variáveis de geração mensal com o percurso percorrido para a realização da coleta é mostrada no Gráfico 31.

Gráfico 31 - Relação entre as variáveis de percurso e massa do Setor do Lote 3



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)

Nota: Dados da pesquisa (2016)

A relação entre a massa de resíduos gerados e o percurso da coleta, em condições médias de densidade, se dá de forma linear, ou seja, com o aumento da massa de resíduos há também o aumento da coleta. A depender da quantidade de resíduos, há uma variação na frequência da coleta. No município de João Pessoa, há locais que possuem coleta apenas duas vezes por semana e outros onde a coleta de resíduos é diária. No Setor do Lote 3, com exceção do Bairro de Paratibe, fica claro, nos termos do Gráfico 31, a coerência entre os dados de Geração de resíduos e os dados de Percurso da Coleta.

### 5.3 Custos das rotas tecnológicas (RTC) dos RSU de João Pessoa/PB por Lotes

Para montagem do Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas fez-se uma pesquisa acerca dos custos envolvidos nos componentes das Rotas Tecnológicas RTC e RTS. A elaboração deste estudo tomou como contexto e premissa geral as despesas pagas pela EMLUR às prestadoras de serviços de coleta, destinação final e galpões da coleta seletiva. Segundo Monteiro *et al* (2001) as despesas com a gestão dos RSU tendem a variar de acordo com as características do município (tamanho, relevo, distância até o local de disposição final) e a qualidade do serviço. O autor sugere que as análises dessas despesas devem ser

desenvolvidas com estudos específicos. Jucá *et al.* (2014) também ponderam as análises feitas acerca de custos de tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos. Os autores afirmam que os custos de uma determinada tecnologia sofrem influência de fatores como custo de uso da terra, de desenvolvimento de tecnologias e principalmente da mão de obra local. Os autores relatam que na Suíça, por exemplo, o custo da mão de obra é superior aos outros países da UE, alterando assim o custo final da tonelada tratada. Os custos de operação podem variar conforme a rota Tecnológica adotada, o tamanho da área a ser trabalhada, o tipo de gestão adotado e os incentivos dos governos locais. Outras condicionantes que modulam os custos das rotas tecnológicas, mais abstratos, mas não menos importantes são os aspectos legais da localidade, a educação ambiental da população, o modelo de cobrança e a fiscalização do sistema.

Como resultado da combinação dessas variáveis e de outras que poderão surgir, tem-se que o custo da rota Tecnológica pode variar consideravelmente. Neste sentido, fazer comparações de custos é uma tarefa árdua que exige uma boa contextualização da conjuntura.

Vale a ressalva que alguns autores consideram a disposição final em aterros como uma forma de tratamento de resíduos por propiciarem a degradação biológica, além de promoverem o tratamento do chorume. A coleta promove a retirada dos resíduos nos pontos de geração (domicílio/comércios/áreas públicas) e os transporte até a Destinação Final que é o Aterro Sanitário. Assim, as Rotas RTC terão custos de Coleta e Destinação Final.

Para montar o Demonstrativo de Custo e compor uma metodologia de cobrança pelos serviços agregados às rotas tecnológicas, o estudo teve como contexto e premissa geral a pesquisa dos custos unitários de Coleta/Transporte e Destino Final.

Quanto ao valor pago às empresas terceirizadas da limpeza pública, para cada tipo de serviço há um valor específico. O valor pago à empresa que realiza a coleta no Lote 1 é R\$ 125,85 por tonelada, a coleta do Lote 2 custa R\$ 122,88 por tonelada e a coleta do Lote 3 custa R\$120,07 por tonelada (Dados da Pesquisa, 2016). Em Macapá, o custo da coleta dos RSD é totalmente bancado pelo poder municipal, conforme o tipo de RSU, a prestadora cobra R\$ 117,03/t de RSU, R\$ 116,73/t resíduos oriundos de feiras e mercados, R\$ 117,82/t de resíduos públicos (varrição) e R\$ 127,70/t de resíduos provenientes de áreas de difícil acesso. (BNDES,2012). Em Natal, o custo de coleta domiciliar é de R\$ 93,48 por tonelada e o transporte desde a estação de transferência até o aterro é de R\$ 20,79/t e em Mossoró o custo da coleta é um pouco maior que Natal, R\$ 95,50. O estudo também trouxe os custos de coleta em Salvador, R\$ 98,52, e em Recife, R\$ 75,27. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2012). Vale destacar que o custo da coleta do município de João

Pessoa está atualizado em valores atuais. Nas regiões administrativas de Brasília, Jucá (2016) calculou que o custo da coleta convencional variou de R\$ 106,27/t a R\$ 181,72/t.

Para Jucá *et al* (2014) os custos operacionais podem variar consideravelmente como consequência das atividades de uma instalação. Algumas delas recebem subsídios ou repassam custos operacionais para as comunidades onde estão localizadas.

Conforme entrevista o engenheiro da EMLUR, esses valores diferem devido às variações dos centros de massa dos Lotes e acertos contratuais. Pesquisas indicam que pode haver necessidade econômica para implantação de estações de transferência a partir de um valor limite de 32 quilômetros, sendo este valor apenas indicativo, tornando-se necessário um estudo comparativo que leve em consideração os custos de implantação e de operação de uma estação de transferência e a economia gerada com a diminuição das distâncias a serem percorridas pelos caminhões coletores. Como já informado, a variação dos centros de massa dos lotes estudados foi de 18,10 a 24,30 quilômetros.

*O valor do Destino Final pago pela PMJP é R\$ 31,88/t. Em Natal, capital do Rio Grande do Norte que possui uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) de 877.662 habitantes, segundo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2012) o custo de disposição final no aterro sanitário era de R\$ 46,52/t e em Mossoró a disposição no aterro sanitário custa R\$ 33,22/t. Jucá et al. (2014) pesquisaram os custos operacionais para disposição em aterros sanitários na UE-27, e os valores mais baixos correspondem a R\$ 13,50 (€4,98)/t na Bulgária, Estônia, Lituânia, Letônia, Hungria, Romênia e Eslováquia, os maiores custos de R\$ 27,00 (€10)/t foram encontradas na França, Luxemburgo, Dinamarca e Bélgica. Observando os dados apresentados pelo estudo verifica-se que a Bélgica, Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo, Suécia, Austria, França e Alemanha são os países da EU-27 que também apresentam os maiores custos para a implantação e operação de aterros sanitários. Estes países também apresentam uma população com alto poder aquisitivo, bem como estão à frente na questão da gestão do tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos na Europa. (JUCÁ et al, 2014).*

### 5.3.1 Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) - Lote 1

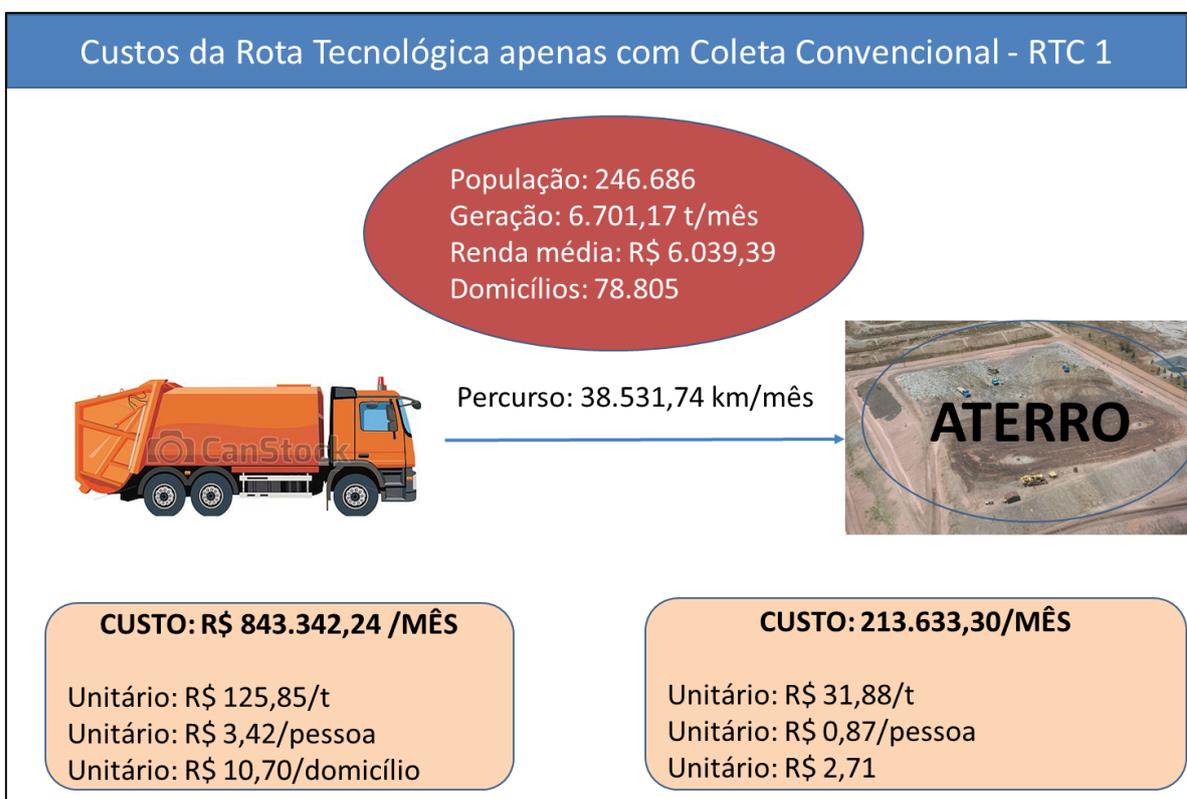
A Rota RTC 1 representa 22 bairros do município, incluindo alguns do litoral, área mais nobre da capital paraibana, uma população de 246.686 habitantes, com uma renda média

domiciliar de R\$ 6.039,39, uma coleta média de resíduos de 6.701,17 t/mês ou 223,37 t/dia e uma densidade demográfica de 6.689,79 habitantes por quilômetro quadrado.

A coleta indiferenciada dos resíduos domiciliares e públicos desse Lote tem um custo unitário de R\$ 125,85/t e sua disposição no Aterro Sanitário custa R\$ 31,88/t.

Para realizar a coleta dos resíduos dessa Rota, a PMJP gasta R\$843.342,24 por mês. Esses resíduos são destinados ao ASMJP onde os caminhões são pesados, encaminhados à célula de operação, descarregados e pesados novamente na saída. A prefeitura de João Pessoa acompanha essa rotina, que importa num custo mensal de R\$213.633,30 por mês para os cofres públicos (Figura 42).

Figura 42 - Custos da Rota Tecnológica RTC 1 (valores mensais)



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 42 observa-se os custos de transporte para percorrer 38.531,74 quilômetros, coletar e dar destinação final ambientalmente adequada. Também expõe os Indicadores Comparativos por serviço prestado.

A Rota RTC 01 custa aos cofres públicos R\$1.056.975,54/mês, ou seja, para coletar, transportar os resíduos de 22 bairros e dar um destino final e ambientalmente correto. Vale

ressaltar, que além desses custos ainda incorrerem sobre a rota tecnológica os custos resultantes da Coleta Seletiva (tratados mais adiante), além dos demais custos de limpeza urbana.

### 5.3.1.1 Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 1 com todo o Lote 1

Juntamente às Variáveis Investigativas, os Indicadores Comparativos dos Custos são outras ferramentas de apoio ao estudo das rotas tecnológicas dos resíduos no município de João Pessoa.

A correlação permite uma comparação entre variáveis e os indicadores do Lote com os Setores de forma a melhor analisar a gestão, fornecendo informações que globalmente não são percebidas. O aprofundamento do estudo em uma unidade espacial menor permite a observação de discrepâncias ou semelhanças existentes.

Ao estudar os setores, foram levantados os custos das rotas tecnológicas de cada bairro (Quadro 19).

Quadro 19 - Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 1 (valores mensais)

SETOR 1									
		VARIÁVEIS INVESTIGATIVAS					CUSTO DA ROTA		
CLASSE	BAIRROS	DOMICÍLIOS	POPULAÇÃO	TOTAL DE RESÍDUOS (t/mês)	TOTAL DE KM	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab.dia)	COLETA (R\$)	DESTINAÇÃO FINAL (R\$)	TOTAL (R\$)
A	Manáira	10.335	28.845	989,64	5159,54	1,144	124.545,72	31.549,60	156.095,33
	Estados	2.432	8.158	272,29	1.977,83	1,113	34.267,70	8.680,61	42.948,30
B	Torre	5.169	16.619	398,06	1.270,78	0,798	50.096,30	12.690,27	62.786,56
	Treze de Maio	2.412	8.489	218,82	2.318,74	0,859	27.539,02	6.976,11	34.515,14
C	Bairro dos Ipês	3.006	9.977	254,66	2.172,43	0,851	32.048,96	8.118,56	40.167,52
D	Ato do Mateus	5.036	17.809	389,15	1.127,60	0,728	48.975,10	12.406,25	61.381,35
E	Padre Zé	2.170	7.618	161,66	969,08	0,707	20.344,44	5.153,60	25.498,04
	São José	2.372	7.742	120,59	554,38	0,519	15.176,25	3.844,41	19.020,66

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Com os custos unitários para coletar e aterrar uma tonelada de resíduos, foram calculados os custos para manter a rota tecnológica de cada bairro do Setor.

O Quadro 19 mostra as variáveis investigativas e os indicadores de custo calculados para os oito bairros que compõem o Setor 1. Observa-se que a variável de geração per capita não pode ser estudada de forma isolada quando estudo dos custos de rotas tecnológicas. No Quadro 19 fica evidente que o bairro que possui o segundo maior custo, o bairro da Torre, é o quinto bairro na ordem da geração per capita, isso distorce a relação direta da geração per capita com o custo da rota.

Em continuidade ao estudo, foram levantados os Indicadores Comparativos de Custos por bairros divididos por classes sociais (Quadro 20).

Quadro 20- Indicadores de Custos do Setor do Lote 1 (valores mensais)

INDICADORES DE CUSTO					
CLASSE	BAIRROS	CUSTO POR KM (R\$/km)	CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)	CUSTO POR PESSOA (R\$)	CUSTO POR TONELADA (R\$)
A	Manaíra	30,25	15,10	5,41	157,72
	Estados	36,93	17,66	5,26	157,72
B	Torre	27,08	12,15	3,78	157,72
	Treze de Maio	27,16	14,31	4,07	157,72
C	Bairro dos Ipês	55,94	13,36	4,03	157,72
D	Ato do Mateus	54,43	12,19	3,45	157,72
E	Padre Zé	26,31	11,75	3,35	157,72
	São José	34,31	8,02	2,46	157,72

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Quadro 20 tem-se os resultados dos Indicadores de Custo do Lote 1 por classes sociais a serem correlacionados com os Indicadores de Custo da Rota:

- Custo por quilômetro: R\$ 27,43/mês
- Custo por domicílio: R\$13,41/mês
- Custo por habitante: R\$ 4,28/mês
- Custo por tonelada: R\$ 157,73/mês

O Indicador de Custo por Quilômetro do Lote é R\$ 27,43, no Setor foram encontrados apenas três indicadores com valores inferiores à média do Lote, os bairros da Torre, Treze de Maio e Padre Zé. Os bairros muito densos tendem a apresentar um indicador de custo por quilômetro maior, pois com um menor percurso há de se coletar uma maior quantidade de massa de resíduos. Essa comparação, por meio de estimativas levanta um viés quando tem-se um bairro pouco denso que apresenta uma maior taxa de geração por pessoa. A média do Lote é levantada. Os bairros de Manaíra, dos Estados e São José apresentaram esse indicador superior a média do Lote. Vale ressaltar que a coleta diferenciada do bairro de Manaíra é realizada seis vezes por semana em quatro viagens, no demais bairros do Lote a coleta é feita três vezes por semana e na maioria das vezes em duas viagens. Um indicador fora dos padrões do Lote foi calculado para o do bairro da classe D, Alto do Mateus, R\$ 54,43/km, que merece destaque, pois trata-se de um bairro não muito denso, com uma geração per capita baixa, e localizado próximo ao aterro.

No Indicador de Custo por Domicílio e por Pessoa, percebe-se que no Setor 1 os bairros da classe A são os que possuem os maiores indicadores, e os da classe D e E apresentam os menores custos. Nesses dois Indicadores não foram encontradas nenhuma incoerência nos resultados.

Por fim, analisa-se os custos das rotas por classes sociais, para tanto montou-se no Quadro 21 todos os indicadores do setor 1 e foram calculada médias dos indicadores dos bairros por classes (Quadro 21).

Quadro 21 - Indicadores de Custos do Setor do Lote 1 (valores mensais)

<b>INDICADORES DE CUSTOS POR CLASSE SOCIAL</b>				
<b>CLASSE</b>	<b>CUSTO POR KM (R\$/km)</b>	<b>CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)</b>	<b>CUSTO POR PESSOA (R\$)</b>	<b>CUSTO POR TONELADA (R\$)</b>
A	33,59	16,38	5,34	157,72
B	27,12	13,23	3,92	157,72
C	55,94	13,36	4,03	157,72
D	54,43	12,19	3,45	157,72
E	22,97	9,88	2,90	157,72
<b>Lote 1</b>	<b>29,36</b>	<b>14,36</b>	<b>4,59</b>	<b>157,73</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

O Indicador de Custo por Quilômetro percorrido para realização de coleta indiferenciada apresenta valores que sugerem uma análise de rota mais detalhada inclusive com

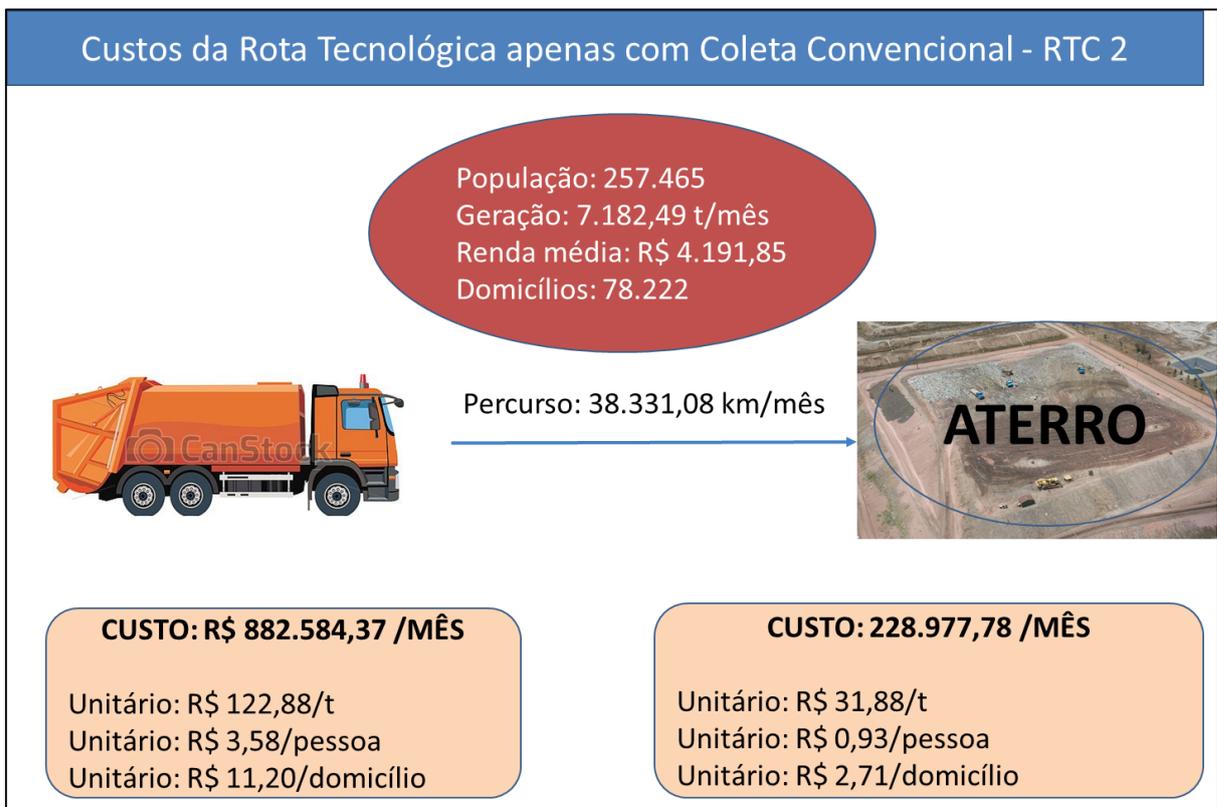
pesagem. Já os Indicadores de Custo por Pessoa e por Domicílio apresenta uma correlação com as classes sociais de forma que os maiores se concentram nas classes sociais que possuem maiores rendimentos médios mensais.

### 5.3.2 Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) - Lote 2

A Rota RTC 2 representa 20 bairros do município, além de alguns bairros da zona nobre, a rota também possui bairros circunvizinhos do Campus I da UFPB, além de outros grandes centros educacionais e um distrito industrial. Com uma população de 257.465 habitantes com uma renda média mensal domiciliar de R\$ 4.191,85 e uma geração média de 7.182,49 t/mês ou 239,42 t/dia.

A Figura 43 mostra os Custos da Rota RTC 2 e seus Indicadores de Custo por Tipo de Serviço.

Figura 43 - Custos da Rota RTC 2 – Rota Tecnológica do Lote 02 (valores mensais)



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

A coleta da rota RTC 2 custa R\$882.584,37 por mês e sua destinação final R\$228.977,78/mês. Sendo assim, a Rota RTC 2 custa para a prefeitura R\$1.111.562,15/mês, ou seja, para retirar os resíduos e leva-los ao ASMJP a prefeitura gasta o equivalente a R\$ 4,32 por mês por habitante, um valor bem próximo a esse indicador da Rota 1.

### 5.3.2.1 Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 2 com todo o Lote 2

A correlação dos Indicadores de Custo do Lote com os Indicadores do Setor de forma a melhor analisar a gestão, fornecendo informações que globalmente não são percebidas. O aprofundamento do estudo em uma unidade espacial menor permite a observação de discrepâncias ou semelhanças existentes.

Ao estudar os setores, foram levantados os custos das rotas tecnológicas de cada bairro. No Quadro 22 tem-se as Variáveis Investigativas e os Custos do Lote 2 correlacionados por Setores e classes sociais.

Quadro 22- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 2 (valores mensais)

SETOR LOTE 2									
CLASSE	BAIRROS	VARIÁVEIS INVESTIGATIVAS					CUSTO DA ROTA		
		DOMICÍLIOS	POPULAÇÃO	TOTAL DE RESÍDUOS (t/mês)	TOTAL DE KM	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab.dia)	COLETA (R\$)	DESTINO FINAL (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
A	Tambaú	4.598	11.117	484,44	3.162,55	1,453	59.527,99	15.443,95	74.971,93
B	Cidade Universitária	8.304	23.436	546,88	3.422,33	0,778	67.200,61	17.434,53	84.635,15
	Bancários	4.072	12.977	240,48	2.521,15	0,618	29.550,18	7.666,50	37.216,68
C	Castelo Branco	3.655	12.735	287,67	2.800,69	0,753	35.348,89	9.170,92	44.519,81
D	Cruz das Armas	7.962	27.948	564,99	1.891,91	0,674	69.425,97	18.011,88	87.437,85
	Indústrias	2.652	10.483	190,37	1.901,39	0,605	23.392,67	6.069,00	29.461,66
E	Jardim Veneza	4.035	14.015	220,44	999,16	0,524	27.087,67	7.027,63	34.115,29

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Quadro 22 os Custos Totais são relacionados à Variável de Total de Resíduos Coletados no mês, independente de classe social. Assim, os bairros que apresentaram na

pesquisa a maior quantidade de resíduos coletadas em ordem crescente foram Cruz das Armas, Cidade Universitária, Tambaú, Castelo Branco, Bancários, Indústria e Jardim Veneza, que é a mesma sequência dos Custos Totais.

A média do Lote da massa de resíduos coletada por habitante por mês é de 0,93 kg/hab\*dia, acima da média de todos os bairros selecionados a compor o Setor 2, cujo bairro que possui a maior taxa é Tambaú.

Com os Custos Totais, parte-se para a análise dos Indicadores de Custos, Custo por Quilômetro, por Domicílio, por Pessoa e Por Tonelada. Os valores dos indicadores calculados para o Lote 2 foram:

- Custo por quilômetro: R\$ 28,26/mês
- Custo por domicílio: R\$14,21/mês
- Custo por habitante: R\$ 4,32/mês
- Custo por tonelada: R\$ 154,76/mês

No Quadro 23 estão os Indicadores de Custo do Setor 2 a serem correlacionados com o Lote 2.

Quadro 23- Indicadores de Custo da Rotas do Setor 2 (valores mensais)

<b>INDICADORES DE CUSTO</b>						
<b>CLASSE</b>	<b>BAIRROS</b>	<b>TOTAL DE KM</b>	<b>CUSTO POR KM (R\$/km)</b>	<b>CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)</b>	<b>CUSTO POR PESSOA (R\$)</b>	<b>CUSTO POR TONELADA (R\$)</b>
A	Tambaú	3.162,55	23,71	16,31	6,74	154,76
B	Cidade Universitária	3.422,33	24,73	10,19	3,61	154,76
	Bancários	2.521,15	14,76	9,14	2,87	154,76
C	Castelo Branco	2.800,69	15,90	12,18	3,50	154,76
D	Cruz das Armas	1.891,91	46,22	10,98	3,13	154,76
	Indústrias	1.901,39	15,49	11,11	2,81	154,76
E	Jardim Veneza	999,16	34,14	8,45	2,43	154,76

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Percebe-se que os Custos de Rotas Tecnológicas não são todos direcionados apenas por classes sociais. Os Indicadores de Custo por Quilômetros, não tem interferência apenas da quilometragem percorrida na coleta, outras variáveis também interferem nesse custo como a densidade demográfica e geração per capita do bairro. O bairro de Cruz da Armas apresentou o maior Indicador de Custo por Quilômetro, é um bairro bastante denso e o mais populoso do Setor 2 e o terceiro mais populoso e mais denso do Lote 2. Acima da média de custos por quilômetro do Lote 2, R\$ 28,26, estão os bairros de Cruz das Armas e Jardim Veneza, bairros de classe D e E, que apresentaram os menores índices das variáveis Total de Quilômetros percorridos, Total de Resíduos per Capita e Total de Resíduos Coletados mês, o que sinaliza uma relação inversa entre eles.

Os Custos por Pessoa e por Domicílio apresentam uma maior relação com as classes sociais, no Quadro 23 esses custos estão em ordem decrescente assim como a ordem de apresentação dos bairros por renda. A exceção ocorre no bairro dos Bancários, que é terceiro bairro de maior renda domiciliar e no Indicador de Custo por Pessoa é quinto bairro entre os que possuem o maior indicador de Custo por Pessoa. Esse bairro já foi apresentado quando do estudo das Variáveis Investigativas pela sua peculiaridade de ser um bairro misto, residencial e comercial, por apresentar uma Taxa de Geração Per Capita baixa para as condições financeiras da população. O Indicador de Custo por Pessoa, no Setor 2, foi diretamente relacionado a Variável de Geração Per Capita.

O Indicador de Custo por Tonelada, como no Lote anterior, é o mesmo para todos os bairros.

Para finalizar a análise dos custos das rotas por Lotes, foi montado um quadro resumo de todos os indicadores do setor, onde foram calculadas as médias dos bairros estudados (Quadro 24).

Quadro 24 - Indicadores de Custo da Rotas do Setor 2 por classes sociais (valores mensais)

<b>INDICADORES DE CUSTOS POR CLASSE SOCIAL</b>				
<b>CLASSE</b>	<b>CUSTO POR KM (R\$/km)</b>	<b>CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)</b>	<b>CUSTO POR PESSOA (R\$)</b>	<b>CUSTO POR TONELADA (R\$)</b>
A	23,71	16,31	6,74	154,76
B	19,75	9,67	3,24	154,76
C	15,90	12,18	3,50	154,76
D	30,86	11,05	2,97	154,76
E	34,14	8,45	2,43	154,76
<b>Lote 2</b>	<b>28,26</b>	<b>14,21</b>	<b>4,32</b>	<b>154,76</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística (2010)

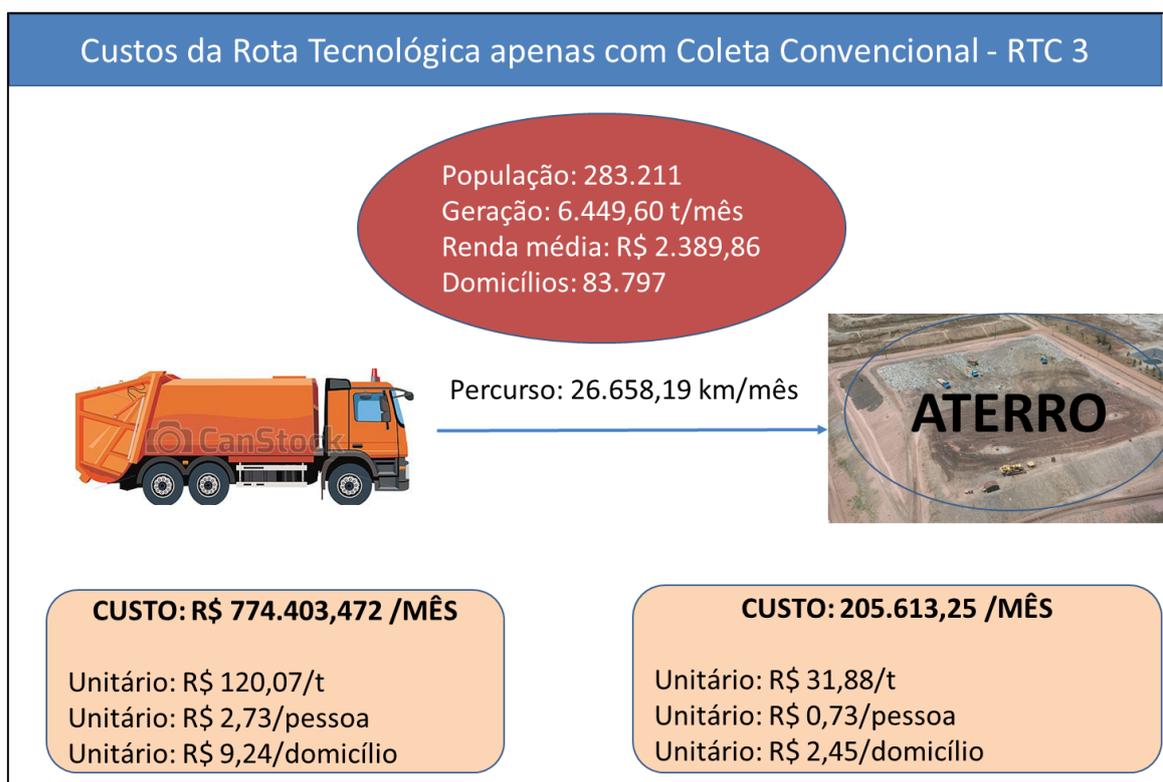
Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Quadro 24, um resumo dos indicadores dos bairros do setor 2, percebe-se o decréscimo dos custos conforme mudam as classes sociais nos Custos por Domicílio e por Pessoa. O Custo por Quilômetro não apresenta essa correlação, devido a interferência de mais variáveis para sua composição.

### 5.3.3 Custos da Rota Tecnológica apenas com Coleta Convencional (RTC) – Lote 3

A Rota RTC 3 é composta por bairros mais periféricos e com menor poder econômico, uma renda média domiciliar de R\$ 2.389,86, como se observa na Figura 44. São 18 bairros, e a maior população dos Lotes, 283.211 habitantes, que geram em torno de 214,99 toneladas de resíduos por dia ou 6.449,60 t/mês.

Figura 44 - Custo da Rota C.C. 03 – Rota Tecnológica do Lote 03 (valores mensais)



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

A Rota RTC 3 possui um custo operacional total de R\$ 980.016,72, que representa o menor custo total dentre os Lotes. Com um percurso de coleta de comprimento de 26.658,19

quilômetros, a Rota possui o maior Indicador de Comparativo de Distância, R\$36,76 por quilômetro.

### 5.3.3.1 Correlação dos Indicadores de Custo do Setor 3 com todo o Lote 3

Também no Lote 3 foram correlacionadas algumas variáveis Investigativas com o Custo Total da Rota por bairro e classe social.

Quadro 25- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 3 (valores mensais)

SETOR 3									
		VARIÁVEIS INVESTIGATIVAS					CUSTO DA ROTA		
CLASSE	BAIRROS	DOMICÍLIOS	POPULAÇÃO	TOTAL DE KM	TOTAL DE RESÍDUOS (t/mês)	GERAÇÃO PER CAPITA (kg/hab.dia)	COLETA (R\$)	DESTINO FINAL (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
C	Mangabeira	23.556	83.122	6.136,70	1.793,79	0,719	215.380,37	57.186,03	272.566,39
	Ernesto Geisel	4.644	15.516	2.800,52	478,31	1,028	57.430,68	15.248,52	72.679,20
D	João Paulo	4.969	16.896	1.118,24	259,53	0,512	31.161,77	8.273,82	39.435,58
	Paratibe	4.297	13.560	1.882,33	329,50	0,810	39.563,07	10.504,46	50.067,53
E	Gramame	8.173	27.160	4.019,64	409,68	0,503	49.190,28	13.060,60	62.250,88
	Grotão	1.837	6.737	289,15	204,83	1,013	24.593,94	6.529,98	31.123,92

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Quadro 25 estão apresentadas Variáveis Investigativas do Setor 3 e os Custos das suas Rotas dos bairros que o compõem. Percebe-se por meio de análise ao quadro que o bairro mais populoso do município enquadrado como bairro classe C possui uma geração de resíduos por habitante coerente com a média do Lote 3. Os bairros Grotão e Paratibe já foram citados em análises anteriores como bairros que apresentaram dados incoerentes, os quais foram confirmados.

No estudo desse setor merece destaque a relação da densidade demográfica com o total de quilômetros percorridos para a coleta. A densidade do Lote é 3.698,19 habitantes por quilômetro quadrado, a densidade do bairro de Paratibe e Gramame são 2.765,11 habitantes por quilômetro quadrado e 1.722,08 habitantes por quilômetro quadrado, respectivamente. São densidades abaixo da média do Lote e que provam não existir uma relação direta entre a densidade demográfica e o Total de Quilômetros da Coleta, uma vez que Gramame possui um

total de 4.019,64 quilômetros por mês. Os demais bairros possuem uma densidade demográfica muito acima da média do Lote, como o Grotão, segunda maior densidade demográfica do município 18.89,64 habitantes por quilômetro quadrado e, um baixo percurso de Coleta, apesar da alta Taxa de geração por pessoa para um bairro de classe E, 1,013 kg/hab\*dia.

No Quadro 26 tem-se a correlação dessas variáveis com os Indicadores de Custo elaborados na pesquisa.

Quadro 26- Variáveis Investigativas e Custos das Rotas do Setor do Lote 3 (valores mensais)

<b>INDICADORES DE CUSTO</b>					
<b>CLASSE</b>	<b>BAIRROS</b>	<b>CUSTO POR KM (R\$/km)</b>	<b>CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)</b>	<b>CUSTO POR PESSOA (R\$)</b>	<b>CUSTO POR TONELADA (R\$)</b>
C	Mangabeira	44,42	11,57	3,28	151,95
	Ernesto Geisel	25,95	15,65	4,68	151,95
D	João Paulo	35,27	7,94	2,33	151,95
	Paratibe	26,60	11,65	3,69	151,95
E	Gramame	15,49	7,62	2,29	151,95
	Grotão	107,64	16,94	4,62	151,95

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Os Indicadores de Custo dos bairros do Setor (Quadro 26) são correlacionados com os Indicadores de Custos calculados para o Lote:

- Custo por quilômetro: R\$ 36,76/mês
- Custo por domicílio: R\$11,70/mês
- Custo por habitante: R\$ 3,46/mês
- Custo por tonelada: R\$ 151,95/mês

O Grotão possui a particularidade da sua alta densidade demográfica e junto a ela, o mais alto Indicador de Custo por Quilômetro. Favorecido por encontrar-se próximo ao aterro sanitário, seu elevado Indicador de Custo por Quilômetro é causado pela também elevada de Variável de Geração per Capita.

Enquanto visualizados a partir dos bairros, Os Indicadores dos os setores apresentam-se bastante diversificados. A média de Custos por Domicílios do Lote é ultrapassada apenas pelos bairros do Grotão e do Ernesto Geisel. No Indicador de Custo por Pessoa do Lote, os bairros do Grotão, Ernesto Geisel e Paratibe apresentam médias superiores ao valor do Lote 3.

Vale a análise das classes sociais para entre os indicadores das Rotas (Quadro 27).

Quadro 27 - Indicadores de Custos do Setor do Lote 3 (valores mensais)

<b>INDICADORES DE CUSTOS POR CLASSE SOCIAL</b>				
<b>CLASSE</b>	<b>CUSTO POR KM (R\$/km)</b>	<b>CUSTO POR DOMICÍLIO (R\$)</b>	<b>CUSTO POR HABITANTE (R\$)</b>	<b>CUSTO POR TONELADA (R\$)</b>
C	35,18	13,61	5,84	151,95
D	30,61	11,79	5,37	151,95
E	30,93	9,79	3,01	151,95
<b>LOTE 3</b>	<b>36,76</b>	<b>11,70</b>	<b>3,46</b>	<b>151,95</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Mais uma vez, no Quadro 27, percebe-se uma ordem decrescente dos Indicadores de custos por classe social, quando realizada a análise de forma geral. Após toda essa análise fica comprovada a importância do estudo detalhado para a oferta de informações de apoio a tomada de decisão dos gestores. Segundo Veiga et al. (2015) a utilização de indicadores pode contribuir na formulação e avaliação de políticas públicas, auxiliando na implantação de melhorias e no estabelecimento de metas em diferentes áreas da gestão pública.

O Quadro 28 mostra um resumo de todos esses Custos de forma segmentada, que comporão o Fluxo de Custos e que poderão promover a tomada de decisões e o planejamento da gestão.

Quadro 28- Resumo dos Custos das Rotas Tecnológicas RTC 1, RTC 2 e RTC 3 (valores mensais e em reais)

<b>CUSTO DAS ROTAS</b>				
	COLETA CONVENCIONAL ROTA 01	COLETA CONVENCIONAL ROTA 02	COLETA CONVENCIONAL ROTA 03	
POPULAÇÃO	246.686	257.465	283.211	
RENDA MÉDIA DA POPULAÇÃO	6.039,39	4.191,85	2.389,86	
Nº DE DOMICÍLIOS	78.805	78.222	83.797	
GERAÇÃO (t/mês)	6.701,17	7.182,49	6.449,60	
<b>COLETA</b>	CUSTO MENSAL DA COLETA	843.342,24	882.584,37	774.403,47
	UNITÁRIO/HAB	3,42	3,43	2,73
	UNITÁRIO/DOMICÍLIO	10,70	11,28	9,24
	UNITÁRIO/TONELADA	125,85	122,88	120,07
<b>DISPOSIÇÃO FINAL</b>	CUSTO MENSAL DA DISPOSIÇÃO FINAL	213.633,30	228.977,78	205.613,25
	UNITÁRIO/HAB	0,87	0,89	0,73
	UNITÁRIO/DOMICÍLIO	2,71	2,93	2,45
	UNITÁRIO/TONELADA	31,88	31,88	31,88
	CUSTO DA ROTA (R\$/mês)	1.056.975,54	1.111.562,15	980.016,72
	UNITÁRIO/HAB	4,28	4,32	3,46
	UNITÁRIO/DOMICÍLIO	13,41	14,21	11,70
	UNITÁRIO/TONELADA	157,73	154,76	151,95

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

O Quadro 28 mostra uma compilação das informações dos Custos Operacionais das Rotas RTC 1, 2 e 3. Nele estão segmentados os Custos por tipo de serviço e por Lote. Através dele percebe-se que isoladamente e sem a participação da coleta seletiva, a rota mais onerosa para o município é a Rota RTC 2 que custa aos cofres públicos R\$ 1.111.562,15. Não é a rota mais populosa, mas a que possui maior taxa de geração per capita. Em Brasília, segundo Jucá (2016) o custo total das rotas tecnológicas é R\$ 9.927.529,88 o que gera um custo de R\$ 3,41 por habitante.

Os Fluxos de Custos das Rotas Convencionais “RTC” dessas unidades espaciais serão montados com os valores do Quadro 28, além dos valores dos Custos das Rotas “RTS” que serão apresentados a seguir.

### 5.3.4 Custos das Rotas Tecnológicas da Coleta Seletiva (RTS)

A Coleta Seletiva do município de João Pessoa é apoiada pela PMJP através da EMLUR. Os Custos da Rotas Tecnológicas que a envolvem foram divididos conforme a etapa do processo, assim, nesta produção científica estão discriminados os valores relativos a:

- Coleta/Transporte
- Instalações do Galpão do Núcleo de Triagem
- Venda/Transporte

Além desses custos, outros valores aparecem no Fluxo da Rota Tecnológica “RTS”, mas que não serão tratados nesta seção uma vez que, mesmo que decorrentes da Rota RTS, são inerentes à Rota RTC. São os custos com transporte dos rejeitos oriundos dos Galpões dos Núcleos de Triagem e com o destino final no aterro.

Os custos da coleta seletiva foram levantados por meio de informações prestadas pelos entrevistados na EMLUR e nos Núcleos integrantes da Coleta Seletiva do município de João Pessoa, e por meio do acompanhamento da pesquisadora no dia a dia dos Núcleos. Alguns valores como combustível, por exemplo, não foram disponibilizados pelo fato do abastecimento dos caminhões ser realizado juntamente a um contrato da PMJP por meio da Secretaria de Administração.

#### 5.3.4.1 Custos de Transporte das Rotas Tecnológicas RTS 1, 2 e 3

O processo da coleta seletiva é operacionalizado por quatro caminhões utilizados nos Núcleos dos bairros Cabo Branco, Bessa, Estados e Cidade Universitária e locados a um custo anual de R\$ 56.105,33 por caminhão com motorista à disposição. O Núcleo do bairro de Mangabeira, que faz parte do Acordo Verde, possui um veículo Kombi da marca Volkswagen o qual possui gestão financeira da EMLUR, com controle de abastecimento que informou um consumo semanal de 45 litros, ou seja, 180 litros de gasolina por mês.

Segundo informações da área de transporte da EMLUR os caminhões têm um consumo de 2,38 quilômetros por litro descarregado e de 1,91 quilômetros por litro carregado. Em observância a rotina de transporte dos núcleos de João Pessoa, percebe-se que o caminhão fica mais carregado em dias de venda/entrega de material aos atravessadores. Assim, tem-se como premissa para cálculo do custo do transporte que o consumo da coleta é de 2,38 quilômetros por litro e da venda é de 1,91 quilômetros por litro. Diante do exposto, o transporte da coleta

seletiva é dividido em transporte para coleta e transporte para venda. Essa divisão foi necessária ao serem observados que o consumo de um caminhão carregado com carga máxima não pode ser igual ao consumo com carga incompleta.

Além da média de consumo dos veículos, a composição do custo de transporte requer a distância percorrida pelos caminhões, assim, foi acompanhada da quilometragem dos veículos por Núcleo durante o mês de junho de 2016 e obteve-se o cenário mostrado na Tabela 27. Nela se apresentam todos os componentes que formam os custos com combustível para o transporte de resíduos.

Tabela 27 – Composição dos Custos com Combustível para a Coleta Seletiva por mês nos Núcleos

Referências da Coleta Seletiva	Lote 1		Lote 2		Lote 3
	Núcleo Bairro dos Estados	Núcleo do Bessa	Núcleo Cidade Universitária (CAIC)	Núcleo Cabo Branco	Núcleo Mangabeira
Percurso da Coleta (Km/mês)	138,07	301,17	148,77	227,11	271,54
Percurso da Venda (Km/mês)	62,4	102,6	127,4	76,8	110,4
Consumo de combustível do veículo na Coleta (Km/l)	2,380	2,380	2,380	2,380	2,380
Consumo de combustível do veículo na Venda (Km/l)	1,910	1,910	1,910	1,910	1,910
Combustível consumido na coleta (litros)	58,01	126,54	62,51	95,42	114,09
Combustível consumido na venda (litros)	32,67	53,72	66,70	40,21	57,80
Valor do Combustível (R\$)	2,779	2,779	2,779	2,779	3,439
Custo de Transporte na Coleta (R\$)	161,22	351,66	173,71	265,18	392,36
<b>Custo de Combustível para a Coleta por Lote (R\$)</b>	<b>512,88</b>		<b>438,90</b>		<b>392,36</b>
Custo de Transporte na Venda (R\$)	76,13	116,68	206,26	59,27	264,32
<b>Custo de Combustível para a Venda por Lote (R\$)</b>	<b>192,81</b>		<b>265,53</b>		<b>264,32</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2016)

Na Tabela 27 observam-se os quantitativos referentes às quilometragens dos automóveis para o transporte de resíduos na coleta e na venda de materiais em um mês para cada um dos Núcleos. Nota-se que o percurso de transporte para a venda de materiais é sempre inferior ao da coleta, devido a dois fatores, primeiro, a quantidade vendida que é inferior a coletada e segundo, que alguns compradores se deslocam até aos Núcleos para a realizar a compra, além disso as rotas de venda são diferentes.

Outro valor encontrado na Tabela 27 refere-se ao consumo de combustível dos veículos, que foi constatada através dos técnicos da área de transporte da EMLUR, os quais informaram que o consumo do veículo carregado é de 1,91 quilômetros por litro e 2,38 quilômetros por litro é o consumo dele descarregado.

Essa quantidade foi calculada para a Coleta e para a Venda de Materiais, de forma separada devido ao consumo ser distinto nesses dois percursos. O Núcleo que possui maior gasto de combustível na Coleta é o do bairro de Mangabeira, que consome uma média de 114,09 litros de combustível por mês e, para a Venda, o maior consumo foi percebido no Núcleo do bairro Cidade Universitária, 66,70 litros por mês. Esses consumos foram valorados por meio da multiplicação com o custo do litro dos combustíveis utilizados, Diesel, R\$ 2,779 e Gasolina, R\$ 3,439.

Ao final dessa análise vale destacar os valores dos custos dos transportes por lotes, o transporte para coletar os resíduos nos pontos geradores custa R\$ 512,88 no Lote 1, R\$ 438,90 no Lote 2 e R\$ 392,36 no Lote 3. Para a Venda desses materiais coletados, gasta-se com combustível R\$ 192,81 no Lote 1, R\$ 265,53 no Lote 2 e R\$ 264,32 no Lote 3.

Além dos gastos com combustível o custo de transporte também envolve a despesa com o aluguel dos caminhões, que como já mencionado é um contrato anual de aluguel de quatro caminhões com motorista. Assim, o custo de transporte está mostrado na Tabela 28.

Tabela 28 – Composição dos Custos de Transporte da Coleta Seletiva por mês nos Núcleos

Referências da Coleta Seletiva	Lote 1		Lote 2		Lote 3
	Núcleo Bairro dos Estados	Núcleo do Bessa	Núcleo Cidade Universitária (CAIC)	Núcleo Cabo Branco	Núcleo Mangabeira
Custo de Combustível para a Coleta (R\$)	161,22	351,66	173,71	265,18	392,36
Custo de Aluguel para Transporte na Coleta (R\$)	2.337,72	2.337,72	2.337,72	2.337,72	
<b>Custo de Transporte da Coleta por Lote (R\$)</b>	<b>5.188,32</b>		<b>5.114,34</b>		<b>392,36</b>
Custo de Combustível para a Venda (R\$)	76,13	116,68	206,26	59,27	264,32
Custo de Aluguel para Transporte na Venda (R\$)	2.337,72	2.337,72	2.337,72	2.337,72	
<b>Custo de Transporte da Venda por Lote (R\$)</b>	<b>4.868,25</b>		<b>4.940,97</b>		<b>264,32</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2016)

O custo com aluguel de caminhões é de R\$ 4.675,44/mês por veículo que tanto realiza coleta como venda, assim, para fins da composição do Custo de Transporte, esse valor foi dividido entre a Coleta e a Venda, ficando cada uma R\$ 2.337,72, como mostrado na Tabela 28. Essa Tabela mostra o valor final do Custo do Transporte, que, para Coleta, foi de R\$ 5.188,32 no Lote 1, R\$ 5.114,34 no Lote 2 e R\$ 392,36 no Lote 3. Para a Venda desses materiais coletados, o Custo Total do Transporte foi de R\$ 4.868,25 no Lote 1, R\$ 4.970,97 no Lote 2 e R\$ 264,32 no Lote 3. Como o Núcleo de Mangabeira possui veículo próprio, sobre ele não incorre custo de aluguel.

Vale ressaltar que o Galpão de Triagem do ASMJP não envolve custos com transporte uma vez que não há coleta, o material chega com a Coleta.

#### 5.3.4.2 Custos de Instalações das Rotas Tecnológicas RTS 1, 2 e 3

Os galpões utilizados pela Coleta Seletiva no município de João Pessoa são pertencentes à PMJP com exceção do Núcleo do bairro do Cabo Branco (Figura 45) o qual é alugado por R\$ 3.084,95 por mês. Nos demais incorrem apenas despesas com as Concessionárias de Água e Energia e despesas com Alimentação.

Figura 45 - Galpão do Núcleo do Bessa (A) e do Núcleo do Cabo Branco (B)



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Para o levantamento das despesas com concessionárias foi realizado um levantamento das contas de pagamentos por Núcleo em um período de doze meses (julho de 2015 a junho de 2016), e desse levantamento calculou-se uma média de consumo, como mostrado na Tabela 29.

Tabela 29 - Composição dos Custos das Instalações dos Núcleos da Coleta Seletiva

Referências da Coleta Seletiva	Lote 1		Lote 2		Lote 3
	Núcleo Bairro dos Estados	Núcleo do Bessa	Núcleo Cidade Universitária (CAIC)	Núcleo Cabo Branco	Núcleo Mangabeira
Valor Médio de consumo de Energia	141,63	155,63	215,93	100,18	99,48
Valor Médio de consumo de Água/Esgoto	54,86	157,81	343,41	85,37	247,31
Valor de Aluguel do Galpão	0,00	0,00	0,00	3.084,95	0,00
Valor da Alimentação	2000,000	1520,000	1600,000	1280,000	1600,000
<b>Custo para Manutenção do Galpão do Núcleo (R\$)</b>	2.196,485	1.833,443	2.159,338	4.550,500	1.946,789
<b>Custo para Manutenção dos Galpões do Lote (R\$)</b>	<b>4.029,93</b>		<b>6.709,84</b>		<b>1.946,79</b>

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2016)

A Tabela 29 mostra os valores que compõem os Custos de Manutenção das Instalações dos galpões dos Núcleos da Coleta Seletiva do município de João Pessoa. São os valores referentes às medias de consumo de um ano de água e energia, ao aluguel do Núcleo do bairro de Cabo Branco, e da alimentação disponibilizada pela EMLUR para os Núcleos. A alimentação refere-se a quinzenas, montadas no refeitório da sede da EMLUR e que têm um custo unitário de R\$ 4,00. A pesquisa levantou que para o Núcleo do Bairro dos Estados são enviadas diariamente vinte e cinco refeições que são destinadas aos agentes da coleta daquele Núcleo. Para o Núcleo do Bessa são enviadas diariamente dezenove refeições, para o Núcleo da Cidade Universitária são fornecidas 20 quinzenas, para o Núcleo do bairro Cabo Branco vão dezesseis refeições e para o Núcleo de Mangabeira são entregues 20 refeições. Na Tabela 29 estão representados os valores mensais referentes ao fornecimento de alimentação.

Também são enviadas para o Galpão de Triagem do ASMJP setenta e uma refeições, o que gera um custo de R\$ 5.680,00, que será melhor especificado na seção que trata dos Fluxos de Custos. Quanto as demais despesas, o galpão de Triagem também não onera a PMJP, uma vez que, conforme estabelecido em um Termo de Ajuste de Conduta assinado entre a concessionária do aterro, a PMJP e o Ministério Público do Estado, sua a manutenção compete exclusivamente a administração do aterro, a qual informou não ter como precisar os valores.

Os equipamentos e máquinas encontrados nos núcleos são próprios de cada Associação. Foram quantificados nos núcleos da ASCARE – JP duas prensas, 2 balanças, 12 carros manuais e um elevador de carga. No Núcleo do Bairro dos Estados os associados tinham carros manuais, uma prensa que se encontrava quebrada e uma balança. O Acordo Verde, responsável pela gestão dos núcleos dos bairros de Mangabeira e Cidade Universitária possui carros manuais

para realizar a coleta, balanças, prensas para o plástico/papel e para o alumínio. Compete a EMLUR o apoio para esses núcleos, como o pagamento de água e energia dos galpões, distribuição de almoço para os associados, além de realizar manutenção nos equipamentos. Os custos de manutenção desses equipamentos não foram informados pela EMLUR, sob a explicação de que se tratam custos operacionais da própria autarquia.

Como já informado, além desses custos, outros valores aparecem no Fluxo da Rota Tecnológica “RTS”, os quais não serão tratados nesta seção uma vez que, mesmo que decorrentes da Rota RTS, os mesmos são inerentes à Rota RTC, são os custos com transporte dos rejeitos oriundos dos Galpões dos Núcleos de Triagem e com o destino final dos mesmos.

#### **5.4 Fluxos das rotas tecnológicas dos RSU de João Pessoa/PB**

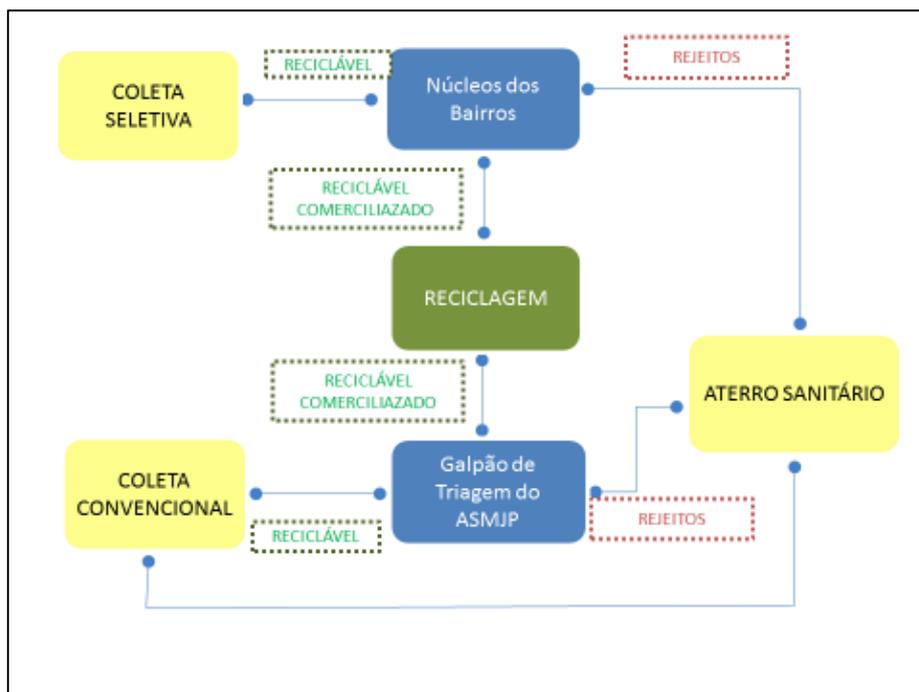
Diante do estudo da geração de resíduos, dos caminhos por eles percorridos, das rotas tecnológicas que se formam e de seus respectivos custos, torna-se possível montar os Fluxos de Massa e os Demonstrativos de Custos para Rotas Tecnológicas RTC e RTS de cada Lote. Até então a pesquisa teve como premissa que os resíduos gerados eram os coletados. Para os fluxos de massa foram consideradas as informações da PMJP e do PMGIRS de que a coleta absorve 96% dos resíduos gerados.

Como visto no Capítulo anterior, a capital paraibana os serviços de limpeza urbana, estão sob a responsabilidade da Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana (EMLUR) que gerencia para os resíduos sólidos urbanos e os demais. O planejamento das rotas já foi definido desde a concepção do atual modelo de gestão, através do gerenciamento das demandas de coleta, sua forma de cobertura, percursos, frequência, tratamento e destino final. Sabe-se que além da Coleta Convencional (RTC) e da Coleta Seletiva (RTS), há outros tipos de coleta, com destinos específicos, como a de resíduos de serviços de saúde, de resíduos da construção civil, industriais, de portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários, os quais deveriam ter tratamento adequado antes de serem encaminhados a seus destinos finais.

Também há rotas específicas para os resíduos sujeitos a logística reversa, conforme determinação da PNRS: as lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; pneus; agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias, e os resíduos volumosos, que são recolhidos pelo programa CATATRECO da EMLUR.

A Figura 46 mostra a representação da Rotas Tecnológicas de Resíduos Sólidos Urbanos do município de João Pessoa.

Figura 46 - Rotas tecnológicas dos RSU (Domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa)



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

Observando a Figura 46 pode-se acompanhar os fluxos dos resíduos gerados no município de João Pessoa. As opções de coleta são duas, a Coleta Indiferenciada (Convencional) ou a Diferenciada (Seletiva). A coleta diferenciada encaminha os resíduos a um dos cinco Núcleos que fazem parte do sistema de coleta seletiva do município, nos quais os resíduos são triados, selecionados, unitizados e pesados para serem encaminhados às indústrias da Reciclagem por meio da venda. Desses Núcleos também saem os rejeitos decorrentes da triagem, os quais são encaminhados ao ASMJP. Os resíduos captados pela Coleta Seletiva, integram as rotas RTS, que estão elaboradas para os Lotes 1, 2 e 3.

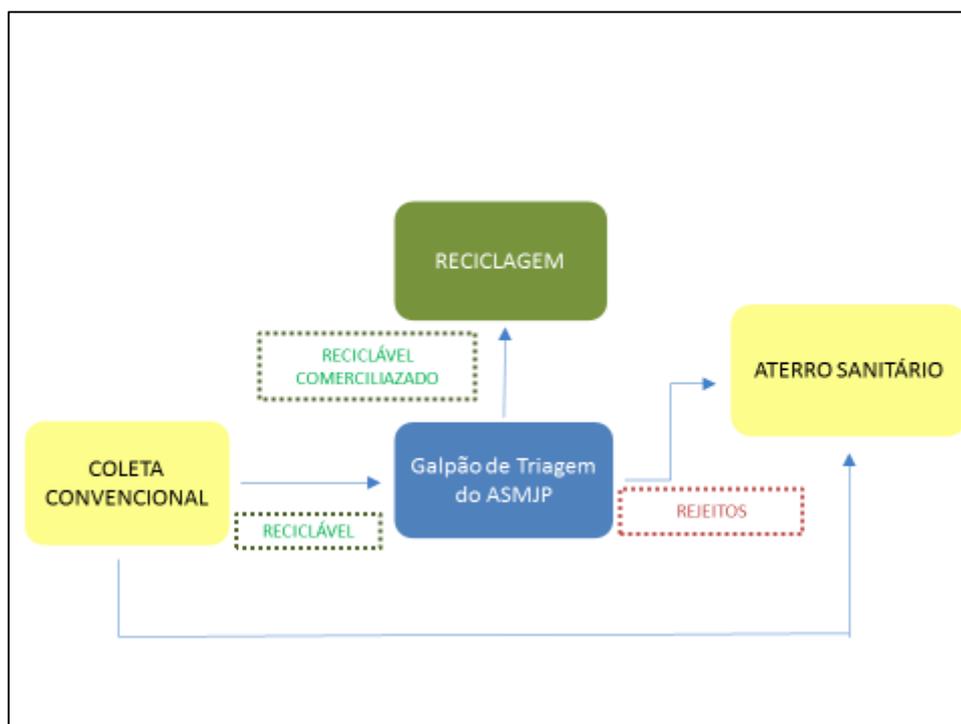
O fluxo dos resíduos da Coleta Convencional (RTC) segue direto para o aterro para célula em operação, ou após ser pesado, o mesmo pode interceptado para abastecer as esteiras do Galpão de Triagem, dos quais saem os rejeitos para serem aterrados e os resíduos triados para serem comercializados. Esse fluxo foi acompanhado pelas Rotas RTC 1, RTC 2 E RTC 3.

#### 5.4.1 Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 1

A seguir serão apresentados os fluxos de massa e custos elaborados com os dados das rotas tecnológicas até então estudados. Por meio de uma análise sistemática das rotas

tecnológicas acompanhada das informações colhidas por meio de entrevistas pode-se montar o fluxo dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e públicos do município (Figura 47).

Figura 47 - Rotas tecnológicas dos RSU (Domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Estrutura Convencional (Sem Coleta Seletiva)

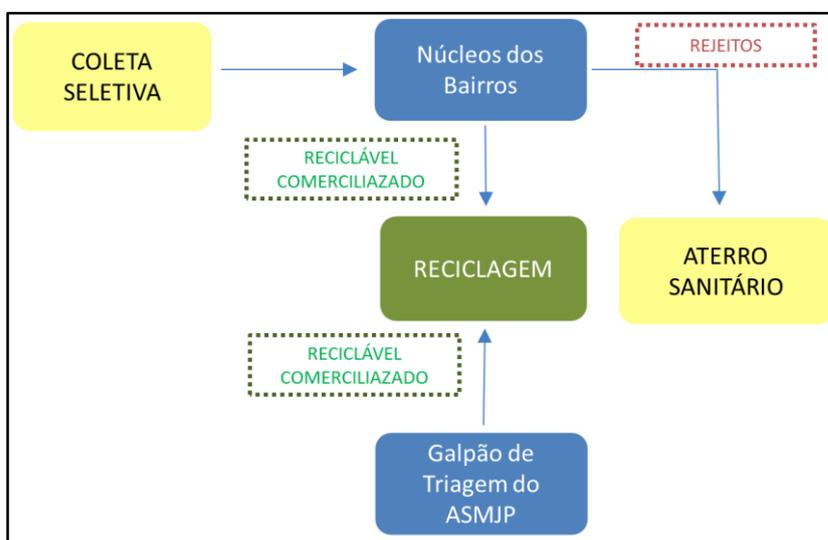


Fonte: Dados da pesquisa (2016)

O primeiro a ser estruturado foi o fluxo decorrente da Rota RTC, que se inicia com a coleta convencional realizada por três empresas contratadas pela EMLUR e segue direto para o aterro sanitário (Figura 47). Uma parte desses resíduos pode ser captada pelo galpão de triagem do ASMJP, como já exposto no Capítulo quatro, dele seguem para a reciclagem ou para a célula em operação do aterro.

Outro fluxo estudado foi o da Rota RTS, que se inicia com a coleta seletiva nos bairros que integram esse sistema (Figura 48).

Figura 48 - Rota Tecnológica dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Estrutura da Coleta Seletiva



Fonte: Dados da pesquisa (2016)

A Figura 48 mostra a estrutura da Rota Tecnológica RTS que se inicia com a coleta de materiais segregados pela população para fins de serem encaminhados à reciclagem. O material coletado segue para os Núcleos dos Bairros, local onde é triado e separado conforme a demanda de compra dos atravessadores. Após a triagem alguns grupos podem ser prensados, unitizados e comercializados à indústria da reciclagem. Os demais resíduos, não aproveitados, são destinados ao aterro sanitário por meio dos caminhões de coleta convencional. Assim, percebe-se que há uma confluência entre as rotas tecnológicas com e sem coleta seletiva de recicláveis, uma vez que, os resíduos da Rota RTS por ora têm que integrar a Rota RTC e vice-versa, quando os resíduos do Galpão de Triagem do ASMJP ao final do seu fluxo encontram-se com os resíduos da Rota RTS.

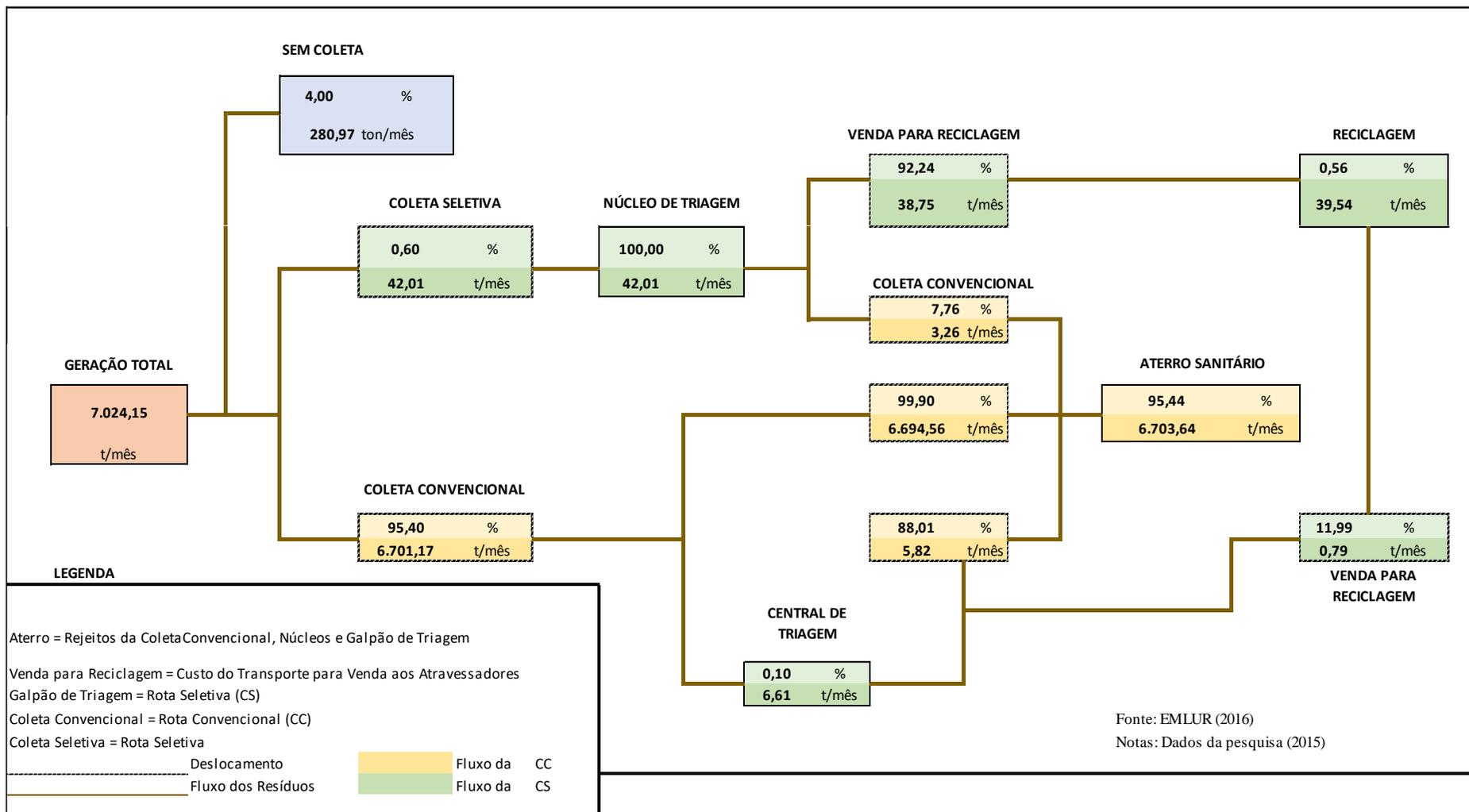
Diante desse cenário, decidiu-se que a melhor forma de expor os fluxos de massa e os demonstrativos de custo das rotas era estruturando juntamente as Rotas RTC e RTS de cada Lote estudado, de forma a unir-se as informações das Figuras 47 e 48.

#### 5.4.1.1 Fluxo de Massa das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 1

Já foi apresentado no Capítulo 5, item 5.3.2 que a média de resíduos coletados pela coleta convencional no Lote 1 é de 6.701,17 t/mês. Na Coleta Seletiva, os Núcleos do Bessa e do Bairro dos Estados, juntos arrecadam em média 42,01 toneladas de material reciclável por mês. Seguindo o princípio estabelecido no PGIRSU do município de que apenas 96% dos resíduos

gerados são coletados, tem-se uma coleta total de resíduos no Lote 1 de 6.743,18 t/ mês e uma geração de 7.147,77 t/mês, ficando 404,59 toneladas sem coleta, provavelmente sendo descartados em locais inadequados, como logradouros, rios e córregos.

Figura 49 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 1



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)  
 Notas: Dados da pesquisa (2015)

O Fluxo de Massa das Rotas RTC 1 e RTS 1 unificados na Figura 49, demonstram o comportamento dos RSU de domicílios, comerciais e públicos no município de João Pessoa. Por meio da distinção de cores distingue-se as etapas inerentes a cada Rota, a Rota RTS segue o seguinte fluxo:

- Coleta Seletiva
- Núcleos de Triagem dos Bairros
- Venda para Reciclagem
- Reciclagem

Assim, observando a Figura 49, o programa de Coleta Seletiva do município coleta 0,60% dos resíduos gerados nos bairros do Lote 1. Esses resíduos são encaminhados aos Núcleos de Triagem dos Bairros do Bessa e dos Estados, que garantem a cobertura a 62% dos habitantes dos bairros Oceania, Aeroclube, Bessa, Manaíra, Estados, 13 de maio, Torre, Pedro Gondim, Ipês e Mandacaru. O programa tem uma atuação considerável, porém a baixa eficácia representada por esse baixo índice de coleta, insere a população na parcela do insucesso.

Quanto ao aproveitamento nos Núcleos do material coletado, percebe-se no fluxo da Figura 49 que 92,24% dos materiais são aproveitados para reciclagem, e 7,76% são destinados ao Aterro Sanitário, através da Coleta Convencional.

A Rota RTC 1, que se inicia com a coleta de 6.701,17 toneladas de resíduos por mês, 95,58% do total gerado no Lote 1, tem como destino a disposição nas células do ASMJP. Por vezes, há a intervenção dessa destinação pela captação do caminhão para o Galpão de Triagem do aterro. Como já explicado, essa captação é aleatória conforme o ritmo de trabalho da associações e a escala de caminhões da Balança do ASMJP. Os Bairros do Bessa e dos Estados, juntos têm uma média de 6,61 t/mês de resíduos descarregados no Galpão, o que representa 0,10% do material coletado no Lote 1, segundo dados da EMLUR. Dessas 6,61 t/ mês, 88,01% não são aproveitadas e se destinam à célula em operação, e 11,99% é o percentual de aproveitamento da operação do Galpão de Triagem.

No Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa são descarregadas por mês 95,61% dos resíduos gerados nesse Lote, esse percentual representa a soma do material que advém dos Núcleos da Coleta Seletiva, da Coleta Convencional, e de 88,04% dos resíduos do Galpão que não foram aproveitados.

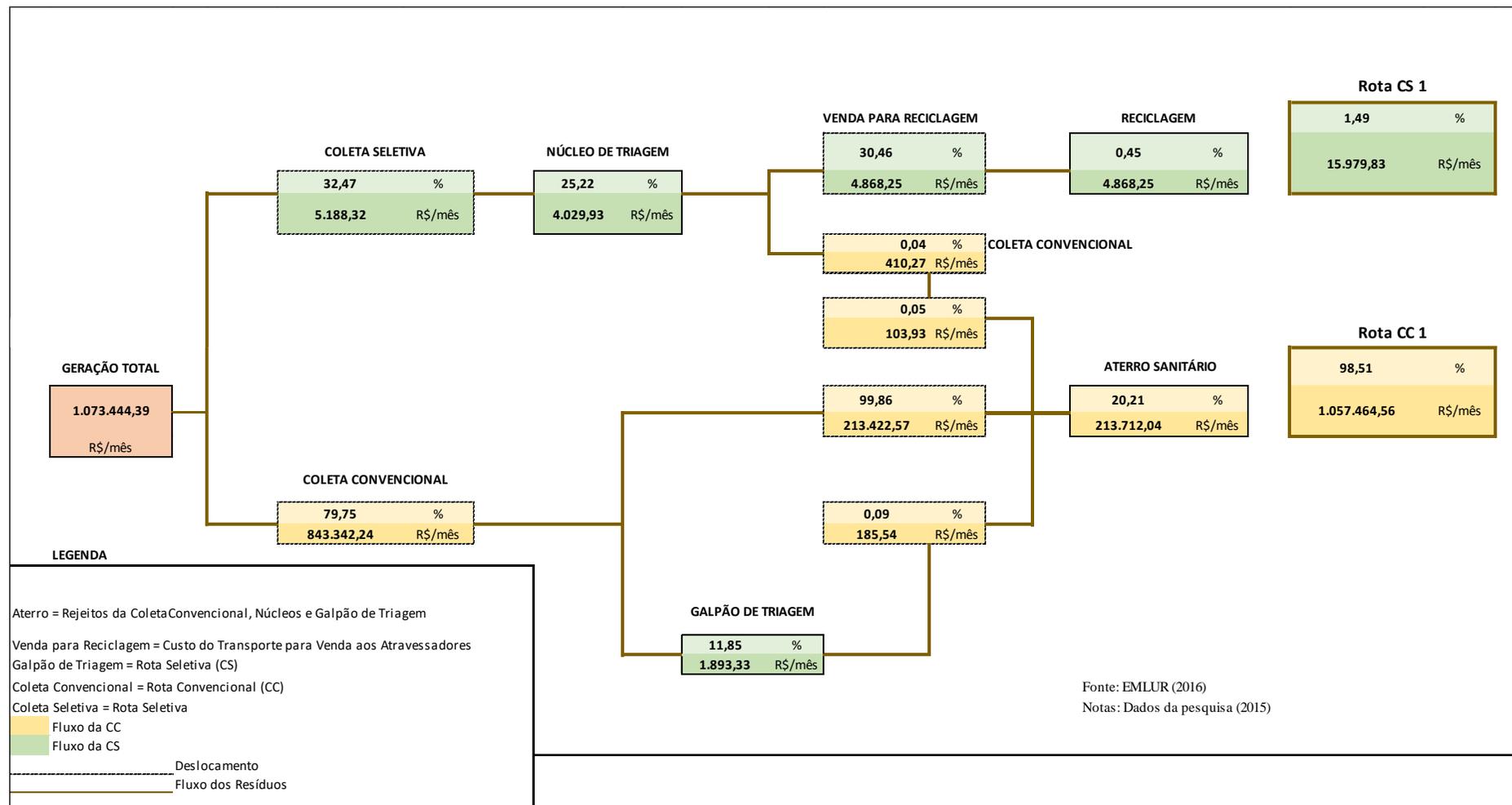
#### 5.4.1.2 Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 1

Com base no Fluxo de Massa, foi estruturado o Demonstrativo de Custos (Figura 50). Assim como no Lote 1, o Fluxo de Massa do Lote 2, foi montado para em seguida servir como base para o Demonstrativo de Custo que converteu os quantitativos da massa em valores que representam os custos de cada uma das etapas.

Assim o Demonstrativo de Custos da Rota RTS 01, possui a mesma sequência do Fluxo de Massa da mesma, começando com a coleta seletiva e terminado com a venda à Reciclagem. Os custos da coleta dessa Rota são de R\$ 5.188,32, pela manutenção dos dois galpões instalados nessa Rota a PMJP paga R\$ 4.029,93, o que representa 25,22% do total do custo da Rota que é de R\$ 15.979,83. Além dos custos da coleta e dos galpões dos Núcleos dos bairros, também compõem esse Custo Total o valor referente ao custo de transporte da Venda para Reciclagem, que é de R\$ 4.868,25, que representa 30,46% do custo da Rota. O custo do Galpão do Aterro Sanitário que compete à PMJP é de R\$1.893,33, que representa 11,85% do Total de Custos da Rota RTS 1.

O Custo Total da Rota RTC 1 é R\$ 1.057.464,56, a maior parte desse custo está empregada no serviço de coleta e transporte prestado por uma empresa terceirizada, que além desses serviços ainda realiza atividades que não fazem parte do escopo dessa produção, como coleta e transporte de entulho e poda, varrição manual e mecanizada, capinação, pintura de meio-fio, entre outros, que integram o serviço de Limpeza Urbana do município.

Figura 50 – Demonstrativo de Custo das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 1



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)  
Notas: Dados da pesquisa (2015)

A Coleta Convencional dos resíduos do Lote 1 representa 79,79% dos custos da Rota RTC 1, o qual foi composto pela coleta indiferenciada dos resíduos gerados nos bairros do Lote 1, inclusive dos rejeitos dos Núcleos da coleta seletiva. A destinação ambientalmente adequada dos resíduos de todos os Lotes da pesquisa é o Aterro Sanitário, que representa 20,21% dos custos da Rota pelo gasto de R\$ 213.712,04. São destinados ao ASMJP todos os resíduos coletados no município por meio da coleta indiferenciada, além dos rejeitos da Coleta Seletiva dos Núcleos.

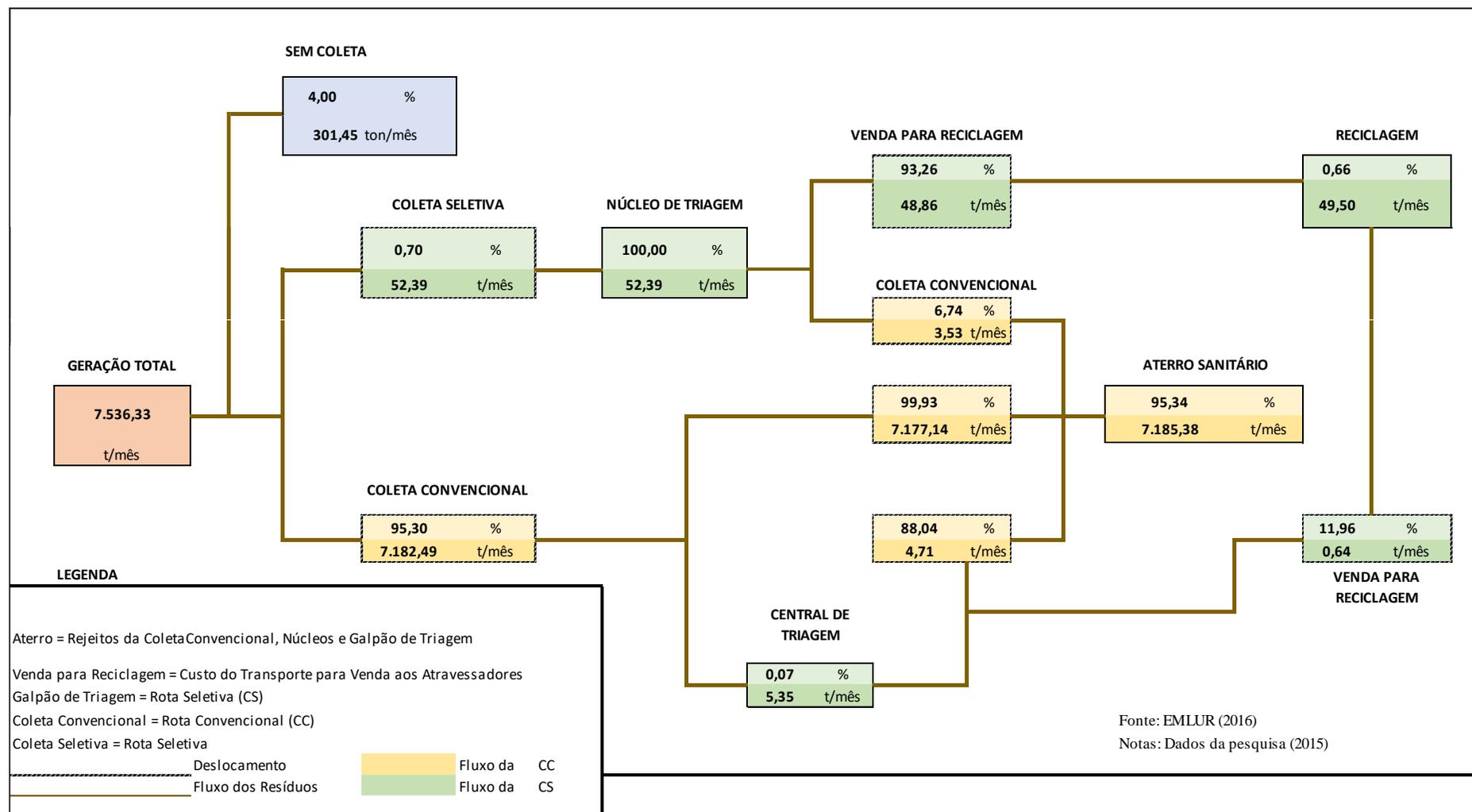
#### 5.4.2 Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 2

Os Fluxos de Massa apresentados na Figura 50, seguem uma sequência idêntica ao do Lote 1, também com a mesma semelhança da existência de dois Núcleos de Coleta Seletiva, nos Bairros da Cidade Universitária e do Cabo Branco.

##### 5.4.2.1 Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 2

Assim como no Lote 1, o Fluxo de Massa do Lote 2, foi montado para em seguida servir como base para o Demonstrativo de Custo que converteu os quantitativos da massa em valores que representam os custos de cada uma das etapas. Esse Fluxo de Massa esclarece estrutura comportamental dos resíduos no Lote, assim, os resíduos que passaram por algum processo de seleção após a geração são colhidos pela Coleta Seletiva que os encaminham aos Núcleos de Triagem do Lote (Cidade Universitária e Cabo Branco) onde serão triados, selecionados e vendidos aos agentes intermediários de venda à Reciclagem. Dessa forma, o Fluxo de Massa da Rota RTS 2 tem uma entrada de 52,39 t/mês no Núcleo de Triagem, e um aproveitamento de 93,26% dos resíduos, os quais são vendidos para a Reciclagem. Também são vendidos à Reciclagem 0,64 toneladas de resíduos por mês captados no Galpão de Triagem do Aterro, que acrescidos ao aproveitado dos Núcleos soma 49,50 t/mês, ou seja, em percentuais, 0,66% dos resíduos gerados no Lote 2 são encaminhados à Reciclagem.

Figura 51 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 2



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)  
 Notas: Dados da pesquisa (2015)

O Fluxo da Rota RTC 2, que se inicia com a coleta de 7.182,49 t/mês, 95,48% do total gerado no Lote 2, tem o ASMJP como destinação ambientalmente adequada à disposição dos resíduos sólidos. Nele são aterradas em média 7.185,38 t/ mês de RSU proveniente dos bairros do Lote 2. Segundo Jucá et al (2014) nos EUA 54% dos resíduos são destinados para disposição final em aterros sanitários.

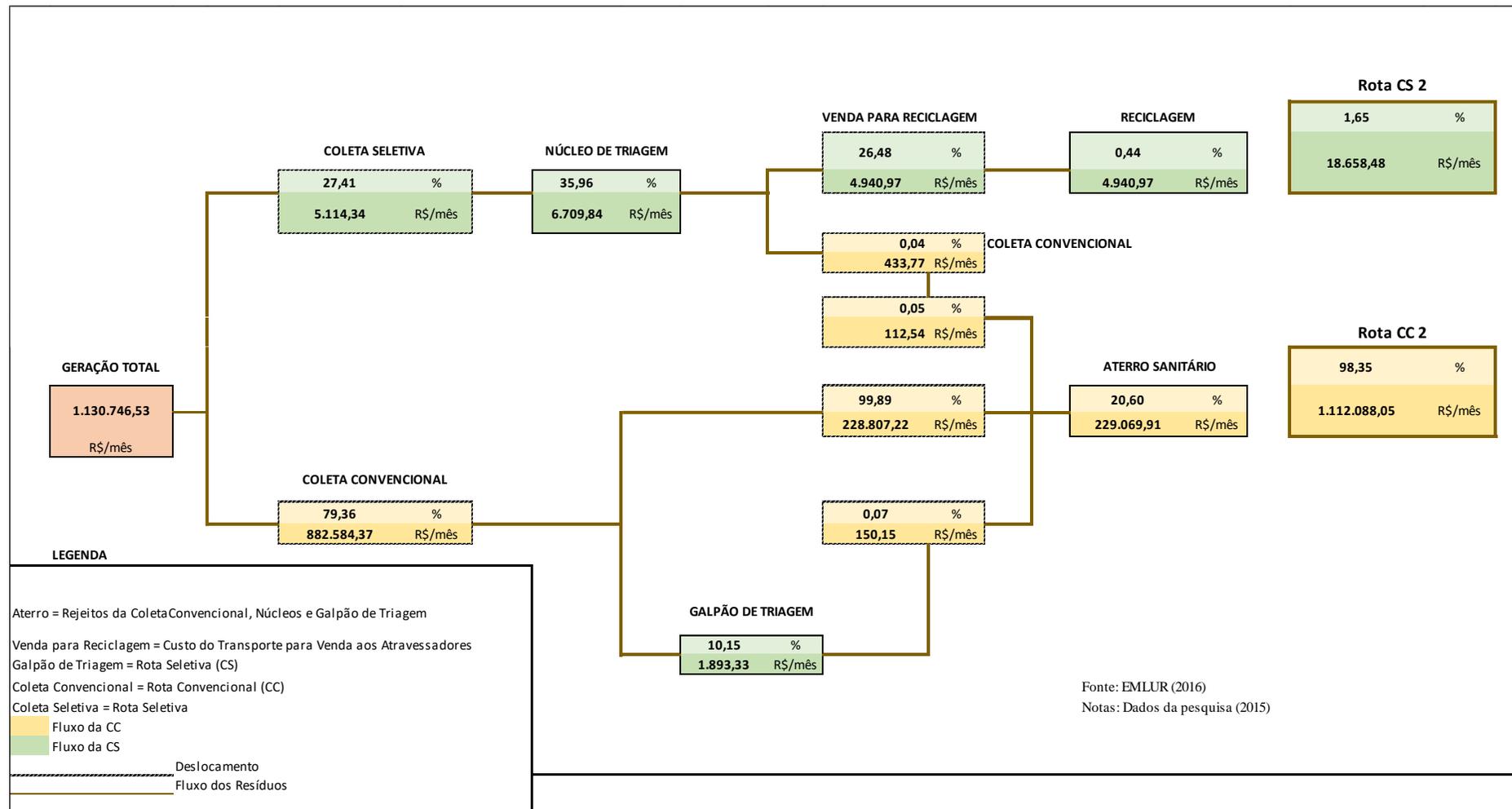
À quantidade de material obtido pela coleta indiferenciada, agregam-se os rejeitos da coleta seletiva, 3,53 t/mês e descontam-se o aproveitado para a Reciclagem pelo Galpão de Triagem, 0,64 t/ mês, o resultado é a quantidade de resíduos aterrada no aterro por mês, 7.185,38 t, ou seja, do total de resíduos gerado no Lote, 95,52% são efetivamente aterrados.

Para Tchobanoglous *et al* (1993) o aterro sanitário é aquele recurso de gestão que não é desejado mas é necessário, o Autor ainda defende que o aterro pode ser considerado um recurso quando da recuperação do gás metano e do aproveitamento de suas áreas para recreação além de possuir a capacidade de garantir a saúde humana e do meio ambiente quando devidamente projetados e monitorados.

#### 5.4.2.2 Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 2

Assim como no Lote 1, a elaboração do Demonstrativo de Custos do Lote 2 partiu da estrutura do fluxo dos resíduos no mesmo. Assim, com a sobreposição dos custos sobre os quantitativos de massas foi montado o Demonstrativo de Custo da Figura 53.

Figura 52 – Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 2



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)  
Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 52, percebe-se que os custos da coleta seletiva dessa Rota são de R\$ 5.114,34, a manutenção dos dois galpões instalados nessa Rota custa a PMJP R\$ 6.709,84, o que representa 35,96% do total do custo da Rota que é de R\$ 18.658,48. Para a venda dos materiais triados nos Núcleos há um custo de transporte de R\$ 4.940,97, que representa 26,48% do custo total da Rota RTS. O Custo Total da Rota RTC 2 é R\$ 1.112.088,05 que agrega o custo da Coleta Convencional, R\$ 882.584,37, e da destinação final, R\$ 229.069,91, que representa 20,60% do custo da Rota RTC 2. A coleta convencional, a seletiva, os custos com os Núcleos e com o Galpão de Triagem, com as vendas do material segregado e com a destinação final do Lote 2 custa à PMJP um total de R\$ 1.130.746,53, tendo a Rota RTC uma representação de 79,36% desse valor.

#### 5.4.3 Fluxos das Rotas Tecnológicas do Lote 3

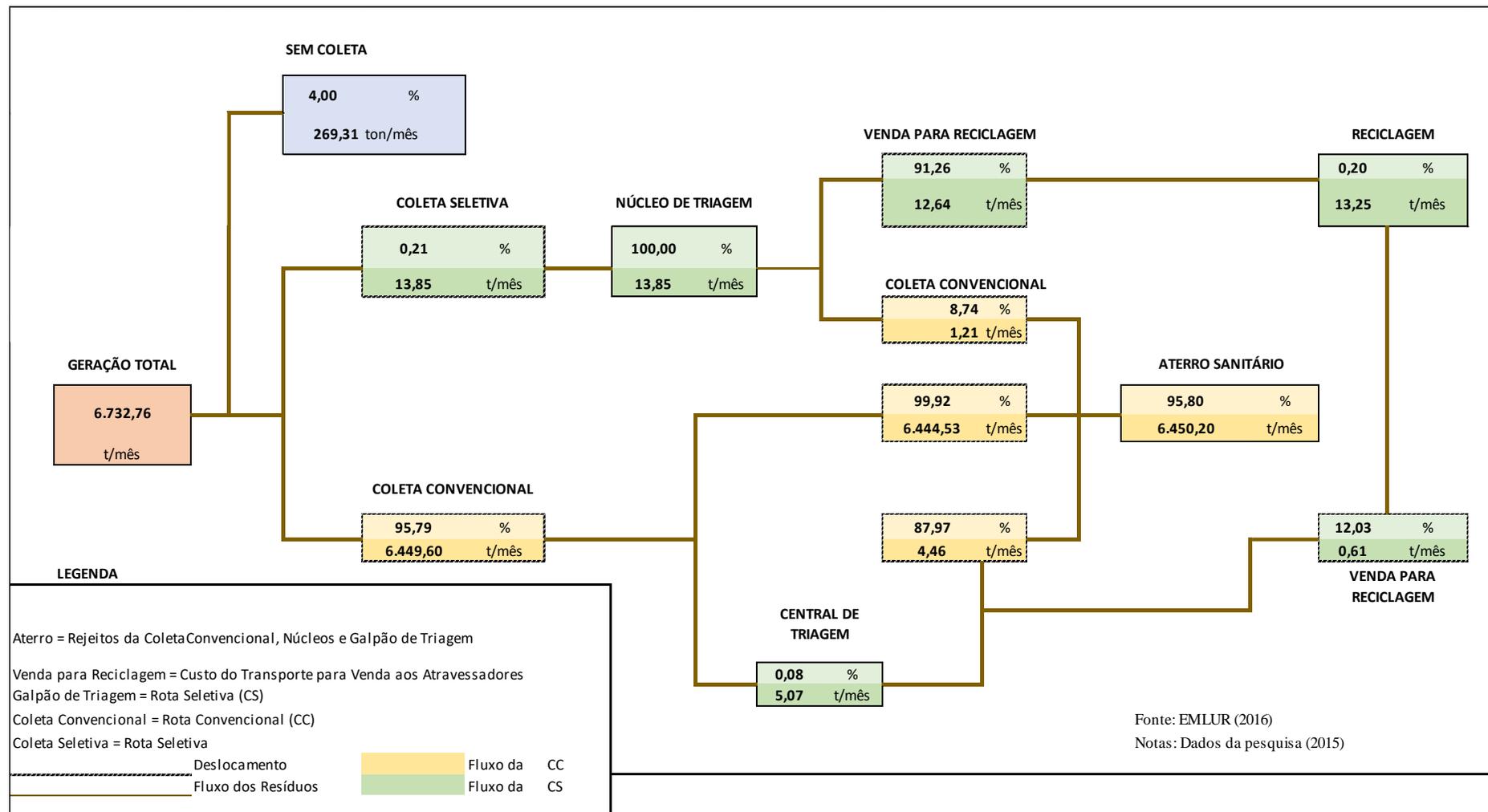
Para completar a exposição dos Demonstrativos de Custos e Massas do Município de João Pessoa, a seguir serão apresentados os dados do Lote 3, o mais populoso do município e com a menor renda média domiciliar.

##### 5.4.3.1 Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 3

Assim como foram estruturados os fluxos de massa dos Lotes 1 e 2, também foi realizado para o Lote 3 (Figura 53).

A Figura 53 mostra os Fluxos de Massa das Rotas RTC 3 e RTS 3, que representam uma movimentação de 6.721,43 t/mês, dos quais 4% (PMJP, 2014) não possuem destino certo e não são identificados pelos órgãos gestores dos resíduos do município. A Coleta Convencional se responsabiliza por 95,96% do total de resíduos gerados, retirando das residências, comércios e demais setores públicos 6.449,60 t/mês, ao tempo que a coleta seletiva consegue 13,85 t/mês, 0,21%. Como nos demais Lotes a eficiência da Coleta Seletiva é sempre muito baixa, o melhor resultado foi o encontrado no Lote 2, 0,70%, mas mesmo assim, um resultado inferior a menos de 1% dos resíduos gerado no Lote. Deve-se ressaltar que o Lote 3 possui apenas um Núcleo de apoio à Coleta Seletiva. Essa movimentação leva à Reciclagem apenas 12,64 t de resíduos que somados aos materiais decorrentes da triagem no aterro, levam 13,25 toneladas aos agentes intermediários de venda de recicláveis.

Figura 53 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 3



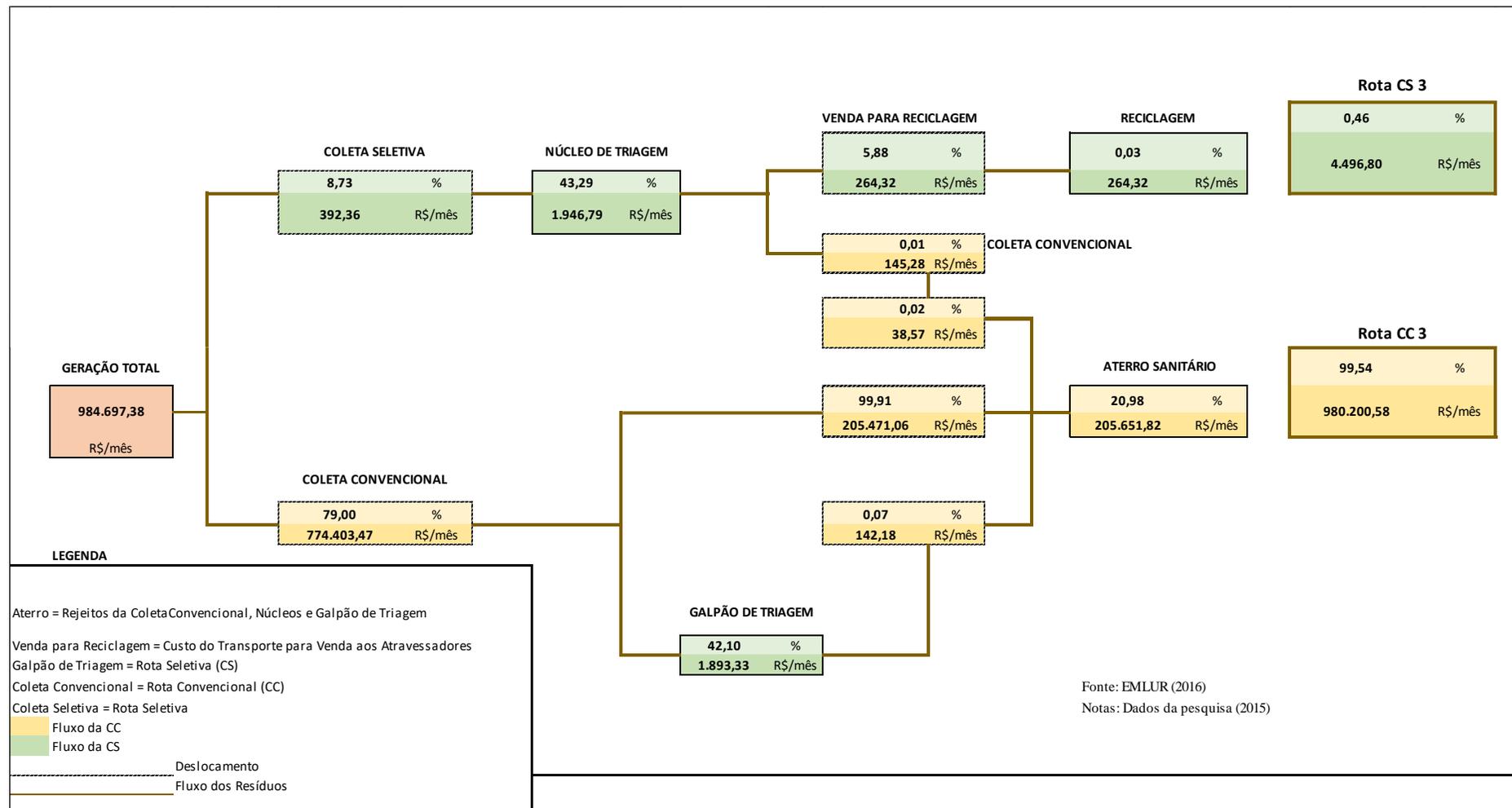
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)  
 Notas: Dados da pesquisa (2015)

Quanto ao material aterrado no destino final do Lote 3, tem-se 6.450,20 t/mês, 95,96% dos resíduos gerados no Lote. Nos EUA, segundo Jucá et al. (2014), há estados que destinam apenas 29,2% dos resíduos gerados a aterros sanitários, como Massachusetts, e outros como a Geórgia enviam até 90,60% dos seus resíduos aos aterros sem nenhum prévio tratamento.

#### 5.4.3.2 Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas (RTC e RTS) do Lote 3

Na Figura 54, estão apresentados os custos das Rotas Tecnológicas do Lote 3.

Figura 54 – Demonstrativo de Custo das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) – Lote 3



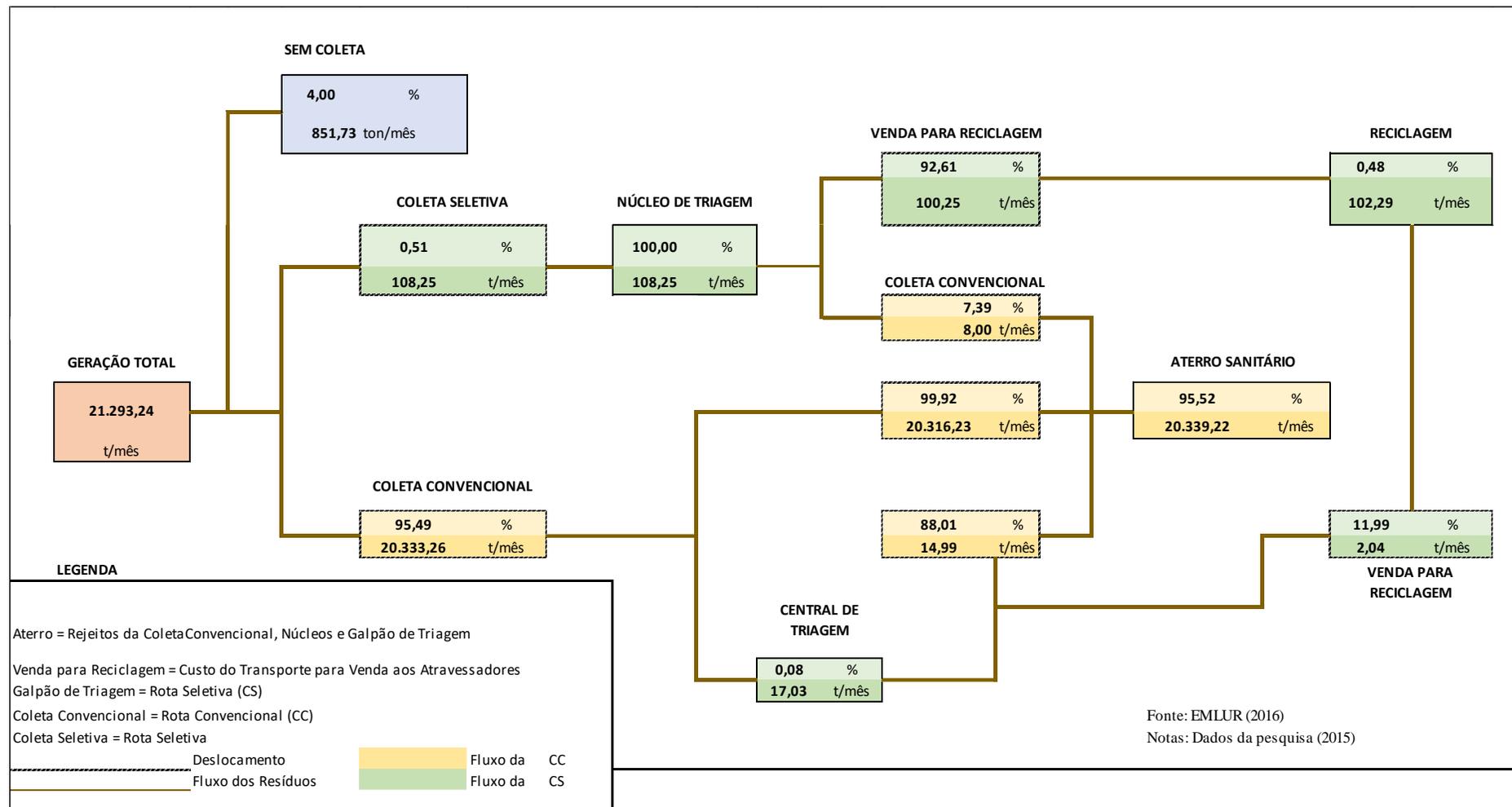
Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)  
Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Lote 3, o Custo da Rota RTS é R\$ 4.496,80 mensais e da Coleta Convencional R\$ 980.200,58, ou seja, 99,14% dos gastos com coleta, tratamento e destino final dos resíduos referem-se apenas a coleta e destinação final. Por mais que existam Núcleos de apoio a Coleta Seletiva, suporte financeiro para tal, vê-se que se referem valores ínfimos se comparados ao total gasto com a manutenção da Rota (Figura 54). Observadas as respectivas proporções, tem-se observado que para coletar, tratar e dar um destino a uma tonelada de RSU no Lote 3 a prefeitura gasta em média R\$ 324,68 e para apenas coletar e destinar corretamente a PMJP gasta em média R\$ 151,98. Essa mesma análise quando realizada nos Lote 1 e 2, acompanha a mesma proporção, ou seja, para dar um tratamento simples, porém adequado a uma pequena parte dos resíduos gerados, gasta-se duas vezes mais. No Lote 1 o custo por tonelada sem coleta seletiva é R\$ 157,80 e com coleta seletiva o custo é R\$ 328,67. No Lote 2, R\$ 356,15 é o valor pago pelo serviço de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos e R\$ 154,83 paga-se para coletar e dar o destino ambientalmente adequado.

#### 5.4.4 Fluxos das Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa

Por meio das figuras anteriores observam-se os valores dos quantitativos de massas e das despesas relativas a cada uma das etapas das Rotas RTC e RTS dos Lotes. Os resultados globais, as somas de todos os fluxos anteriores, estão representados nas Figuras 55 e 56.

Figura 55 – Fluxos de Massa das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) do município de João Pessoa



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)  
 Notas: Dados da pesquisa (2015)

Com a soma dos valores das médias mensais das coletas convencionais e seletivas, tem-se uma análise acerca do município como um todo. A média mensal de RSU (domiciliares, comerciais e públicos) gerada no município de João Pessoa é de 21.293,24 toneladas e a média mensal de resíduos arrecadados pela coleta seletiva é de 108,25 toneladas. Em Brasília, na região administrativa tem-se uma média mensal de 68.724,75 toneladas de resíduos coletados de modo convencional e 4.633,60 toneladas coletadas seletivamente. Essa grande diferença justifica-se, além da elevada concentração populacional na região, pelos elevados índices de desenvolvimento sócio econômico. (JUCÁ, 2016).

Os valores dos resíduos que possuem destinos desconhecidos, representam 4% do valor gerado no município (PMJP, 2014), ou seja, 851,73 t/mês. Em Recife, estima-se que aproximadamente 3% dos domicílios têm os resíduos, conduzidos por vias paralelas à destinação tradicional em aterros sanitários, dispostos em terrenos baldios, canais, rios, bem como aqueles que ficam retidos no sistema de drenagem pluvial, obstruindo canaletas, galerias, provocando alagamentos e enchentes em diversos pontos da cidade. (SILVA, 2015). A ABRELPE, em seu anuário 2015, faz uma análise entre a comparação de RSU gerada e o montante coletado em 2015 no Brasil, 72,5 milhões de toneladas foram coletadas e 7,3 milhões de toneladas de resíduos ficaram sem coleta, segundo suas estimativas, o que resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8% para o país, ou seja, cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos, conseqüentemente, estão com destino desconhecido e certamente impróprio. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2015).

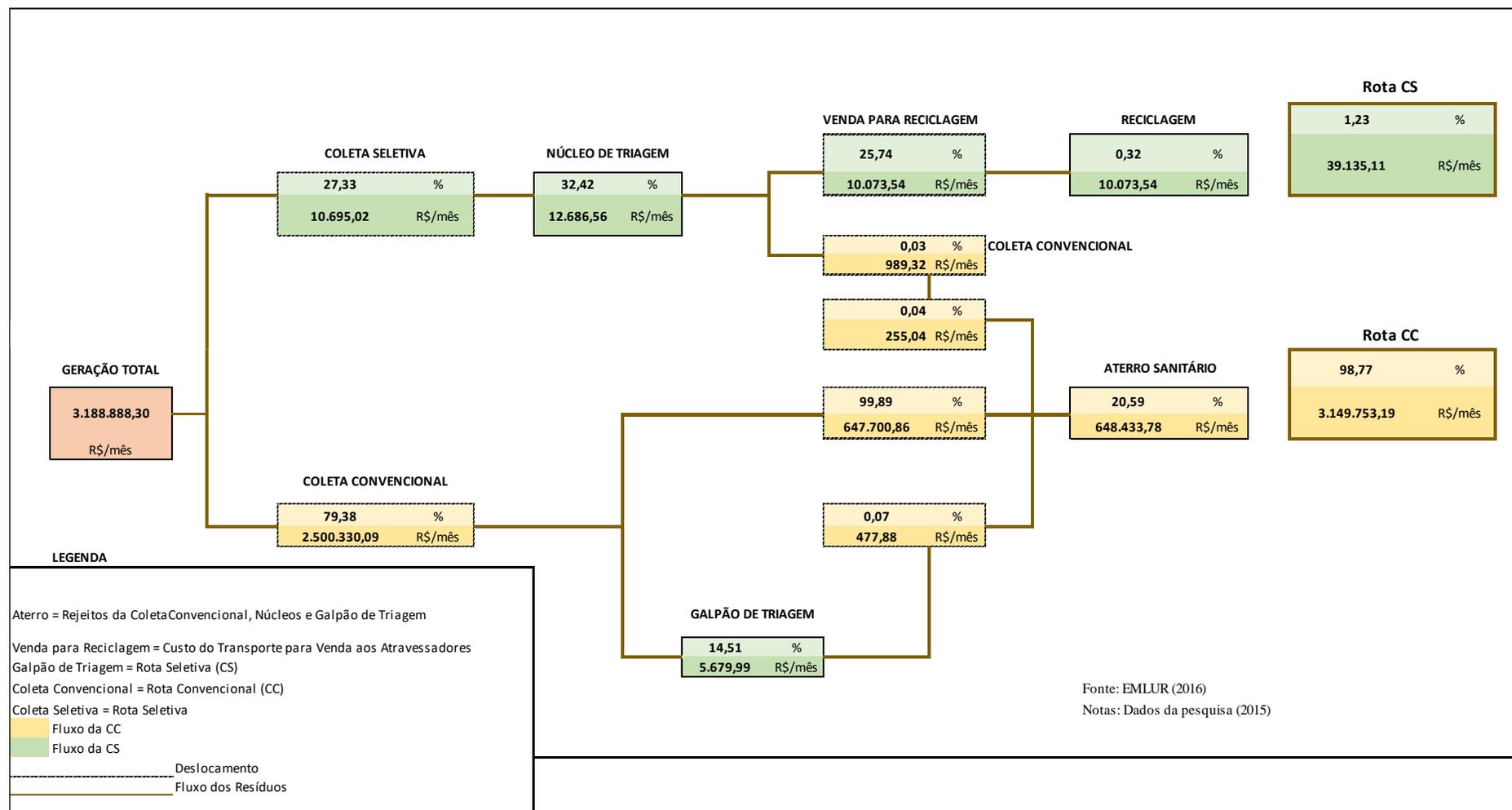
No tocante à disposição final, o município de João Pessoa destina ao aterro sanitário 95,52% dos resíduos gerados. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015), no Brasil, cerca de 42,6 milhões de toneladas de RSU, ou 58,7% do coletado, seguiram para aterros sanitários. Em João Pessoa, 99,52% dos resíduos coletados são destinados ao aterro sanitário, sendo que apenas 0,48% dos resíduos que têm como destino a indústria da reciclagem, uma média de 102,29 t/mês. Em Recife foram coletadas em 2012 1.081,18 toneladas de resíduos recicláveis através do programa de coleta seletiva, o que gera uma média de 90,10 t/mês (RECIFE, 2014b).

Segundo Jucá *et al.* (2014) cerca de 1/3 dos RSU gerados no ano de 2010 na Região Metropolitana de Washington DC foram encaminhados para um sistema de separação com objetivo a reciclagem, em João Pessoa, 0,48% dos resíduos gerados são encaminhados para fins da reciclagem. Tchobanoglous *et al* (1993) indica a reciclagem como a mais positiva ação entre as práticas do gerenciamento, o autor justifica que a ela é capaz de devolver matérias-primas do

mercado, economizando as puras e os finitos recursos naturais, tudo isso apenas separando reutilizáveis do resto do fluxo de resíduos municipais.

A Figura 56 apresenta o custo total das Rotas RTS e RTC, assim como o percentual de cada uma das etapas em relação a esse valor.

Figura 56 – Demonstrativo de Custos das Rotas Tecnológicas dos RSU (domiciliares, Comerciais e Públicos de João Pessoa) do município de João Pessoa



Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016)  
Notas: Dados da pesquisa (2015)

No Município de João Pessoa, os recursos aplicados para realização da coleta e da destinação final dos resíduos é R\$ 3.149.753,19 por mês. Para o cumprimento da rota tecnológica são necessários R\$ 39.135,11. Os gastos com a coleta seletiva representam apenas 1,23% do valor total da Rota do Município que é R\$ 3.188.888,30, e os gastos com a parte da Rota que não envolve a triagem de recicláveis é de 98,77%.

Em 2009 as despesas com a execução dos serviços de resíduos sólidos urbanos em Natal atingiu R\$ 124 milhões. Desse custo, 5,3% foi gasto com destino final e, demais recursos, gastos com pessoal próprio, terceirização dos serviços de coleta, varrição e demais serviços congêneres. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2012, p228).

Para Tchobanoglous *et al* (1993) as condições econômicas devem favorecer a reciclagem, aliás, elas a sustentam. O autor ainda sugere que o preço da reciclagem deve ser pelo menos U\$ 40 por tonelada, e lembra da importância de ter-se mercados estáveis para seus produtos. indica a reciclagem como a mais positiva ação entre as práticas do gerenciamento, o autor justifica que a mesma é capaz de devolver matérias-primas do mercado, economizando as puras e os finitos recursos naturais, tudo isso apenas separando reutilizáveis do resto do fluxo de resíduos municipais.

Colvero (2014) aplicou na sua metodologia de análise de custos de rotas tecnológicas uma comparação com o valor médio encontrado em vinte municípios brasileiros. A mediana achada para coleta seletiva é de R\$ 364,89/t, é uma média das despesas com programas de coleta seletiva de municípios como São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ, Curitiba/PR, Porto Alegre/RS, Goiânia/GO, Recife/PE, Campinas/SP, Santo André/SP, São José dos Campos/SP, Santos/SP, Salvador/BA, Londrina/PR, Florianópolis/SC, Belo Horizonte/MG, Brasília/DF, Rio Branco/AC, Itabira/MG, Manaus/AM, Cidade Oriental/GO e Dourados/MS. Em João Pessoa, o valor gasto por cada tonelada coletada é de R\$ 361,53, um valor pouco abaixo da mediana de Colvero (2014) e de capitais como São Paulo (R\$ 567,60), Curitiba (510,40), Belo Horizonte (R\$ 429,00) e Florianópolis (R\$ 508,20). O valor da rota tecnológica de João Pessoa está superior a de capitais como Rio de Janeiro (R\$354,20), Porto Alegre (R\$ 323,40), Recife (R\$ 239,80) e Salvador (R\$ 140,80). Esse valor encontrado em João Pessoa está coerente com esses valores apresentados pelo autor. Vale destacar, que uma análise comparativa profunda requer o conhecimento da origem desses custos e cobertura e eficiência da coleta Seletiva.

Colvero (2014) também apresentou custos totais da rota tecnológica do município Cidade Oriental/GO, um município que possui 55.915 habitantes. A rota tecnológica sem triagem de recicláveis custa R\$ 156,55/t (coleta e destinação final em aterro sanitário). Em João Pessoa, a Rota sem coleta seletiva/triagem (RTC) custa R\$ 156,00/t, valores bem próximos. A

mediana calculada pelo autor para a rota tecnológica sem triagem de recicláveis de trinta e dois municípios brasileiros é de R\$ 120,25/t. Para as Rotas sem triagem/coleta seletiva o custo município de João Pessoa encontra-se acima da média nacional. Também vale a observação de que os melhores efeitos comparativos se dão com a especificação detalhada de variáveis demográficas, sociais e operacionais.

A Tabela 30 traz um resumo acerca dos custos das rotas tecnológicas do município de João Pessoa extraídos do seu demonstrativo de custos.

Tabela 30 – Resumo dos Custos das Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa

	<b>Custo Total da Rota (R\$)</b>	<b>Custo por Pessoa (R\$)</b>	<b>Custo por Domicílio (R\$)</b>	<b>Custo por quilômetro (R\$)</b>	<b>Custo por tonelada (R\$)</b>
Rota Tecnológica CC	3.188.888,30	4,05	13,24	30,51	156,00
Rota Tecnológica CS	39.135,11	2,22	7,17		361,53
Rota Tecnológica Total	3.149.753,19	4,00	13,08	154,91	154,91

Fonte: Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

Notas: Dados da pesquisa (2015)

Com os dados do demonstrativo de custos correlacionados aos dados demográficos do município calcula-se os Indicadores de Custo como Custo por Pessoa, Custo por Domicílio, Custo por Quilômetro (para a Rota RTC) e Custo por Tonelada. Rodrigues Magalhães Filho e Pereira (2016) desenvolveram pesquisas acerca de custos anuais dos resíduos sólidos em algumas capitais brasileiras e afirmam que os gastos aplicados na coleta de RSU e demais serviços de limpeza urbana - coleta de resíduo sólido, varrição, destinação de resíduos e outros – são heterogêneos entre as capitais brasileiras, e que os custos per capita são maiores nas capitais da região sudeste (R\$ 185,96 hab/ano, em média), seguidos pelas capitais da região Norte (R\$ 163,85 em média), capitais do Nordeste (R\$ 151,23 hab/ano em média), capitais do Sul (R\$ 125,86 em média) e capitais do Centro Oeste (R\$ 101,62 hab/ano média). O valor per capita de João Pessoa para coleta e destinação final é R\$ 4,05 hab/mês (Tabela 30), em valores anuais R\$ 48,60 hab/ano. Ocorre que nos custos levantados por Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016) são considerados todos os serviços da limpeza urbana como varrição, pintura de meios fios etc. Em João Pessoa, segundo Orçamento Estimativo de Referência do Edital de Concorrência Pública 01/2013 os gastos totais mensais com limpeza pública somam R\$ 7.888.819,34, quase o dobro do valor gasto com a rota tecnológica RSU. Para fins de

comparação, esse valor global da limpeza pública de João Pessoa transformado em despesa anual, gera um custo anual de R\$ 117,18 hab/ano.

Na região nordeste são gastos por mês em média R\$ 8,54 reais por pessoa com os serviços de limpeza urbana, vale ressaltar que nesse valor está incluído o serviço de varrição, capina e manutenção dos equipamentos públicos. Em João Pessoa, segundo cálculos da pesquisa esse valor é de R\$ 9,76/hab/mês. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2015).

### **5.5 Propostas de Rotas Tecnológicas do Município de João Pessoa/PB**

A viabilidade das técnicas de tratamento e disposição final das rotas tecnológicas requer o conhecimento da situação local, aspectos sociais, culturais e econômicos da população, tecnologias de tratamento aplicadas e legislação vigente. O processo consiste em confrontar as tecnologias identificadas com os mercados acerca de seus produtos. Ademais em assim procedendo também há de ser seguido o preconizado pela PNRS nos seus objetivos, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; e nos seus princípios quando prega a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública. Importa notar que o sistema aqui proposto trata de uma recomendação a qual merece que sejam feitos estudos protótipos e de viabilidade, que, todavia, não fazem parte desse levantamento.

A análise acerca de experiências internacionais na gestão dos resíduos sólidos colabora com planejamento da gestão no Brasil no entanto,

[...] sabe-se que nos países mais ricos que geram maiores quantidades de resíduos e de rejeitos, existe mais capacidade de equacionamento da gestão, por um somatório de fatores que incluem recursos econômicos, preocupação ambiental da população e desenvolvimento tecnológico. Em cidades de países em desenvolvimento com urbanização muito acelerada, verificam-se déficits na capacidade financeira e administrativa dessas em prover infraestrutura e serviços essenciais como água, saneamento, coleta e destinação adequada do lixo e moradia, e em assegurar segurança e controle da qualidade ambiental para a população (JACOBI; BESEN, 2011).

Esses aspectos devem ser considerados quando da proposição de tecnologias de tratamento dos resíduos. Entretanto busca-se apoio em modelos de gestão adotados nestes países tais como os incentivos seletivos que buscam inibir a geração e o mau gerenciamento de resíduos sólidos. Jucá *et al* (2014) recomendam que a identificação de rotas tecnológicas em

análises prospectivas facilita o entendimento e a comunicação de estratégias, objetivos e ações prioritárias a serem analisadas por um gestor durante um processo decisório. Os autores afirmam que

[...] De uma forma geral, as políticas públicas internacionais da Europa, Japão e Estados Unidos (EUA) tiveram um papel fundamental na definição dos modelos de gestão, tratamento e destinação final dos RSU, considerando seus aspectos econômicos, desenvolvimento tecnológico, restrições ambientais (inclusive de áreas disponíveis e clima) e matriz energética. Assim, as alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos foram definidas de modo particular por cada um dos países, ou ainda respeitando uma legislação continental (no caso da União Europeia). (JUCÁ *et al*, 2014, p.45).

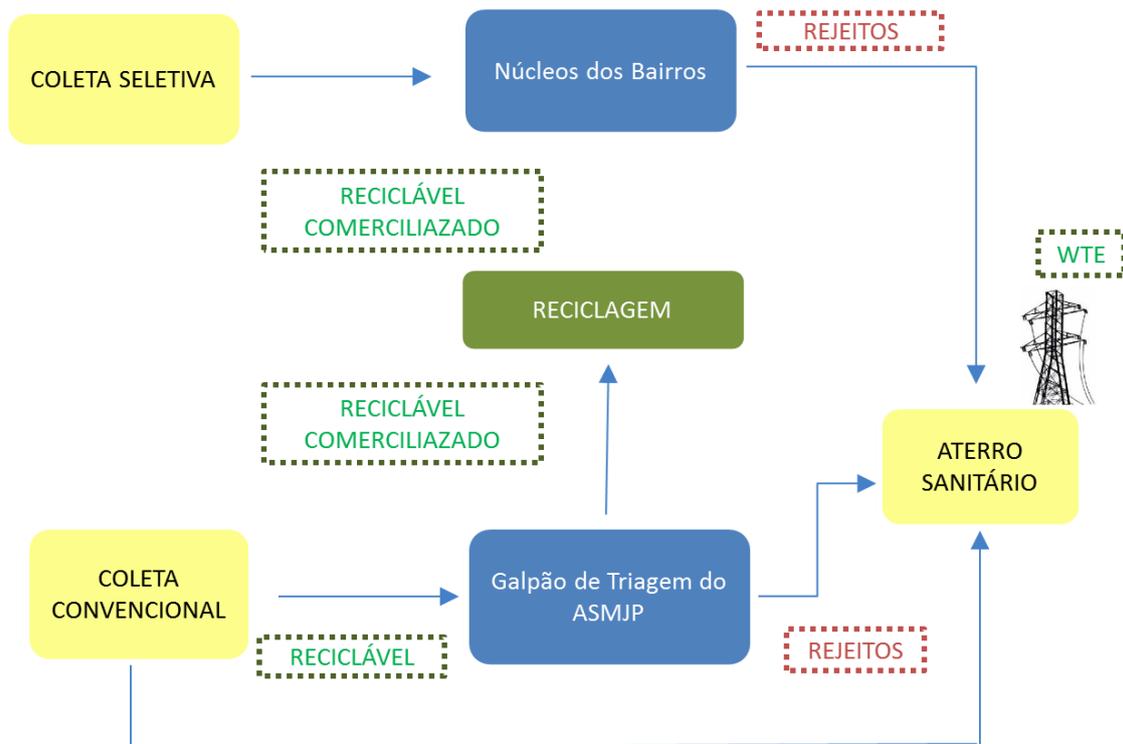
A sugestão de rotas tecnológicas para a gestão de RSU no município segue o direcionamento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, tendo como sugestão a busca de novas fontes de financiamento da gestão de resíduos sólidos, afinal esse novo marco regulatório traz responsabilidades que devem representar aumento dos custos de limpeza urbana quando obrigada a regularização da disposição final dos resíduos, a recuperação dos mesmos, o aproveitamento energético e do biogás dos aterros.

A depender apenas do atual modelo de cobrança (basicamente Taxa de Coleta de Resíduos - TCR), permanecerão as dificuldades, afinal atual modelo não sustenta as despesas. Essas modificações nas rotas tecnológicas do município deve atender as condições financeiras, técnicas e operacionais.

Diante do exposto, entende-se que um cenário adequado para as características do município estudado, é o da consolidação da coleta convencional diferenciada, a expansão da coleta seletiva e a inserção de novas tecnologias, como a implantação de uma usina de compostagem e utilização de algumas células do aterro para a biometanização através de biodigestores, sempre seguindo a hierarquia dos 3R's (reduzir, reciclar e reutilizar), para posteriormente realizar tratamentos, físico, químico e biológico ou térmico, e o devido aterramento dos rejeitos. Assim, após análise técnica, econômica e ambiental da gestão dos RSU do município de João Pessoa, seguem as propostas de rotas tecnológicas desenvolvidas por esse estudo.

Na Figura 58 está apresentada uma rota tecnológica similar ao existente na atual conjuntura, alguns bairros participantes da coleta seletiva colaboram com a reciclagem. Os resíduos que são coletados pela coleta indiferenciada seguem para o aterro sanitário e lá não passam por nenhuma tecnologia.

Figura 57 – Proposta 1: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com aproveitamento de biogás



Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 57 percebe-se que a proposta 1 é a instalação de uma usina de aproveitamento energético, com captação do biogás e geração de energia. Esta tecnologia visa mitigar os gases oriundos da decomposição dos resíduos e destiná-los a fins diversos que não seja a emissão desordenada para a atmosfera. Para Henriques, Oliveira e Costa (2004) é tecnicamente viável reduzir as emissões de metano de aterros sanitários a aproximadamente 50% das emissões geradas, sendo a maior parte também economicamente viável devido à proximidade dos aterros aos grandes centros urbanos. Para o caso em estudo o aterro sanitário é localizado a menos de 25 quilômetros do centro urbano do município de João Pessoa e está inserido na zona rural do município.

Em paralelo, sugere-se a criação e o estabelecimento de políticas que enfoquem o princípio dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), e, assim, implementar as políticas já desenvolvidas em benefício a reciclagem. A eficiência da gestão de RSU está relacionada ao sucesso de mecanismos de conscientização da população e de instrumentos de comando e controle que conduzam a penalidades pelo descumprimento do estabelecido na legislação reforçados pela atuação de agentes fiscalizadores.

Outro aspecto relevante é que a opção de tratamento térmico como aproveitamento energético não é confrontada com a opção da triagem, reuso, reciclagem (princípio dos 3R's), pois as prioridades estabelecidas nas políticas públicas orientam para,

primeiramente separar os resíduos que podem ser reaproveitados e reciclados (valorização física e biológica), e posteriormente, encontrar soluções tecnológicas adequadas para o tratamentos dos resíduos que não foram aproveitados, sempre buscando sua valorização energética (JUCÁ et al, 2013, p. 63).

Para os autores supra citados algumas políticas internacionais estabeleceram uma hierarquia para gestão dos resíduos, de tal forma que foram maximizados seu aproveitamento (energia e materiais) e minimizados seus impactos ambientais. Os termos “Waste to Energy (WTE)”, Energia Derivada dos Resíduos, “Waste to Resource (WTR)”, Recuperação dos Resíduos, entre outros, surgiram destas políticas protagonizadas pelos Governos dos EUA, Japão ou União Europeia (UE) (JUCÁ *et al*, 2013). A Energia Derivada dos Resíduos ou WTE evoluiu do “Gás do Lixo” que era apenas percebido, e algumas vezes, eliminado sem precauções devido às suas consequências na operação dos lixões ou aterros controlados.

Para a EPE (2008) a produção máxima de metano é alcançada pouco tempo após a deposição do material, seguida de decaimento exponencial, mais lento ou mais rápido dependendo do material. A quantidade de metano produzida até a decomposição total corresponde, em peso, a cerca de 5% dos restos de alimentos depositados em aterro e a 13,5% da quantidade de madeira. Para os têxteis, a relação é de 8%. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2008, p. 23).

A aplicação de qualquer tecnologia sugerida requer o balanço entre a oferta de insumos (resíduos) e demanda do processo a ser instalado, não há como instalar uma usina de aproveitamento energético de biogás se o produto resultante dessa usina não condiz com o a necessidade mercadológica da energia/biogás.

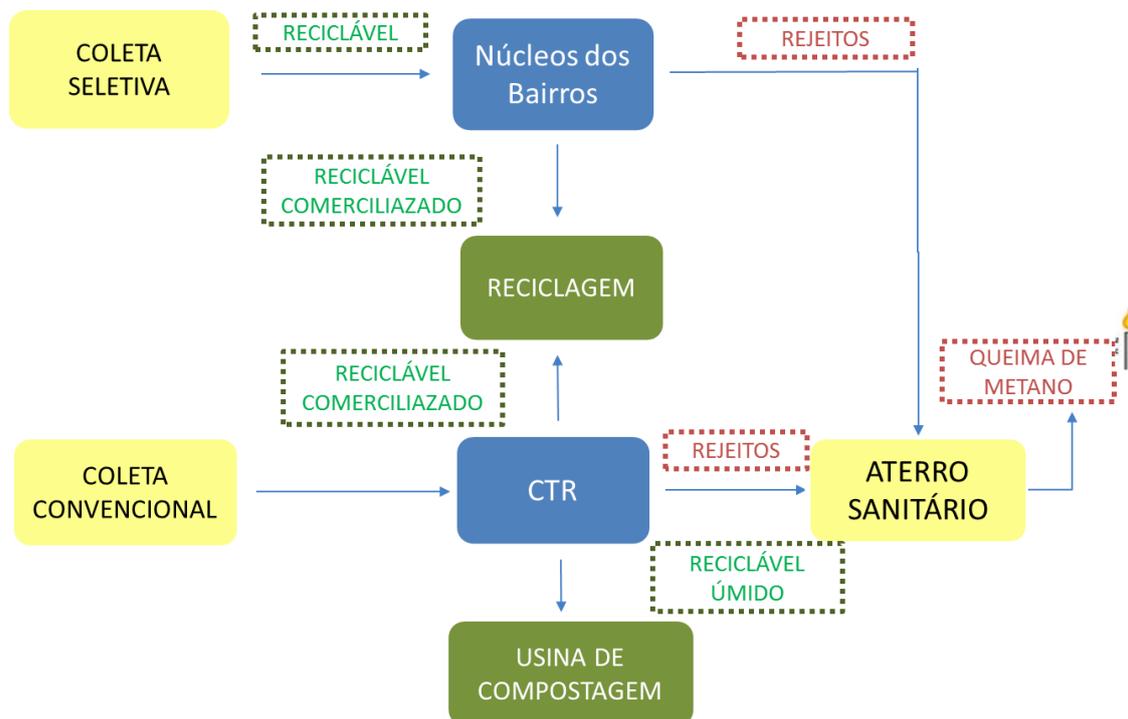
A proposta dessa rota é promover soluções de prevenção na geração dos resíduos, universalizar a coleta regular, induzir a coleta diferenciada e incentivar alternativas que produzissem um maior valor agregado aos resíduos gerados pela sociedade e, por fim, dar uma destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos com o aproveitamento energético dos gases gerados na decomposição dos resíduos.

Em todos as propostas também se faz necessário a criação de políticas públicas que evoluam a educação da população, mostrando vantagens ambientais que podem ser obtidas com a sua colaboração com a reciclagem e a recuperação dos resíduos ao invés da simples disposição final “legal”. Outras vantagens devem ser apresentadas à população como a redução da emissão de gases que causam o efeito estufa, a conservação dos combustíveis fósseis, a possibilidades de se obter um composto rico em nutrientes para solo, entre outros. Outros fatores podem ser criados como o ganho econômico no aproveitamento/recuperação dos resíduos e aumentos dos custos para as tecnologias de apenas disposição final. Afinal, segundo Jucá *et al* (2013) uma rota tecnológica mais complexa, que envolva uma coleta diferenciada, reciclagem, digestão

anaeróbia ou incineração com geração de energia e aterro sanitário, se possui uma legislação ambiental bem definida e rigorosa, com maior proteção ao meio ambiente, a tendência é que os custos finais do sistema sejam maiores.

Para Jucá *et al* (2013) as tecnologias de tratamento devem ser complementares, não sendo recomendada a proposição ou implantação de tecnologias que não se complementem, apesar de recomendáveis individualmente. Essa observação feita pelos autores evidencia a importância de estudos acurados acerca das especificidades dos resíduos, da oferta e demanda dos produtos resultantes do processo de tratamento, além da viabilidade econômica. A Figura 59 mostra a segunda proposta de rotas tecnológicas para o município a qual acolhe essa observação, acolhendo a junção da reciclagem com a compostagem sem aproveitamento energético.

Figura 58 – Proposta 2: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de uma CTR sem aproveitamento de biogás



Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 58 nota-se a criação de uma Central de Tratamento de Resíduos onde se estabeleça a implantação de processos mecânico-biológicos que otimizem a recuperação dos resíduos orgânicos e inorgânicos por meio de uma preparação dos materiais que serão beneficiados através da compostagem e da reciclagem. Na CTR são aplicadas estratégias que

permitam a valorização do material compostado e reciclável e diminuam a quantidade de resíduos a serem encaminhados ao aterro.

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.

A reciclagem depende da economia local e do mercado de cada um dos materiais triados. O custo do beneficiamento da maioria dos materiais recicláveis ainda é considerado elevado em relação ao custo de matéria-prima virgem. Sua importância está relacionada à redução do uso de recursos naturais e insumos nos processos industriais, contemplando uma inovação tecnológica denominada “Recuperação de Materiais” (Waste To Resources-WTR) (JUCÁ *et al*, 2014, p. 48).

Para os autores as unidades de triagem evoluíram para um tratamento mecânicos-biológicos (TMB), cujos produtos são matéria-prima para reciclagem de inorgânicos e compostos orgânicos para a compostagem ou a digestão anaeróbia.

Como busca-se a redução do encaminhamento da matéria orgânica ao aterro com a instalação de composteiras, não se empregou a tecnologia de aproveitamento energético – WTE no aterro sanitário. Mas fica o registro que em várias pesquisas sobre a gestão dos resíduos na Europa a orientação é a redução ao máximo do uso do aterro sanitário. Reduzir a fração de resíduos que é enviada para aterros é um dos objetivos da nova legislação espanhola relativa aos resíduos sólidos (BOVEA *et al*, 2010).

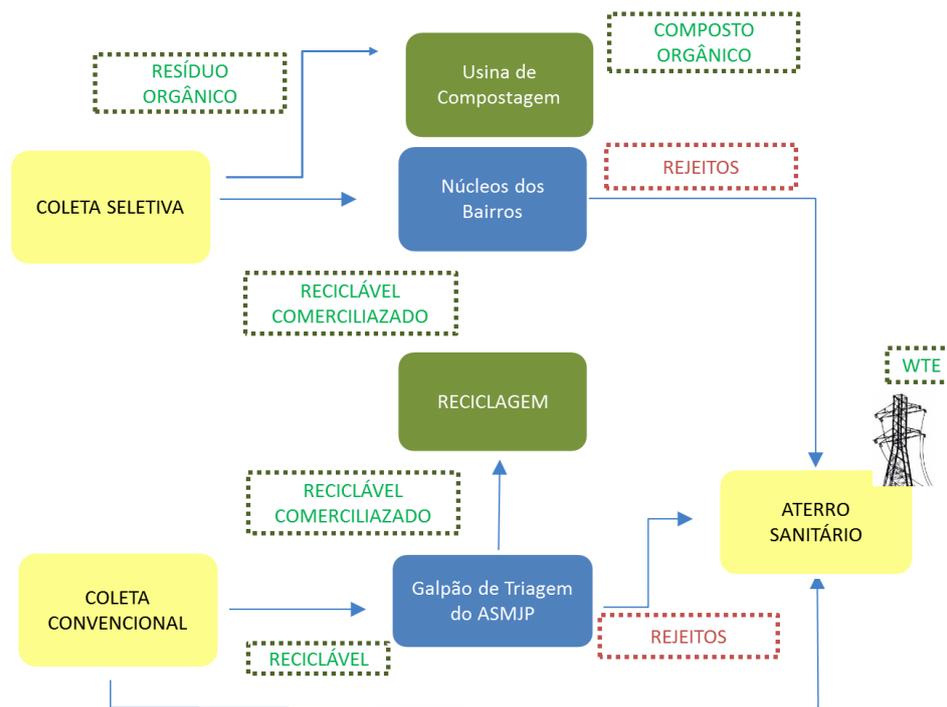
Gomes, Aquino e Colturato (2012) afirmam que o principal aspecto negativo dos aterros sanitários é que, mesmo com os sistemas de coleta e queima do biogás gerado, uma parcela significativa deste gás não é captada pelo sistema, sendo então emitida para a atmosfera. Sob esse aspecto os autores relatam a justificativa pelo qual foi aprovada a Diretiva Europeia 1999/31/CE que estabelece restrições na disposição de materiais orgânicos em aterros sanitários, obrigando os países membros da comunidade europeia a buscarem formas eficazes para o tratamento da fração orgânica dos RSU. Logo após Diretiva Europeia a Índia também aprovou a legislação The Indian Municipal Solid Waste (GOVERNMENT OF INDIA, 2000), a qual estabelece a obrigatoriedade da segregação dos resíduos na fonte de geração e proíbe a disposição em aterros sanitários de resíduos orgânicos, exigindo que a fração orgânica receba algum tipo de tratamento biológico adequado. (VOEGELI; ZURBRÜGG, 2008).

Após audiências públicas, a versão do Plano Federal de Resíduos Sólidos disponibilizada na internet em fevereiro de 2012 apresenta até três cenários para o atendimento

das metas estabelecidas, que envolvem a recuperação de lixões, a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos em todos os Municípios, a redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterros e inclusão de catadores, a redução dos resíduos sólidos úmidos em aterros e recuperação de gases em aterros, etc (MMA, 2012).

A Figura 59 mostra a terceira proposta de rotas tecnológicas para o município.

Figura 59 – Proposta 3: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de um sistema de compostagem e aproveitamento energético



Notas: Dados da pesquisa (2015)

Na Figura 59 tem-se a demonstração da terceira proposta de rotas tecnológicas no qual propõe-se a adequação do atual sistema de coleta seletiva ou criação de um sistema de coleta que efetua a busca dos resíduos orgânicos. Esses resíduos devem ser encaminhados a uma central de compostagem.

A proposta de expansão da coleta seletiva merece uma atenção especial dos gestores. Sabe-se que o sistema de coleta seletiva atuante no município de João Pessoa é exercido por associações de (ex) catadores com algum apoio da EMLUR. No entanto, isso não garante a eficiência da recuperação de materiais recicláveis/compostáveis, pois para os melhores resultados de coleta seletiva há a necessidade de um planejamento integrado e eficiente que garanta a participação da população e assegure o sucesso das iniciativas de reciclagem dos materiais. Afinal, como lembra Jucá *et al* (2014) “é sabido que as cooperativas de ex-catadores de lixões vêm apresentando problemas de natureza operacional, gerencial, econômica e

política.” Assim sendo, não se pode entregar a gestão e o gerenciamento da coleta seletiva às associações ou cooperativas.

Em João Pessoa, como já apresentado tem-se uma geração de 49% dos RSU de matéria orgânica o que viabiliza a escolha da tecnologia de compostagem para formação das novas propostas da pesquisa. Apesar desse montante, as ações de compostagem ainda são incipientes no município, seja pela falta de demanda no mercado, seja pela baixa qualidade do produto nacional atualmente.

É importante salientar, que a consideração das tecnologias de compostagem em uma rota pressupõe uma etapa prévia de coleta de material pré-selecionado, que implicaria em uma coleta especial. Levando-se em conta as dificuldades financeiras dos municípios, a implantação de uma coleta seletiva de materiais recicláveis e outra específica para os resíduos orgânicos é impeditiva para a quase totalidade dos municípios brasileiros (JUCÁ *et al.*, 2014, p. 158).

Para Jucá *et al* (2014) a adoção de determinada forma de tratamento implica na separação prévia dos resíduos, com base em coleta diferenciada, sem a qual não haverá resultados efetivos do tratamento ou do sistema. A intenção é que nas unidades de triagem que recebem resíduos que já passaram por um processo de segregação (mesmo que caseiro) forneçam às indústrias recicladoras um resíduo segregado, limpo e beneficiado, aumentando a eficiência dos processos. Deste modo, a adoção de unidades de triagem pelos municípios contribui diretamente para a melhoria do saneamento básico e indiretamente para a redução do consumo de matéria-prima e da poluição ambiental na produção do material secundário.

Importante considerar que os compostos produzidos devem apresentar qualidade que os considerem como nutrientes para solo. As usinas de compostagem têm que atender a demanda existente, assim como promover uma continuidade na entrada dos resíduos, além de proporcionar o acompanhamento dos fatores que regem a compostagem no pátio. Existem diversos equipamentos para reciclagem orgânica que compõem uma usina de compostagem de forma a manter a qualidade do composto.

Ao lado dos evidentes benefícios ambientais, sanitários e sociais gerados pela compostagem, na proposição de rota tecnológica 3, também há o aproveitamento energético dos RSU que já é considerada uma tecnologia madura pela Empresa de Pesquisa Energética (2008).

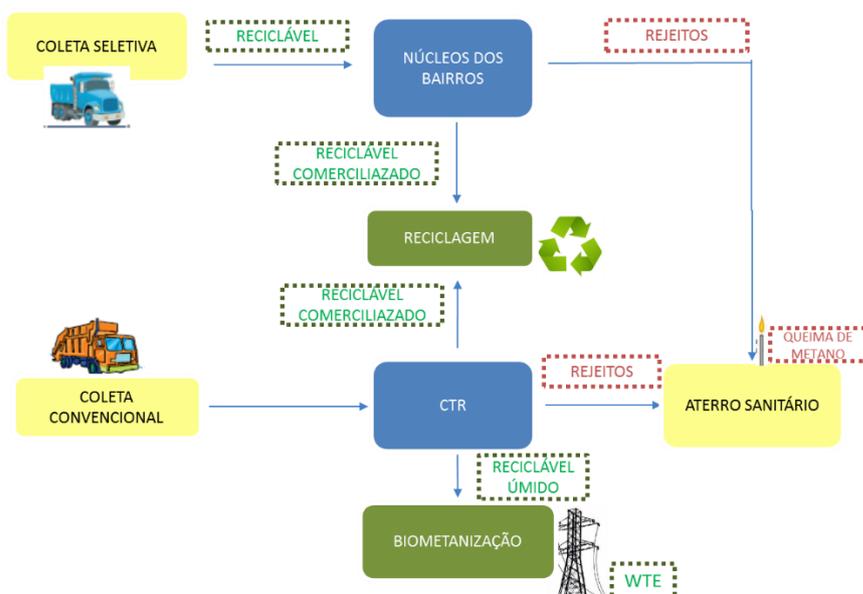
A tecnologia de aproveitamento do gás de lixo (GDL), ou biogás produzido nos aterros (landfill gas), é o uso energético mais simples dos RSU. É uma alternativa que pode ser aplicada a curto e médio prazos para os gases produzidos na maioria dos aterros já existentes, como ocorre em centenas de aterros de diversos países. Consiste

na recuperação do biogás oriundo da decomposição anaeróbica da fração orgânica de RSU, por ação de microorganismos que transformam os resíduos em substâncias mais estáveis, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água, metano (CH<sub>4</sub>), gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), mercaptanas e outros componentes (NMOCs - non methane organic compounds) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2008, p. 35).

Esse aproveitamento energético reduz as emissões de metano e ao mesmo tempo promove economia de energia. Em instalações já consolidadas pode haver a receita pela comercialização da energia não utilizada e/ou de créditos de carbono, além do benefício ambiental.

Na Figura 60 mostra-se a quarta proposta de rota tecnológica.

Figura 60 – Proposta 4: Rota tecnológica de tratamento e disposição final com implantação de uma CTR com instalação de uma usina de biometanização com aproveitamento de biogás



Notas: Dados da pesquisa (2015)

Mostra-se na Figura 60 a forma mais evoluída do tratamento biológico, a digestão anaeróbia acelerada associada a aproveitamento energético. O tratamento biológico evoluiu com técnicas de compostagem mais eficientes, além dos biodigestores anaeróbios que produzem compostos orgânicos e até adubos, quando são introduzidos componentes químicos. Além disso, os biodigestores anaeróbios podem produzir energia através do metano gerado no processo de decomposição dos resíduos orgânicos.

As unidades de digestão anaeróbia, em geral, podem ser descritas tecnicamente em quatro estágios:

- (i) pré-tratamento,
- (ii) digestão dos resíduos,

- (iii) recuperação do biogás e
- (iv) tratamento dos resíduos digeridos.

A grande vantagem da biometanização é a possibilidade de aliar a adoção de práticas ambientalmente adequadas na gestão dos RSU e a recuperação do potencial energético dos resíduos, fomentando a implantação de sistemas alternativos de gerenciamento dos RSU.

Como a maioria dos sistemas requer pré-tratamento dos resíduos para se obter uma massa homogênea, propõe-se o uso de uma CTR onde se execute pré-processamento que envolve a separação dos materiais não biodegradáveis os quais seguirão para serem triturados e também a triagem de material recicláveis e inservíveis (metais e materiais inertes) que devem ser retirados do processo de forma a não comprometer os resultados do composto e do aproveitamento energético. Esse processo geralmente utiliza a tecnologia do tratamento mecânico-biológico na qual o RSU é submetido a processos manuais e mecanizados de triagem para recuperação de materiais recicláveis e tratamento da fração orgânica dos resíduos.

A eficiência do processo de biometanização não é somente decorrente do sucesso do equipamento, reator, nela também influenciam fatores ambientais como temperatura, pH, carga orgânica aplicada, entre outros. Juntamente a isso, a eficiência da biometanização depende da dinâmica microbiana, pois são os micro-organismos os responsáveis diretos pelo funcionamento do sistema anaeróbio. (BIANCO *et al*, 2015). Quanto a viabilidade econômica Jucá *et al* (2014) conferem alguns fatores como favoráveis: a redução dos custos de disposição em aterro sanitário; geração de receita pela venda de energia renovável e ainda a possibilidade de comercialização de créditos de carbono .

A digestão anaeróbica se consolidou como tratamento biológico para a massa orgânica dos resíduos. Segundo De Baere (2006) quase 4 milhões de toneladas por ano em capacidade de digestão foi instalado através da construção de mais de 120 plantas em grande escala. O autor atribui que os fracassos se deram devido ao mau planejamento, inclusive financeiro, design e funcionamento.

Em 1990, a Europa dispunha de apenas 3 plantas industriais para a biometanização de resíduos orgânicos, provendo uma capacidade instalada de 87.000 t.ano<sup>-1</sup>. Em 2009 existiam 171 plantas, tendo sido estimado para o final de 2010, uma capacidade total instalada de 5.204.000 t.ano<sup>-1</sup>, o que representaria um acréscimo de quase 6.000% em um período de 20 anos (DE BAERE, 2006).

Para Bianco *et al* (2015) a biometanização facilitaria a adequação dos municípios brasileiros à Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010, a qual prioriza o não

aterramento da fração orgânica e a recuperação energética dos resíduos. Vários aspectos atrapalham a implantação da tecnologia para tratamento de resíduos orgânicos no Brasil,

[...] ausência do hábito de separação dos resíduos na fonte, bem como da implantação de coleta seletiva na maioria dos municípios; inexistência de uma configuração de tratamento anaeróbio adaptada às condições brasileiras; longo tempo de estabilização dos resíduos pelo processo anaeróbio quando comparado com o aeróbio e restrito conhecimento quanto à partida, operação e controle do sistema (BIANCO *et al*, 2015).

Vale a reflexão de que enquanto a digestão aeróbia (compostagem) é uma consumidora de energia elétrica (50 a 75 kwh/t), a digestão anaeróbia (biometanização) pode gerar (48 a 104 kwh/t) com uma eficiência de 31% (HENRIQUES; OLIVEIRA; COSTA, 2004). A biometanização recupera energia, reduz uso de combustíveis fósseis e emissão de gases do efeito estufa, retornam nutrientes ao solo, além de fornecerem créditos de carbono.

## 6 CONCLUSÃO

O conhecimento acerca das rotas tecnológicas promove uma compreensão da gestão dos resíduos sólidos por meio de um aprofundamento das ações e operações do ponto de vista holístico. A alternativa tecnológica do tratamento passa a ser um fator determinante na solução sustentável do problemas causados pelos resíduos sólidos. As variáveis sociais, ambientais, econômicas e políticas, quando bem identificadas e diagnosticadas, permitem estabelecer prioridades e soluções tecnológicas que atendam às condições do município e às recomendações legais. Coube ao presente estudo dedicar-se a explorar o universo da gestão dos resíduos sólidos do município de João Pessoa e suas rotas tecnológicas. Assim, a seguir, serão resumidos os resultados apresentados e propostos pelos objetivos da pesquisa diante de algumas sugestões de trabalhos que possibilitem uma maior reflexão acerca da gestão de resíduos sólidos.

Frente aos diversos desafios técnicos, ambientais e legais, encontrados pela administração pública para a gestão dos serviços de limpeza urbana, é importante o reconhecimento, por meio de estudos, de indicadores que possibilitem a realização de uma gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos. Tendo em vista a existência de diferentes alternativas para tratamento e destinação final dos RSU, cabe aos gestores a busca pela melhor tecnologia considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais. Sendo assim, esse trabalho promoveu a difusão de esclarecimentos acerca dessas questões de forma a colaborar com uma análise técnica adequada, baseada em critérios científicos.

A fim de promover o estudo acerca da gestão dos resíduos sólidos foi realizado um levantamento de algumas variáveis que possibilitasse a correlação com os indicadores de custo, assim foram pesquisados dados sócio-demográficos do município como população, renda, área, a sua divisão por bairros com as respectivas rendas e populações, número de domicílios, além da quantidade de resíduos gerada, total do percurso da coleta indiferenciada de resíduos, existência de coleta seletiva e densidade demográfica. Com esse levantamento segmentou-se a área de estudo em 3 lotes e em seguida, em unidades menores (setores), mais homogêneas com relação a coleta indiferenciada. Os lotes possuem população equivalentes, em todos há galpões para triagem de material reciclável, assim como coleta seletiva desses materiais. A coleta seletiva encontra-se em todos os lotes, com galpões de apoio a triagem dos materiais recicláveis. Percebeu-se a maior parte da classe A, 11,39% da população concentra-se no Lote 1, a classe B está mais representada no Lote 2 com 8,18% da população e o Lote 3 apresenta uma população representada por 21,64% da classe C.

Com a correlação das variáveis investigativas compreendeu-se a relação custo da gestão de resíduo com as classes sociais. Assim, foi analisada a variável de geração per capita de resíduos sólidos e correlacionada com a renda por lote. O que se percebeu é que, diferente do esperado, o lote que possui a maior renda média domiciliar não é o maior gerador de resíduos por habitantes. O lote com maior variável de geração per capita é o Lote 2 com uma geração de 0,98 kg/hab.dia, um valor bem acima do encontrado para o município que foi de 0,90 kg/hab.dia. Esse resultado leva a reflexão acerca da heterogeneidade da população dos lotes que possuem classes distintas, e aqueles maiores geradores podem elevar essa variável. No Lote 2, tem o bairro de Tambaú e de Cabo Branco, que possuem as maiores médias de renda domiciliar, e também bairros como o Distrito Industrial que possui uma média de renda inferior aos bairros classe E do Lote 3. Assim, sugere-se que o conhecimento efetivo da geração per capita de uma determinada população seja conhecido por meio da pesagem individualizada da mesma a fim de que se obtenham resultados mais precisos.

Conclui-se também que, dentre os setores que fizeram parte do objeto da pesquisa, as classes sociais mais altas detêm os maiores custos por pessoa e por domicílio para operacionalizar a coleta e a destinação final, o custo por quilômetro mais caro foi percebido nas classes sociais, C, D e E. Não se percebeu nenhuma relação dos custos com a densidade demográfica. Os custos operacionais da rota tecnológica RTC (sem coleta seletiva) do Lote 1 é R\$ 157,73/t, no Lote 2 esse mesmo custo é R\$ 154,76/t e no Lote 3 o custo da Rota RTC é de R\$ 151,95/t. Esses custos são equivalentes às rendas médias domiciliares, ou seja, o lote com maior média de renda possui um maior custo para operacionalizar a rota. Quanto aos custos das rotas tecnológicas RTS, segue-se a mesma equivalência às rendas das rotas RTC, assim, a rota com tratamento que possui o maior custo é a rota do Lote 1 que custa R\$ 380,31/t, no Lote 2 o custo da rota RTS é R\$ 356,15/t e o custo da rota RTS no Lote 3 é R\$ 324,67/t.

Ao serem estruturadas conforme seus componentes, as rotas tecnológicas para tratamento e disposição final dos RSU (domiciliares/públicos e comerciais) do município de João Pessoa percebeu-se que a única forma de tratamento existente, excetuando o tratamento biológico dado no aterro sanitário, é a triagem, que ocorre em alguns núcleos de coleta seletiva. A disposição final dos resíduos sólidos estudados na pesquisa é o aterro sanitário metropolitano. Assim, como componentes das rotas tecnológicas do município tem-se a geração dos resíduos, as duas formas de coleta existentes, seletiva e convencional, e o destino final dos mesmos, a indústria da reciclagem e o aterro sanitário.

A pesquisa estudou os quantitativos gravimétricos dos resíduos do município. O conhecimento da composição dos RSU colabora com o processo de tomada de decisão da

administração. A escolha por determinados processos e rotas requer o conhecimento da gravimetria dos resíduos, principalmente da sua massa orgânica e do potencial de reciclagem. O estudo da gravimetria dos resíduos sólidos por lote e bairros facilitou a compreensão da operação da coleta seletiva, assim como dos serviços de triagem. Com base nos dados obtidos e visualização em campo, foi possível verificar uma deficiência na segregação dos resíduos e/ou na coleta seletiva. O percentual de 20,60% de toda massa de resíduos pesquisada corresponde a resíduos potencialmente recicláveis que não foram segregados pela triagem, o que prejudica o reaproveitamento desses materiais para reciclagem, desfavorecendo as cooperativas e/ou associações de catadores de materiais recicláveis. Do ponto de vista ambiental, esse material ocupa um desnecessário espaço no ASMJP e seu aproveitamento poderia prolongar a vida útil em 7,51 anos. A questão financeira é relacionada ao pagamento para coleta e disposição final de um material considerado como recurso para PNRS, onerando mensalmente a PMJP em R\$ 648.849,16, que representa 20,60% do custo da rota do município. Em contrapartida, a transferência de 20,60% da massa de resíduo coleta para a coleta seletiva, requer um investimento no setor, inclusive para reduzir o custo mensal de R\$361,52/t para a rota tecnológica que envolve a triagem dos resíduos. Manter esse custo unitário inviabiliza o aproveitamento dessa massa de resíduos.

Vários fatores podem contribuir para essa situação, o investimento em equipamentos e o treinamento dos profissionais que executam os serviços de coleta e o esclarecimento à população podem proporcionar a separação adequada dos resíduos de acordo com a disposição para a coleta seletiva e coleta convencional e promover a auto sustentação do sistema.

Foram encontrados durante a caracterização significativos quantitativos de resíduos que deveriam ser destinados a outras coletas e não as analisadas neste estudo, como exemplos dos especiais, inertes e verdes (podas e sementes), que juntos corresponderam a 19,12%. Também de acordo com a pesquisa realizada nos resíduos sólidos descarregados no ASMJP, o município de João Pessoa, possui 49% de massa orgânica, o que sugere a possibilidade de investimentos em tecnologias de digestão aeróbia e anaeróbia. Quanto a gravimetria dos resíduos por lotes não se percebe muita variação entre as categorias estudadas, a única observação é para o Lote 2 que apresenta um percentual de resíduos verde de 18,65% enquanto o Lote 1 possui um percentual de de 14,09% de resíduos verdes. Vale lembrar que no Lote 2 estão praias com grande potencial turístico e venda de cocos. A outra diferença observada foi para os orgânicos que no Lote 1 apresentou um percentual de 35,58% enquanto no Lote 3 o percentual foi de 31,41%.

Quanto à cobertura das coletas, a coleta convencional abrange 96% dos resíduos gerados no município e a coleta seletiva, por meio de seus núcleos que recebem apoio da EMLUR, possui uma área de atuação que representa 20,56% da área do município e uma cobertura populacional que representa 20,12% da população. Este estudo foi importante para o conhecimento da representatividade dos resíduos nas coletas seletiva, de maneira que leva a reflexão de como uma representação de quase 20% não obtém bons resultados? A coleta seletiva não pode acontecer de forma isolada, mas envolvida em um sistema de gestão que promova políticas para sua eficiência e eficácia. Vale considerar que a coleta seletiva do município também agrega profissionais autônomos que realizam sua coleta independente do apoio da EMLUR.

Como sugestão da pesquisa para eficácia da coleta seletiva tem-se qualificação, motivação e profissionalismo da coleta; atuação de profissionais técnicos que acompanhe, fiscalize e coordene as atividades de forma sistêmica, acompanhe a parte financeira/comercial de cada núcleo e realize um registro sistemático de informações por meio de um sistema de monitoramento contínuo, inclusive da quantidade de resíduos coletados, das rotas de coleta com marcação para os principais geradores. Também como sugestão, considera-se necessária a realização de uma efetiva campanha educativa para a população e a divulgação dos resultados, além da programação diária na internet.

Analisando os números da representatividade percentual entre a coleta seletiva, incluindo a central de triagem do aterro, e convencional observa-se que o melhor índice foi alcançado em 2014, tendo sido comercializados 1,62% do total de resíduos coletados. Também se observa que a Central de Triagem é responsável por mais que 50% dos resíduos comercializados para a coleta seletiva, chegando em 2012 a representar 67,61% dos resíduos comercializados para a coleta seletiva.

Por fim, este trabalho apresenta como contribuição a proposição de rotas tecnológicas que colaborem para regularizar as determinações da PNRS e da Política Municipal, além de otimizar o custos e os passivos ambientais. Em conclusão, registra-se em qualquer das propostas, a necessidade de se dispor de informações sobre a composição do RSU a ser utilizado. As propostas buscaram soluções que consolidassem as coletas convencional e seletiva, aquela, em busca da universalização e esta, visando uma maior eficácia com o incentivo à profissionalização dos catadores. Considerou-se também a reciclagem, que permite a substituição de insumos para cuja produção há, normalmente, grande consumo de energia. Por aliviar pressões de demanda de matérias-primas, inclusive recursos naturais, e de energia,

a reciclagem se constitui, em princípio, em uma forma ambientalmente eficiente de aproveitamento energético de RSU.

Além de soluções técnicas, nas entrelinhas das propostas há de se formular políticas públicas em que se estabeleçam novas tecnologias para tratamento dos resíduos biodegradáveis, reduzindo-se o percentual de destinação destes resíduos em aterros sanitários e também com vistas ao aproveitamento energético do resíduo sólido urbano. A geração de energia elétrica a partir de RSU já apresenta hoje alternativas tecnológicas maduras, tendo-se sugerido para o município de João Pessoa o processamento biológico por meio da compostagem e da biometanização. No caso da solução proposta para manutenção do aterro com resíduos biodegradáveis (que liberam metano) e a recuperação de energia propôs-se tratamentos térmicos e de combustíveis derivados dos resíduos (CDR), colaborando as estratégias mundiais de combate às mudanças climáticas, e especialmente com o aquecimento global. Por mais que não se trate de uma alternativa cujo potencial de geração tenha dimensão suficiente para sustentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica no município, mas a geração de eletricidade a partir de RSU é, sem dúvida, elemento importante de uma estratégia e, portanto, não deve ser desconsiderada.

Com base nos resultados obtidos, observa-se que o cenário atual da gestão dos resíduos sólidos em João Pessoa, apresenta algumas falhas no que concerne ao adequado tratamento e aproveitamento dos resíduos gerados, uma vez que, tendo um percentual de 20,6% de resíduos recicláveis, espera-se um percentual de aproveitamento bem maior 0,48%. Quanto à disposição final, percebeu-se que devido a falha sistêmica da coleta seletiva, uma grande parte desse material reciclável pode ainda ser triado no ASMJP, entretanto as condições operacionais devem ser reestruturadas de forma otimizar o tempo, e reduzir a exposição a massa de resíduos. As propostas de novas rotas tecnológicas precisam ser avaliadas de forma a promover melhorias na gestão e reduzir as externalidades negativas causadas pelos resíduos. Sugere-se a consolidação da coleta convencional diferenciada, a expansão da coleta seletiva e a inserção de novas tecnologias, como a implantação de uma usina de compostagem e utilização de algumas células do aterro para a biometanização através de biodigestores, sempre seguindo a hierarquia dos 3R's (reduzir, reciclar e reutilizar), para posteriormente realizar tratamentos, físico, químico e biológico ou térmico, e o devido aterramento dos rejeitos. Por fim, recomenda-se-se que todas as ações implantadas sejam acompanhadas de campanhas de conscientização, convocando a população a adotar um estilo de vida diferente e mais "ecológico".

**REFERÊNCIAS**

ALVES-MAZZOTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

ARAÚJO, Valdete Santos de. **Gestão de resíduos especiais em universidades: estudo de caso da Universidade Federal de São Carlos**. 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. São Carlos, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2011**. São Paulo, 2011. 186p.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2014**. São Paulo, 2014. 120 p.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2015**. São Paulo, 2015. 199p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (EMLUR). **Monitoramento Geotécnico e Ambiental do ASMJP**. João Pessoa, 2014.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento Geotécnico e Ambiental do ASMJP**. João Pessoa, 2015.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento Geotécnico e Ambiental do ASMJP**. João Pessoa, 2016.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento Geotécnico e Ambiental do ASMJP**. João Pessoa, 2011.

AZEVEDO SILVA, Gardenia; MORAIS JR, Joácio Araújo; ROCHA, Elisângela Rodrigues. Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do potencial bioquímico do metano-BMP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, 2016.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Produto 7- relatório final sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de resíduos sólidos urbanos no Exterior e no Brasil**. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Recife, PE, out., 2012.

BERNSTAD, Anna; LA COUR JANSEN, Jes; ASPEGREN, Henrik. Life cycle assessment of a household solid waste source separation programme: a Swedish case study. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 10, p. 1027-1042, 2011

BIANCO, Carolina Ibeli *et al.* **Caracterização da comunidade de procariotos atuante no processo de biometanização da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (CBESA), 28. Rio de Janeiro/RJ. Out. 2015. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

BOVEA, Maria Dolores *et al.* **Evolution of Environmental Performance in Waste Management in João Pessoa-Paraíba-Brazil.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS. Valencia, 11-13 de jul. 2012. **Anais...** Valencia, 2012.

\_\_\_\_\_. *et al.* Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. **Waste Management**, v. 30, n. 11, p. 2383-2395, 2010.

BRASIL. Instituto de Política Econômica Aplicada (IPEA). **Comunicados do IPEA. Comunicado nº 60 - Desigualdade da renda no território brasileiro.** Brasil, 2010a. 17p.

\_\_\_\_\_. **Lei nº. 11.445/2007.** Dispõe sobre a Política Nacional de Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 05 de jan. 2007. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)> Acesso: 17 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Lei nº. 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 6 de abril de 2005. Disponível em:<[lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2005-2007/2005/lei/11107.htm)> Acesso: 17 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo. Brasília, DF, 2 agosto de 2010c. Disponível em:<[lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2010-2012/2010/lei/12305.htm)> Acesso: 17 out. 2011.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 2012.** Versão após Audiências e Consultas Públicas para Conselhos Nacionais. MMA [Ministério do Meio Ambiente]. Disponível em:<[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E99F974D/Doc\\_PNRS\\_consultaspublicas1.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E99F974D/Doc_PNRS_consultaspublicas1.pdf)>. Acessado em: outubro de 2013. Acesso em: 17 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília: 1988.

BUFONI, André Luiz. *et al.* The emerging issue of solid waste disposal sites emissions in developing countries: the case of Brazil. **Journal of Environmental Protection**, v.5, n. 10, p. 888, 2014.

CALDERONI, Sabetai. Os bilhões perdidos no lixo. In: **Os bilhões perdidos no lixo.** 1999.

CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CARVALHO JÚNIOR, Francisco Humberto. **Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza-CE.** 2013. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza, CE, 2013.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. CICLOSOFT 2012. Disponível em: [http://www.cempre.org.br/ciclossoft\\_2012.php](http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2012.php) Acesso em 10 jan. 2013.

CHOWDHURY, Moe. Searching quality data for municipal solid waste planning. **Waste Management**, v. 29, n. 8, p. 2240-2247, 2009. Disponível em: <[www.dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.005](http://www.dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.04.005)>. Acesso em: 12 set. 2016.

COCHRAN, William G. **Técnicas de amostragem**. Editora Fundo de Cultura. Rio de Janeiro, 1965.

COLVERO, Diogo Appel. **Análise das rotas tecnológicas existentes para os resíduos sólidos urbanos no município de Cidade Ocidental/GO**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Goiás, 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares**: relatório de 2005. São Paulo: 2006.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo. *Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares - 2006*. São Paulo: Cetesb, 2016. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes.asp>>. Acesso em: 20 set. 2016.

CRUZ, Maria Leonor Ferreira Rodrigues. **A caracterização de resíduos sólidos no âmbito da sua gestão integrada**. 2005. Tese (Doutorado. - Universidade do Minho – Escola de Ciências. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4882>>. Acesso em: 20 set. 2016.

CURITIBA. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), 2010**. Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/plano-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/6/>> Acesso: 17 mar. 2017.

DA PAZ, Diogo Henrique Fernandes *et al.* Inventory of methane emissions from municipal solid waste management in Pernambuco state, Brazil. **The Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 20, p. 6009-6023, 2015.

DE BAERE, L. Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future?. **Water science and technology**, v. 53, n. 8, p. 187-194, 2006.

DEMIRBAS, A. **Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes**. Elsevier / Energy Conversion and Management, 2010. p.1280-1287.

DEN BOER, Emilia; DEN BOER, Jan; JAGER, Johannes. Waste management planning and optimisation. **LCA IWM. Stuttgart, Germany**, 2005.

DIAS, David Montero *et al.*. Model to domestic solid waste generation estimative in urban areas based on socioeconomic conjuncture variables. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 325-332, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oswer/publication.htm>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2015.

EUROSTAT. In: 2012, 42% of Treated Municipal Waste Was Recycled or Composted. EUROSTAT Press Office, Luxembourg, 2014

FARIA, Carmen Rachel Scavazzini Marcondes. **A Política Nacional dos Resíduos. Temas e agendas para o desenvolvimento sustentável.** Estudos Legislativos do Senado, 2012.

FRÉSCA, Fábio Rogério Carvalho *et al.*. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Carlos-SP. **Revista DAE**, São Paulo, n. 178, p. 48-57, 2008. Disponível em: <<http://www.revistadae.com.br>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

FONTELLES, Mauro José *et al.* Metodologia da pesquisa: diretrizes para o cálculo do tamanho da amostra. *Rev Paran Med.* 2010;24:57-64.

GARCIA, Hozana Raquel de Medeiros *et al.* III-486 –avaliação do ciclo de vida aplicada à coleta seletiva no município de João Pessoa (PB) – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2015. **Anais...** Rio de Janeiro: 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIUGLIANO, Michele *et al.* Material and energy recovery in integrated waste management systems. An evaluation based on life cycle assessment. **Waste Management**, v. 31, n. 9, p. 2092-2101, 2011.

GODECKE, Marcos Vinicius; NAIME, Roberto Harb; FIGUEIREDO, João Alcione Sganderla. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2013.

GOMES, Felipe Correia de Souza Pereira; AQUINO, Sergio Francisco de; COLTURATO, L. F. D. B. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 295-304, 2012.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história: um guia para as prefeituras brasileiras.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

GUIMARÃES, Tomás de Aquino. Gestão do desempenho em organizações públicas descentralizadas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO CLAD, 3, 1998. **Anais ...** Madrid: Clad, 1998.

GUIMARAES, Ester Feche *et al.* Os indicadores do saneamento medem a universalizacao em areas de vulnerabilidade social?. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 2014.

HENRIQUES, Rachel Martins; OLIVEIRA, Luciano Basto; COSTA, A. O. Geração de energia com resíduos sólidos urbanos: análise custo benefício. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 5. Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. **Anais...** Caxias do Sul, 2004

HOGG, Dominic; BALLINGER, Ann. **The potencial contribution of wast management to a low carbon economy**. Zero Waste Europe. 2015. Disponível em: <<https://www.zerowasteeurope.eu/checkout/purchase-confirmation/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação da logística reversa por cadeia produtiva - Componente: produtos e embalagens pós consumo**. Brasília, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, v. 7, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Cidades@. João Pessoa**. População estimada 2015. João Pessoa, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250750&search=paraibaljoao-pessoa>>. Acesso em: 10 out. 2015.

\_\_\_\_\_. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. Universo – Característica da População e dos Domicílios 2010. João Pessoa, 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1378&z=cd&o=7&i=P>>. Acesso em: 25 de nov. 2015.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008) do IBGE (2010)**.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JOÃO PESSOA. **Lei 8.886, de 23 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre a Política de Resíduos Sólidos de João Pessoa. Semanário Oficial do Município, João Pessoa, PB, 23 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 16, de 29 de dezembro de 1998**. Diário Oficial do Município, João Pessoa, PB, 1998.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação João Pessoa Sustentável**. Banco Interamericano de Desenvolvimento. João Pessoa, 2014a.

\_\_\_\_\_. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), 2014**. . João Pessoa, 2014b. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/emlur/plano-municipal-de-residuos-solidos/>> Acesso: 17 out. 2015.

JUCÁ, José Fernando Thomé. **Estudos e Proposição de Modelagem para Execução Eficiente dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos no Distrito Federal**. Brasília, 2016.

JUCÁ, José Fernando Thomé *et al.* **Relatório final sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de resíduos sólidos urbanos no Exterior e no Brasil**. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Produto 7. Recife, PE. out. , 2013.

\_\_\_\_\_. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos**

**Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão – Produto 12.** Recife: CCS Gráfica Editora Ltda, 2014. 186p.

KONRAD, Odorico; CASARIL, Camila Elis; SCHMITZ, Michele. Estudo dos resíduos sólidos domésticos de Lajeado/RS pela caracterização gravimétrica. **Revista Destaques Acadêmicos - UNIVATES**, Lajeado, ano 2, n. 4, p. 57-62, 2010. Disponível em: <<http://www.univates.br>>. Acesso em: 16 maio 2012.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEITE, Wellington Cyro de Almeida *et al.* Gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos a partir das unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHIs) no estado de São Paulo. **Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.1-11.

LIMA, José Dantas de. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 267 p.

LIMA, José Dantas de *et al.* Modelo de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na região nordeste do Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica**, v. 6, n. 3, p. 11-28., 2013.

LOPES, Adriana Antunes. **Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos na Bacia Tietê-Jacaré (URGRHI\_13)**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-04032008-125517/pt-br.php>>. Acesso em: 28 de jan. 2016.

LUCENA, Luciana de Figueirêdo Lopes. **Análise do custo-benefício da reciclagem dos resíduos sólidos urbanos no Recife e Jaboatão dos Guararapes**. Tese (Doutorado em Economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco. 2004.

MACEIÓ. Prefeitura Municipal de Maceió. **Plano de Saneamento Básico do Município de Maceió**. 2016.

MACIEL, Felipe Jucá; JUCÁ, José Fernando Thomé. Análises para controle ambiental dos gases produzidos no aterro de resíduos sólidos de Muribeca. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2002. **Anais...** Espírito Santo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cnvein.pdf>>. Acesso em: 12. jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Evaluation of landfill gas production and emissions in a MSW large-scale Experimental Cell in Brazil. **Waste Management**, v. 31, n. 5, p. 966-977, 2011.

MARCHEZETTI, Ana Lúcia; KAVISKI, Eloy; BRAGA, Maria Cristina Borga. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Revista Ambiente Construído**. v. 11, número 2 p. 173-187. Porto Alegre, 2011.

MEDEIROS, Julie Eugênio da Silva Francisco; PAZ, Adriano Rolim; MORAIS JUNIOR, Joacio de Araujo. Análise da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa entre os anos 2003-2010. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, 2015

MELO, Lucas Araújo de; SAUTTER, Klaus Dieter; JANISSEK, Paulo Roberto. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, n. 4, p. 551-558, 2009.

MESQUITA JÚNIOR, José Maria. **Mecanismos de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos**. Gestão integrada de resíduos sólidos. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NATAL. Prefeitura Municipal de Natal. **Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município de Natal**. 2012.

NÓBREGA, C. C. **Viabilidade Econômica, com Valorização Ambiental e Social, de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares – Estudo de Caso: João Pessoa/PB**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

PASCOAL JUNIOR, Alcides; OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de. Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento. **Rev. Acad., Ciênc. Agrárias. Ambient**, v. 8, n. 2, p. 131-144, 2010.

PAVAN, Margareth de Cassia Oliveira. **Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Energia) - Universidade de São Paulo. 2010.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. p. 56.

PHILIPPI JR, Arlindo; BRUNA, Gilda Collet. **Política e gestão ambiental**. Curso de gestão ambiental. Barueri: Manole, 2004. p. 657-711.

RECIFE. Prefeitura do Recife. **ATLAS do Desenvolvimento Humano**. Brasília: Ministério da Integração / Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, v. 1, 2014a.

\_\_\_\_\_. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Cidade do Recife**. Diagnóstico e Análise da Situação Atual, Recife. 2014b.

REICHERT, Geraldo Antonio. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. 301 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

RIGAMONTI, L.; GROSSO, M.; SUNSERI, M. C. Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. **Int J Life Cycle Assess**, 14, p. 411–419, 2009.

RIKALOVIC, Aleksandar; COSIC, Ilija; LAZAREVIC, Djordje. GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. **Procedia Engineering**, v. 69, p. 1054-1063, 2014.

RIKILS, Vanuscleia Silva Santos *et al.* Solid waste in the Amazon: a case study in the Southern Metropolitan area of the State of Roraima. **Revista Espacios**, v. 37, n. 19, 2016.

RODRIGUES, Waldecy; MAGALHÃES FILHO, Luiz Norberto Lacerda; PEREIRA, Regiane dos Santos. Analysis of urban solid waste costs determinants in Brazilian state capitals. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 1, p. 130-141, 2016.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 2003.

SANTOS, Rodrigo Couto *et al.* Usinas de Compostagem de Lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano, Goiânia, **Enciclopédia Biosfera**, v. 2, 2012.

SAE. SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. 2014. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/>>. Acessado em: 21 de fevereiro de 2014.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. Atlas, 2005.

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.

SILVA, R. S. **Resíduos Sólidos**. São Paulo: CERES, 2000. 292p.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (SEEG). **Tabela Geral de Emissões de 1990 a 2015**. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

SPOSATI, Adailza de Oliveira. **Topografia social da cidade de João Pessoa**. João Pessoa: UFPB/CEDEST/IEE. 2010.

SUMATHI, V. R.; NATESAN, Usha; SARKAR, Chinmoy. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. **Waste management**, v. 28, n. 11, p. 2146-2160, 2008.

TCHOBANOGLIOUS, George *et al.* **Integrated Solid Waste Management: engineering Principles and Management Issues**. New York: Mcgraw-Hill. 975p. 1993.

VEIGA, Tatiane Bonametti; COUTINHO, Silvano da Silva; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. Avaliação de indicadores para gestão de resíduos sólidos urbanos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 3, 2015.

\_\_\_\_\_. SILVA, Sílvia Carla André; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso. Indicadores para gestão de resíduos sólidos urbanos: caracterização do grupo de especialistas. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 4, 2013.

VILHENA, André. Lixo Municipal. **Manual de Gerenciamento Integrado**. 3. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem, CEMPRE.2010.

VOEGELI, Y.; ZURBRÜGG, C. Decentralised anaerobic digestion of kitchen and market waste in developing countries-‘state of the art’ in south India. **Proceedings Venice**, 2008.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZANTA, Viviana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. In: BORGES, Armando Castilho (Org.). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. São Carlos SP: Rima Artes e Textos, v.1., 2003.

## ANEXO – RELATÓRIO GERAL DE PESAGEM DO ATERRO SANITÁRIO

Aterro Sanitário Metropolitano Relatório Geral de Pesagens										
Critério de Busca: - Cliente: PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA - Bairro: TAMBAU - Tipo do Material: LIXO DOMICILIAR / COMERCIAL - Período: 01/01/2014 a 31/12/2014										
NP	Transportadora	Cliente	Região	Placa	Tipo de Lixo	P. Ent	P. Saída	P. Lq	Data Entrada	Data Saída
834244	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6376	LIXO DOMICILIAR / CO	14840	10020	4820	01/01/2014 10:55:37	01/01/2014 11:08:09
834278	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	20000	10160	9840	02/01/2014 00:59:25	02/01/2014 01:21:00
834295	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19020	10100	8920	02/01/2014 05:17:51	02/01/2014 05:32:21
834564	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	19040	10050	8990	02/01/2014 23:52:30	03/01/2014 00:09:21
834595	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	17530	9980	7550	03/01/2014 04:08:19	03/01/2014 04:19:53
834615	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	14950	10030	4920	03/01/2014 07:17:10	03/01/2014 07:29:12
834856	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	18940	10100	8840	03/01/2014 19:18:15	03/01/2014 19:34:50
834926	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19870	10120	9750	04/01/2014 01:35:58	04/01/2014 01:47:49
834976	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19220	10110	9110	04/01/2014 07:20:08	04/01/2014 07:33:46
835196	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	18950	10040	8910	05/01/2014 01:03:01	05/01/2014 01:11:13
835567	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19740	10080	9680	07/01/2014 00:39:56	07/01/2014 00:55:22
835622	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19900	10080	9820	07/01/2014 07:52:04	07/01/2014 08:11:48
835936	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	19230	9980	9250	08/01/2014 00:38:52	08/01/2014 00:51:23
835987	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP9637	LIXO DOMICILIAR / CO	18660	9920	8740	08/01/2014 07:37:49	08/01/2014 07:53:41
836092	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	H200789	LIXO DOMICILIAR / CO	22570	9320	13250	08/01/2014 11:04:27	08/01/2014 11:30:27
836305	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19940	10040	9900	09/01/2014 01:33:59	09/01/2014 01:51:46
836640	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	20150	10080	10070	10/01/2014 01:38:19	10/01/2014 01:51:40
836985	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19490	10160	9330	11/01/2014 01:34:10	11/01/2014 01:45:30
837023	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	19070	9990	9080	11/01/2014 06:58:38	11/01/2014 07:07:24
837239	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6286	LIXO DOMICILIAR / CO	19900	10120	9780	12/01/2014 00:33:23	12/01/2014 00:47:46
837291	AMBIENTAL SOLUC	PM JOAO PESSOA	TAMBAU	QMP6306	LIXO DOMICILIAR / CO	16630	10170	6460	13/01/2014 07:37:53	13/01/2014 07:50:04



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

**APÊNDICE A - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS DE PESQUISA**  
**REALIZADA PELA DOUTORANDA CRISTINE PIMENTEL**

---

**ROTEIRO DA ENTREVISTA ÀS ASSOCIAÇÕES DOS NÚCLEOS DA COLETA SELETIVA DO**  
**MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA**

---

1. Nome:
2. Telefone:
3. Em qual tipo de sociedade civil se enquadra a associação?
4. Quem mantém o galpão?
5. Qual a colaboração que o Núcleo recebe da EMLUR?
6. Prédio alugado, próprio? Quem paga o aluguel ou pagou a compra?
7. Quantos associados encontram-se trabalhando?
8. Qual a rotina de trabalho?
9. Quem determina a rotina de trabalho?
10. Como é a rotina de coleta?
11. Como é a rotina de armazenamento?
12. Como é a rotina de venda?
13. Quem gerencia a associação?
14. Quantas toneladas são coletadas por mês?
15. Quantas toneladas são comercializadas por mês?
16. Quantas toneladas são comercializadas por mês?
17. Quanto é gerado de rejeito no Núcleo?
18. Quem são os compradores do Núcleo?
19. Quanto se gasta com água, energia e diesel?
20. Quais os produtos comercializados e qual o preço de venda?



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

**APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS DE PESQUISA**  
**REALIZADA PELA DOUTORANDA CRISTINE PIMENTEL**

---

**ROTEIRO DA ENTREVISTA AO DIRETOR DE OPERAÇÕES DA EMLUR**

---

1. Nome:
2. Telefone:
3. Quem mantém os galpões da Coleta Seletiva do Município?
4. Como a EMLUR colabora com o Programa de Coleta Seletiva do município?
5. Como são distribuídos os veículos destinados às associações?
6. Como são abastecidos esses veículos?
7. Qual a despesa que a EMLUR tem com essas associações?
8. Como são gerados os relatórios da Coleta Seletiva?
9. Como é feito o contrato com as empresas contratadas? E com o Aterro?
10. Como foi dividido o município para fins de coleta?
11. Quais os custos unitários de coleta e disposição final?
12. Como são feitos o controle e a fiscalização dos serviços?