



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

EWERTON VICTOR PEREIRA MENDONÇA

**ANÁLISE DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE PAU DOS
FERROS/RN**

PAU DOS FERROS/RN

2020

EWERTON VICTOR PEREIRA MENDONÇA

**ANÁLISE DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE PAU DOS
FERROS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa.

PAU DOS FERROS/RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M94a MENDONÇA, EWERTON VICTOR PEREIRA.
ANÁLISE DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE
DE PAU DOS FERROS/RN / EWERTON VICTOR PEREIRA
MENDONÇA. - 2020.
65 f. : il.

Orientador: CLÁWSIO ROGÉRIO CRUZ DE SOUSA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. LIMPEZA URBANA. 2. DISPOSIÇÃO FINAL DE
RESÍDUOS SÓLIDOS. 3. COLETA SELETIVA. I. SOUSA,
CLÁWSIO ROGÉRIO CRUZ DE, orient. II. Título.

EWERTON VICTOR PEREIRA MENDONÇA

**ANÁLISE DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE PAU DOS
FERROS/RN**

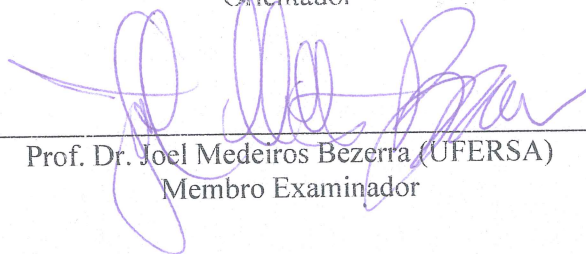
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso Superior de Engenharia Civil, da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido -
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em cumprimento
às exigências legais como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 06 / 02 / 2020

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa (UFERSA)
Orientador



Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. José Flávio Timoteo Junior (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me proporcionados as oportunidades, por ter me dado força nos momentos mais difíceis e ter me feito perseverante quando nem mesmo acreditava em minha força. A minha família que sempre foi meu alicerce, em nome de meu pai Victor Mendonça, minha mãe Veralúcia Pereira, minha irmã Erica Victoria e minhas tias Alzenir Victor e Vaneide Araújo, agradeço a cada um de meus familiares por tudo por todo esse tempo. Agradecer, especialmente, também ao meu tio Silvio Araújo por todo apoio e por todo o empenho em momentos de minha vida e de minha família, sem seu amparo nada disso seria possível.

Um agradecimento todo especial a todos os amigos que pude fazer nessa longa jornada da vida e pelo apoio incondicional sempre, muito obrigado a todos, em nome de Talita Tássia e Reikjawyk Almeida.

Agradecimento a UFERSA por proporcionar todo o aprendizado e inúmeras oportunidades que servirão de base para uma futura vida profissional.

Agradecer ao orientador Cláwsio Sousa, por toda a paciência, por todo o carinho, pela atenção, por todo o empenho, por tudo, é uma referência para toda a vida, como profissional e como pessoa.

Agradeço à todos os professores, pelo empenho em desenvolver da melhor maneira possível os conhecimentos a que tive oportunidade de aprender.

Por fim agradecer, com todo amor do mundo, a minha vó Edite Batista de Araújo, *in memoriam*, por todo amor, por todo cuidado, por todas as preocupações, por ter sido vó, mãe, amiga e confidente. Por cuidar de mim desde os primeiros dias de vida, por ter me ensinado as coisas mais importantes, por ter sido referência, ter sido exemplo, ter deixado o maior legado que alguém pode deixar nessa terra, o amor e admiração. À senhora todas as homenagens e desde hoje em diante, todas as vitórias serão em sua honra, te amo.

“O otimista é um tolo. O Pessimista, um chato.
Bom mesmo é ser um realista esperançoso”.

Ariano Suassuna

RESUMO

A sustentabilidade e a preocupação ambiental são conceitos cada vez mais crescentes na sociedade, em razão da importância do meio na qualidade de vida das pessoas. O mau gerenciamento dos resíduos, intensificado pelo aumento de sua geração, desde a revolução industrial, tem apresentado alto impacto no ecossistema. Apesar de ser um país em desenvolvimento, o Brasil tornou-se, em 2017, o terceiro maior produtor de resíduo do mundo, com 46,7% desses resíduos dispostos inadequadamente. Diante desse contexto, o trabalho teve o objetivo de analisar o cenário físico-financeiro do manejo dos resíduos sólidos da cidade de Pau dos Ferros/RN. A metodologia baseou-se na realização do diagnóstico da situação de base voltada a identificar as atitudes práticas, a implementação de ações e possíveis soluções aplicadas voltadas aos resíduos sólidos. Sendo inicialmente necessário elencar a situação de coleta e transporte, quantificar por meio da composição gravimétrica a geração, por fim promovendo uma análise física e orçamentária do manejo, tal como averiguando a viabilidade econômica do mesmo, embasado na legislação vigente, por meio de consultas as secretarias municipais e a documentos oficiais. O estudo identificou que o sistema possui uma coleta ineficiente e que todo o resíduo coletado é disposto incorretamente em um vazadouro a céu aberto, tendo uma geração per capita de 0,4 kg/hab.dia. O atual cenário apontou para uma grande quantidade de resíduos gerados, sendo que 64% tem grande potencial de reciclagem. Identificou-se que a geração é diferenciada em relação aos bairros coletados, diferindo em termos de local e de situação sócio econômica da população. A pesquisa ainda mostrou que menos de 5% dos gastos mensais do poder público é direcionado ao manejo, que tem na taxa de limpeza urbana sua principal fonte de financiamento, mesmo essa sendo responsável por menos de 10% do custo total do manejo, além de apresentar prognósticos sobre a implantação da coleta seletiva no município. Com um sistema de manejo de resíduos sólidos inadequado, quanto a PNRS, expressou-se a necessidade de uma nova metodologia do mesmo, com a introdução de coleta seletiva e de uma forma ambientalmente correta de disposição dos resíduos, além de estudo constante sobre o tema.

Palavras-Chave: Limpeza Urbana, Disposição final de resíduos sólidos, Coleta Seletiva.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Classificação de Resíduos Sólidos quanto a sua periculosidade – NBR 10004:2004.	18
Figura 02: Classificação e caracterização dos resíduos sólidos quanto a sua periculosidade.	19
Figura 03: Mapa de localização do município de Pau dos Ferros/RN	28
Figura 04: Mapa de localização do vazadouro (lixão) de Pau dos Ferros/RN	29
Figura 05: Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.....	29
Figura 06: Situação do lixão de Pau dos Ferros/RN em outubro de 2019	30
Figura 07: Realização da coleta de dados da composição gravimétrica de resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN - 2019.....	32
Figura 08: Método do quarteamento	33
Figura 09: Coleta de amostras para gravimetria no lixão de Pau dos Ferros/RN – A) Transbordo; B) Coleta de amostra; C) Coleta de amostras; D) Coleta de amostras.....	34
Figura 10: A) Abertura das sacolas; B) Homogeneização	34
Figura 11: Quarteamento da amostra	35
Figura 12: Homogeneização da amostra	35
Figura 13: Fluxograma do funcionamento do manejo dos resíduos sólidos em Pau dos Ferros/RN em 2019.....	40
Figura 14: Diversidade dos resíduos depositados no lixão de Pau dos ferros/RN – 2019 – A) RCD e Poda; B) RSS; C) RSS	43
Figura 15: Prensa disponibilizada para os catadores.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Classificação dos Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010, quanto à origem.....	17
Tabela 02: Quadro de distribuição de pessoal do manejo dos resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN em 2019.....	38
Tabela 3: Rotas de coletas de Pau dos Ferros/RN - 2019	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Composição gravimétrica simplificada de Pau dos Ferros/RN - 2019	47
Gráfico 2: Composição gravimétrica de Pau dos Ferros/RN - 2017	48
Gráfico 3: Composição gravimétrica de Pau dos Ferros/RN - 2019	49
Gráfico 4: Composição gravimétrica da Rota 1 - 2019	50
Gráfico 5: Composição gravimétrica da Rota 2 - 2019	51
Gráfico 6: Composição gravimétrica da Rota 3 - 2019	52
Gráfico 7: Composição gravimétrica da Rota 4 - 2019	53
Gráfico 8: Composição gravimétrica da Rota 5 - 2019	54
Gráfico 9: Composição gravimétrica da Rota 6 - 2019	55
Gráfico 10: Composição gravimétrica da Rota 7 - 2019	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Urbana e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ESNIS	Empreendedorismo Social e Negócios de Impacto Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos da Construção e demolição
RDO	Resíduos Domiciliares
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte
SEPLAN	Secretaria de Planejamento
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO TEÓRICA	16
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS E ASPECTOS LEGAIS	16
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
2.3 MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	20
2.3.1 Coleta e transporte	20
2.3.2 Destinação final	21
2.3.2.1 Reutilização	21
2.3.2.2 Reciclagem	22
2.3.2.4 Usinas de compostagem	23
2.3.3 Disposição final	23
2.3.3.1 Aterros sanitários	23
2.3.3.2 Vazadouros a céu aberto	25
2.3.3.3 Aterros controlados	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 ÁREA DE ESTUDO	27
3.2 DIAGNÓSTICO	30
3.3 PROGNÓSTICO	36
3.4 PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO DE COLETA SELETIVA	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 DIAGNÓSTICO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	38
4.2 PROGNÓSTICO	57
4.3 PERSPECTIVA DE IMPLANTAÇÃO DE COLETA SELETIVA	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente atravessou inúmeros processos desde a revolução industrial, principalmente, no que se refere a crescimento populacional e desenvolvimento econômico (WU *et al.*, 2019). Esses fatores, dentre muitos outros no meio ambiente, são responsáveis pelo aumento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no mundo (KHANDELWAL *et. al*, 2019).

O dogma de que na natureza nada se cria, nada se perde tudo se transforma está cada vez mais atual e mais globalizada (MOTTA, 2013). A sustentabilidade e a preocupação ambiental estão cada vez mais crescentes na sociedade, em razão do meio ambiente e sua preservação afetarem diretamente a qualidade de vida e de saúde humana. Nesse aspecto, o mal gerenciamento dos resíduos sólidos apresentam grande potencial de impacto negativo sobre o ecossistema e devem ser tratados de maneira sustentável e urgente (COSTA *et al.*, 2017).

De acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (2017) os países da América Latina geraram, diariamente, 540 mil toneladas de resíduos, com uma previsão que em 2050 esse número chegue a 671 mil toneladas, sendo que 30 % desse valor, o equivalente a 145 mil toneladas, é disposta de maneira incorreta em lixões.

O aumento substancial da geração de resíduos atrelado à ausência de uma cultura ambiental de reutilização e reciclagem da população, potencializado pela falta de fiscalização por parte dos entes responsáveis tem causado inúmeras dificuldades para as cidades brasileiras na execução da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2019) 55,8% dos resíduos sólidos, no Brasil, são dispostos em aterros sanitários, aterros controlados ou vazadouros a céu aberto, Por sua vez, o Brasil se consolidou, em 2017, como o terceiro maior produtor de resíduos sólidos do planeta (SEBRAE, 2017), resíduo esse que segundo o Sistema Nacional de informações sobre saneamento – SNIS (2019), são dispostos 55,8 % em aterros sanitários, em aterros controlados ou em vazadouros a céu aberto, enquanto, 26,3 % são encaminhados para centrais de triagem, das quais 82,3% encontra-se na região Sul ou Sudeste do Brasil e 17,9 % é remetido as outras formas de destinação (SNIS, 2019).

Outro dado importante, oriundo do diagnóstico do manejo dos resíduos sólidos do Brasil de 2018, é que o Nordeste possui o maior número de vazadouros a céu aberto do país, no total com 588 unidades cadastradas, o equivalente a 56,7 % desse tipo de disposição final, enquanto a região Sul possui o maior quantitativo de aterros sanitários, com 51,2% dos aterros

cadastrados (SNIS, 2019).

Em se tratando do estado do Rio Grande do norte (RN), a taxa de disposição final a lixões é ainda mais alta, de 71,8 %, com dado mais agravante, quando considerado apenas os municípios da microrregião do Alto Oeste do estado, com 100% destes realizando a disposição final inadequada (SEMARH/RN, 2012).

Enquadrado nesta realidade está o município de Pau dos Ferros/RN, localizado na micro região do Alto Oeste do Rio Grande do Norte, a 392 km da capital Natal, com uma população estimada de 30.394 habitantes (IBGE, 2019). Apesar de não possuir características tradicionais de cidades médias, Pau dos ferros dispõe de influência no desenvolvimento regional do Alto Oeste potiguar, muito ligado a rede de saúde e ensino superior instalada na localidade, aliada ainda, a um forte comércio local que atende não só a população local, como de 55 cidades adjacentes, tanto no Rio Grande do Norte, quanto em estados vizinhos, como Ceará e Paraíba (DANTAS; FRANÇA, 2015).

Diante desse quadro, Pau dos Ferros não foge à regra dos pequenos municípios brasileiros e se enquadra em uma complicada situação de um ineficiente manejo dos resíduos sólidos e uma precária gestão dos mesmos. O qual perpassa a imagem da utilização de um sistema antigo de coleta, conjuntamente a presença ainda de vazadouro a céu aberto para a disposição final dos resíduos sólidos, sendo uma das grandes problemáticas enfrentadas pela prefeitura municipal local no fornecimento dos serviços de saneamento básico, estando em desacordo com a legislação da Política Nacional de Saneamento Básico, prevista na Lei nº 11445/2007.

Perante o panorama apresentado, o presente estudo visa caracterizar os resíduos sólidos gerados na cidade de Pau dos Ferros, tanto quantitativamente, como qualitativamente, como também, apresentar um levantamento das condições físicas e financeiras municipais que corroboram ou não com o correto manejo dos resíduos sólidos.

Mediante o exposto, essa pesquisa se justifica por apresentar dados e parâmetros necessários para o desenvolvimento de futuras atividades de planejamento, voltadas a tomada de decisão frente ao manejo adequado e estratégico dos resíduos sólidos, os quais não existem relatos ou que estão obsoletos em relação a realidade atual do município, sendo estes indispensáveis para o bom fornecimento do serviço de saneamento básico da cidade.

O estudo teve por objetivo geral analisar o cenário físico-financeiro do manejo dos resíduos sólidos da cidade de Pau dos Ferros/RN. Possibilitando obter um prognóstico da possível implantação do instrumento de coleta seletiva na cidade.

Como objetivos específicos tem-se que o estudo almejou: Realizar levantamento da

estrutura física e quadro de pessoal alocado no manejo dos resíduos sólidos; Avaliar o atual cenário das rotas de coleta dos resíduos; Caracterizar o quantitativo e qualitativo da geração de resíduos sólidos na cidade de Pau dos Ferros-RN; Identificar o custo municipal com o manejo dos resíduos sólidos; Estimar o impacto orçamentário do manejo de resíduos; Realizar o levantamento de ações necessárias a implantação de coleta seletiva no município e a perspectiva de sua execução.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS E ASPECTOS LEGAIS

Segundo a NBR 10004 (2004) os resíduos sólidos podem ser compreendidos como os materiais no estado sólido ou semissólido que são provenientes de algum tipo de atividade humana, podendo ser de origem doméstica, industrial, de serviços, de varrição, comercial, agrícola e hospitalar.

De acordo com o Art. 3º, Inciso XVI, da Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS), os resíduos sólidos são todos os materiais, substância, objeto ou bem descartado originado de atividades humanas, pelos quais sua destinação final pode ser nos estados sólido ou semissólido. Além dos líquidos com suas respectivas particularidades definidas pela NBR 10004/2004, são incluídos os gases contidos em recipientes.

Toda a problemática envolvendo o manejo e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, teve forte influência da maneira tardia com que o conteúdo foi discutido no país. A inclusão lenta e de maneira gradativa da legislação ambiental no ordenamento jurídico nacional, corroborou para escassez de políticas públicas voltadas para o tema (SILVA; MATOS; FISCILETI, 2017).

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), introduzida pela Lei nº 6.938 de 1981 e regulamentada pelo decreto 99.274 de 1990 foi a primeira referência jurídica a incluir a temática dos resíduos sólidos na legislatura brasileira.

Ainda conforme Silva, Matos e Fiscilett (2017) a Constituição Federal de 1988 veio a dar mais ênfase à questão, quando diz em seu art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (BRASIL, 1988).

Ainda assim, o maior marco jurídico da legislação brasileira, a PNRS, só foi criada em agosto de 2010, através da Lei Federal 12.305, onde foi estabelecido as diretrizes e responsabilidades dos entes, públicos e privados, além de estabelecer metas específicas para a gestão, o gerenciamento e o manejo dos resíduos sólidos.

Outro aspecto que vale destaque diz respeito a como se classificam os resíduos sólidos, visto que, de acordo com as características dos resíduos, o manejo e disposição final do mesmo se dão de formas diferentes e com diferentes graus de complexidade.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A identificação dos tipos de resíduos possui fundamental importância no manejo e na gestão do mesmo, visto que, sua caracterização influi positivamente num eficiente gerenciamento e numa correta disposição final.

Os resíduos sólidos são classificados quanto a origem de sua geração, como também, quanto a sua periculosidade tanto pela PNRS, quanto pela NBR 10004/2004.

Por meio do art. 13 da lei federal nº 12.305/2010 (PNRS), os resíduos sólidos são classificados quanto a origem de sua geração (Tabela 01).

Tabela 01: Classificação dos Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010, quanto à origem.

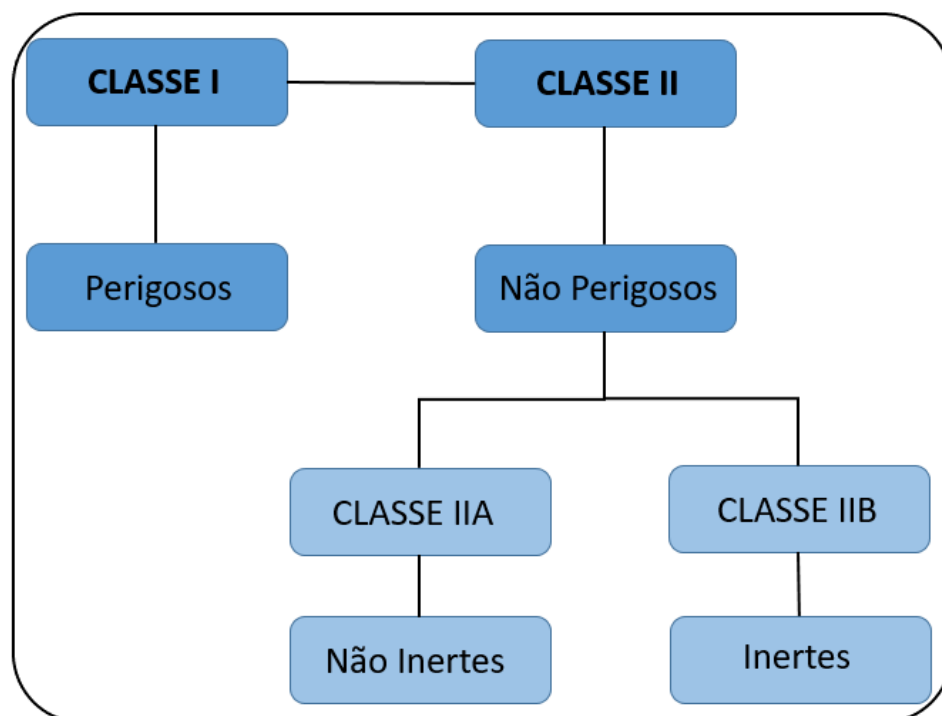
Tipo	Descrição de sua origem
a) Resíduos domiciliares	Os originários de atividades domésticas em residências urbanas
b) Resíduos de limpeza urbana	Os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana
c) Resíduos sólidos urbanos	Resíduos domiciliares mais os resíduos de limpeza urbana
d) Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nos itens “b”, “e”, “g”, “h” e “j”
e) Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos no item “c”
f) Resíduos industriais	Os gerados nos processos produtivos e instalações industriais
g) Resíduos de serviços de saúde	Os gerados nos serviços de saúde
h) Resíduos da construção civil	Os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis
i) Resíduos agropecuários e silvopastoris	Os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades
j) Resíduos de serviços de transportes	Os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira
k) Resíduos de mineração	Os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios
l) Resíduos industriais	Os gerados nos processos produtivos e instalações industriais

Fonte: Adaptado da Lei Federal nº 12.305/2010.

Quanto a sua periculosidade a mesma lei, por meio do parágrafo II do mesmo artigo define que os resíduos sólidos podem ser perigosos quando apresentarem risco a saúde pública ou risco ambiental, contendo as características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade. Em contrapartida podem ser considerados não perigosos quando não possuírem nenhuma das características mencionadas acima (BRASIL, 2010).

Já a NBR 10004/2004 classifica os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade. De acordo com a norma os resíduos podem ser classificados como perigosos (classe I) e não perigosos (classe II), tendo este último uma sub classificação de inertes e não inertes (Figura 01).

Figura 01: Classificação de Resíduos Sólidos quanto a sua periculosidade – NBR 10004:2004.



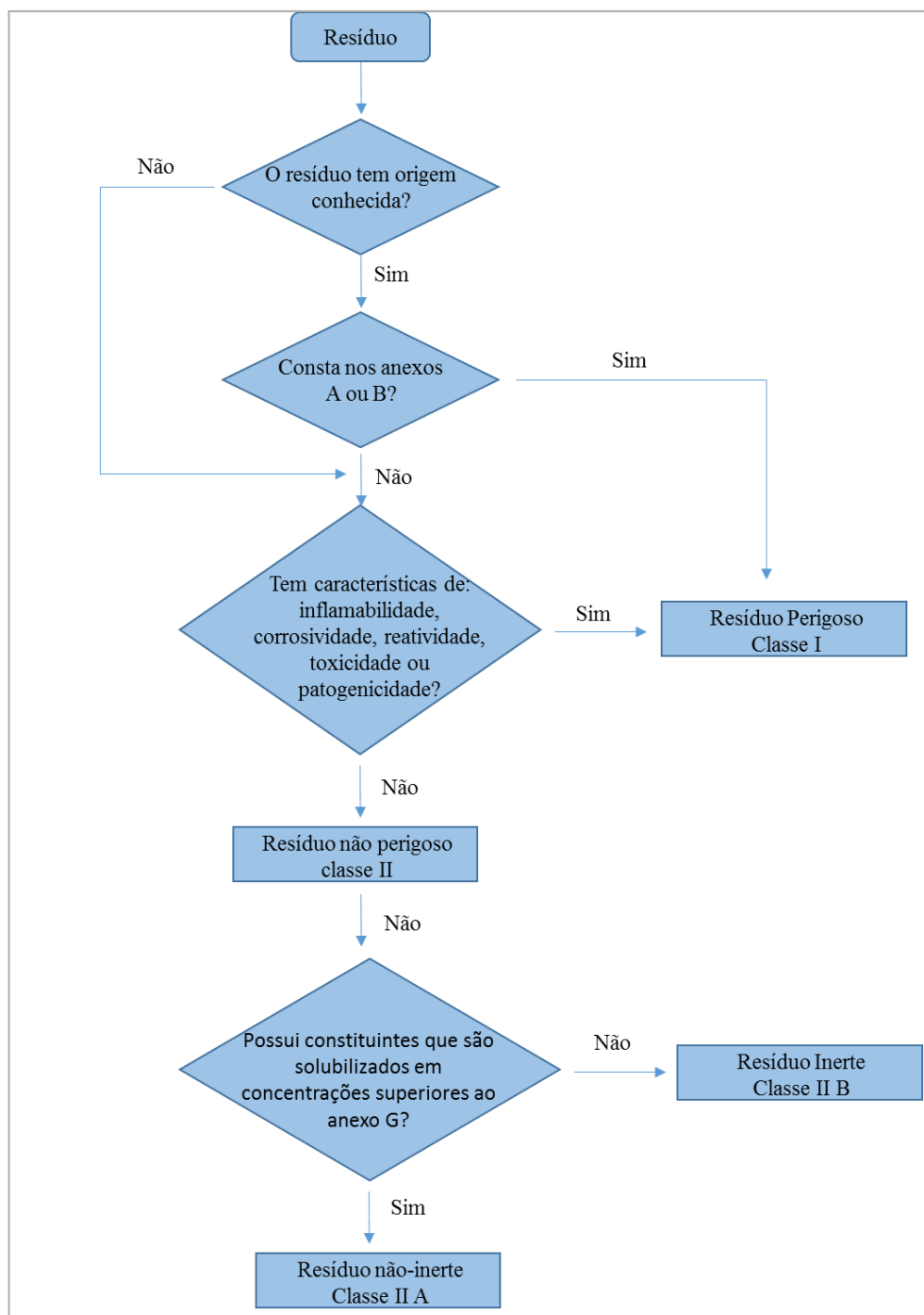
Fonte: NBR 10004/2004 (ABNT, 2004).

Os resíduos da Classe I são aqueles que possuem alguma característica que lhes confira a periculosidade, de maneira análoga à classificação feita posteriormente pela Lei Federal nº 12.305/2010. Ao passo que, os resíduos da Classe II, semelhante a classificação da PNRS, são aqueles que não se enquadram nas características da classe I.

A classe II possui ainda uma subclassificação em Inertes (Classe IIB) e Não Inertes (Classe IIA), onde os não inertes, são aqueles que podem ter como propriedades a biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e os resíduos inertes são qualquer tipo de resíduos que, em amostras significativas e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, em temperatura ambiente, não apresentarem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, havendo exceção para aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A NBR 10004/2004 visando uma melhor forma de identificação desses resíduos apresenta um fluxograma para a classificação e caracterização dos resíduos sólidos, quanto a sua periculosidade (Figura 02).

Figura 02: Classificação e caracterização dos resíduos sólidos quanto a sua periculosidade.



Fonte: NBR 10004/2004 (2004).

Desta maneira, a classificação dos resíduos sólidos exige a identificação do processo em que ocorrem, as atividades que geraram esses resíduos, suas características e sua constituição.

Conhecido as características e classificados os resíduos, houve a necessidade do

conhecimento quanto ao funcionamento das atividades que compõe o manejo de resíduos sólidos.

2.3 MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para Ribeiro e Mendes (2018) muitos ainda confundem o conceito de manejo de resíduos sólidos como sendo o sistema de limpeza urbana. Tendo os serviços de limpeza coleta, transporte e destinação dos resíduos.

O mesmo autor ainda destaca que as soluções mundialmente mais adotadas tratam de um manejo de resíduos com diferentes tipos de coleta, transporte e disposição de maneira ambientalmente adequada e que seja economicamente viável e socialmente aceitável (McDOUGALL et al., 2001, apud, RIBEIRO, MENDES, 2018).

2.3.1 COLETA E TRANSPORTE

O sistema de coleta e transporte de uma cidade pode diferenciar-se de inúmeras maneiras, a depender do porte da mesma e da existência ou não de um sistema de planejamento urbano e logístico dos resíduos. Simplificadamente, a coleta dos resíduos possui dois tipos, a coleta domiciliar mista e a coleta seletiva (MACHADO, 2015).

De acordo com MACHADO (2015) o sistema de coleta domiciliar misto é aquele em que a coleta é realizada nos locais onde são gerados os resíduos, tanto os domiciliares, quanto os comerciais e os do serviço de limpeza urbana e são armazenados e misturados em um veículo que faz o transporte do mesmo.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS) 92,1% da população brasileira possui coleta domiciliar de resíduos, chegando esse índice a 98,8 % quando se trata da população urbana (SNIS, 2019).

Já a coleta seletiva, segundo a PNRS (2010), é a coleta de resíduos sólidos que são previamente separados e armazenados de acordo com sua composição ou constituição. De acordo com BRINGHENTI et al. (2019) é a alternativa para a atenuar os impactos gerados pelos grandes volumes de resíduos, contribuindo para a redução dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e proporcionando a reutilização e reciclagem dos materiais, utilizados na indústria como matéria prima.

A coleta seletiva está associada a inúmeros impactos no manejo dos resíduos sólidos, desde a redução de resíduos gerados a atenuação do quantitativo de resíduos enviados a disposição final em aterros ou em vazadouros (TASISTRO, 2019).

Outro impacto relevante, no que diz respeito a coleta seletiva, é o impacto social

ocasionado pela incorporação de catadores de materiais recicláveis dentro do sistema de manejo dos resíduos, oportunizando a evolução social dos mesmos (MARQUES *et. al*, 2017).

Quanto as dificuldades a despeito da implantação da coleta seletiva, Chieppe Junior (2016) aponta que estão entre as principais dificuldades estão relacionadas a falta de conhecimento da população no manejo do resíduo, a pouca instrução com relação a educação ambiental e a falta de organização do sistema de coleta.

O SNIS aponta que em 2018, 1322 municípios brasileiros possuíam o serviço de coleta seletiva nas suas localidades, sendo o serviço de coleta porta a porta, oferecido em 37,8% da população brasileira, um aumento de 5% quando se comparado ao mesmo levantamento feito em 2016. No nordeste essa realidade é bastante diferente, apesar do aumento de municípios que possuem o serviço, apenas 10,1 % das cidades da região apresentam coleta seletiva (SNIS, 2018).

Como já mencionado anteriormente, o transporte dos resíduos por meio da coleta domiciliar mista é feito com único veículo caminhão compactador ou caminhão caçamba, com todos os resíduos misturados, já na coleta seletiva os materiais que foram previamente segregados são transportados em veículos diferentes e transladam para locais diferentes de destinação.

O caminhão compactador possui a vantagem de conseguir coleta e transportar uma maior quantidade de resíduo, visto a diminuição do volume através de compactação mecânica, enquanto os veículos que fazem a coleta seletiva fazem o transporte dos materiais na forma de uso, o que diminui as perdas dos materiais ocasionados pela compactação.

2.3.2 DESTINAÇÃO FINAL

A destinação final dos resíduos sólidos difere muito a depender do tipo de coleta e tratamento que é dado aos resíduos. Estes podem ser levados para reutilização ou reciclagem antes de serem terem sua disposição final, esta que por sua vez pode ser feita, a depender do tipo de resíduo, em usinas de compostagem, em aterros controlados, aterros sanitários ou até em vazadouros a céu aberto.

2.3.2.1 REUTILIZAÇÃO

A reutilização é o processo de a reaproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação, química, física ou biológica, observada os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (BRASIL, 2010).

Esse processo é bastante utilizado na construção civil, visto que os Resíduos da

Construção e demolição (RCD) são bastantes utilizados em inúmeras faces da engenharia civil. O RCD pode ser utilizado, desde que seja tratado e analisado, para aplicações de terraplenagem, obras de drenagem, servindo como base ou sub-base de rodovias e até como agregado para concretos e argamassas da construção civil (ACHCAR; OLIVEIRA, 2018).

De acordo com a ABRELPE (2019) foram coletados 122012 toneladas por dia de RCD em 2018 no Brasil, sendo 24123 ton/dia no nordeste, panorama esse que apresenta uma ótima perspectiva quanto a reutilização desses materiais.

2.3.2.2 RECILCAGEM

A reciclagem trata-se da coleta de materiais que seriam considerados lixo, passando por sua segregação e seu processamento para que se tornem novos materiais ou matéria-prima para nova comercialização ou industrialização (EPA 2011, apud, OLIVEIRA, 2012).

Corroborando com esse conceito a PNRS (2010) dispõe sobre reciclagem como sendo o processo de transformação físico-química ou biológica dos materiais, com vistas a sua utilização como insumo ou como novo produto.

O SNIS (2019) aponta que em 2018, foram coletados 923285,9 toneladas por ano de resíduos recicláveis e recuperados no Brasil, o equivalente a 7,61 kg por cada habitante por ano. Esse valor cai um pouco quando levamos em consideração a região nordeste que teve uma massa per capita de 6,49 kg/hab.ano, apesar de possuir a maior média de toneladas recuperadas por município por ano, de 1182,1 ton./mun./ano, em comparação com outras regiões do país.

Quando se comparado a massa coletada em 2018 com anos anteriores, pode-se observar a consolidação do aumento na massa total recuperada, saindo de 772260 toneladas por ano em 2016, passando por 851785 ton/ano em 2017 e chegando a 2018 com 923285,9 ton/ano, no entanto, em relação a massa per capita recuperada houve uma diminuição no índice de 1,3 % com relação a 2017 e 2,3 % em relação a 2016, mostrando que apesar do aumento da coleta, esse ritmo de crescimento não atinge o crescimento populacional do país (SNIS, 2019).

Ainda segundo o SNIS (2019) da massa de resíduos recicláveis recuperada 30,7 % foi coletada por catadores de matérias recicláveis com algum apoio da prefeitura. Deste total pode-se identificar que a maior parte desses resíduos, 39,1%, foram coletados em municípios da faixa 3, com mais de 100 mil habitantes até 250 mil. Ainda assim, cidades da faixa 1, com até 30 mil habitantes tiveram 29% dos resíduos secos, coletados por catadores, demonstrando a importância desse ente na reciclagem e no manejo dos resíduos.

Vale salientar ainda que o próprio SNIS, através do diagnóstico dos resíduos sólidos, não contabiliza catadores ou outros agentes que não tenham parcerias com a prefeitura, identificando uma lacuna dos dados coletados com os dados reais do tema.

2.3.2.4 USINAS DE COMPOSTAGEM

Segundo Guidoni (2013) a compostagem aparece como umas das principais e mais promissoras atividades de destinação de resíduos no Brasil, visto um país essencialmente agrícola, permitindo a reciclagem da fração orgânica dos resíduos.

A compostagem pode ser entendida como um processo de decomposição biológica, em que de maneira controlada onde ocorrem a decomposição dos resíduos orgânicos, resultando em produto mais estável que pode ser utilizado como insumo agrícola (EPSTEIN, 1997, apud, PIRES E FERRÃO, 2017). Salienta-se ainda que a compostagem apresenta considerável potencial na redução de micro-organismos patógenos (CARTHY et. al, 2011, apud, GUIDONI, et. al, 2013).

Segundo a ABRELPE (2019) 89 toneladas de resíduos orgânicos foram coletados e enviados para compostagem em 2018, o equivalente a menos de 1% de todo o RSU gerado no ano. Dessa maneira fica evidenciado a pouca utilização do método, no entanto, também se pode observar o grande potencial de produção a ser explorado dos resíduos orgânicos.

2.3.3 DISPOSIÇÃO FINAL

2.3.3.1 ATERROS SANITÁRIOS

Aterros sanitários são definidos como locais de disposição de resíduos sólidos urbanos, adequados para o recebimento de resíduos domésticos, comerciais e de limpeza urbana (ALBUQUERQUE, 2011, apud, PORTELLA E RIBEIRO, 2014), locais concebidos e projetos para dirimir os riscos à saúde humana e a segurança (FIORILLO, 2011, apud, PORTELLA E RIBEIRO, 2014). É uma técnica de disposição final de resíduos no solo que minimiza os impactos ambientais (COSTA E RIBEIRO, 2013, PORTELLA E RIBEIRO, 2014).

A NBR 8419/1992 trata da apresentação de projetos de aterros sanitários e os definem como sendo

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de material na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

A PNRS (2010) no seu art. 3, inciso VIII define que a disposição final ambientalmente adequada deve ser feita em aterros sanitários, observada a normas operacionais de modo a evitar danos à saúde pública, segurança e ao meio ambiente.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 404/2008, no seu art. 4º estabelece as diretrizes, os critérios e as condições que o licenciamento ambiental dos aterros sanitários deve conter. Esses critérios, diretrizes e condições devem contemplar minimamente

- I - vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
- II - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas;
- III - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativas a áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
- IV - uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos;
- V - uso de áreas que atendam a legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo, desde que atendido o disposto no art. 5º e 10 da Resolução CONAMA nº 237[4], de 19 de dezembro de 1997, com preferência daquelas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária;
- VI - uso de áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos.
- VII – impossibilidade de utilização de áreas consideradas de risco, como as suscetíveis a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno.
- VIII - impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações.
- IX - descrição da população beneficiada e caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos a serem dispostos no aterro;
- X - capacidade operacional proposta para o empreendimento;
- XI - caracterização do local;
- XII - métodos para a prevenção e minimização dos impactos ambientais;
- XIII - plano de operação, acompanhamento e controle;
- XIV - apresentação dos estudos ambientais, incluindo projeto do aterro proposto, acompanhados de anotação de responsabilidade técnica;
- XV - apresentação de programa de educação ambiental participativo, que priorize a não geração de resíduos e estimule a coleta seletiva, baseado nos princípios da redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos urbanos, a ser executado concomitantemente à implantação do aterro;
- XVI - apresentação de projeto de encerramento, recuperação e monitoramento da área degradada pelo(s) antigo(s) lixão(ões) e proposição de uso futuro da área, com seu respectivo cronograma de execução;
- XVII - plano de encerramento, recuperação, monitoramento e uso futuro previsto para a área do aterro sanitário a ser licenciado;
- XVIII - Apresentação de plano de gestão integrada municipal ou regional de resíduos sólidos urbanos ou de saneamento básico, quando existente, ou compromisso de elaboração nos termos da Lei Federal nº 11.445/2007

Segundo a ABRELPE (2019), foram destinados 43300315 toneladas de resíduos sólidos a aterros sanitários no Brasil em 2018, equivalente a 59,5% dos resíduos gerados, um crescimento de 2,4 % com relação ao ano anterior. Ainda segundo a ABRELPE (2019) 2569

municípios possuem esse tipo de disposição final, enquanto no Nordeste esse valor é de 454, o que corresponde 17,7 % dos municípios que detém esse tipo de técnica e 8,1% dos municípios totais brasileiros (IBGE, 2019).

2.3.3.2 VAZADOUROS A CÉU ABERTO

O lixo é um dos maiores problemas que afetam as áreas urbanas, principalmente em países subdesenvolvidos, onde a falta de infraestrutura do saneamento básico ocasionam disposição inadequada dos resíduos sólidos em vazadouros a céu aberto com grande potencial de contaminação do solo, água e ar, além de riscos à saúde pública (OLIVEIRA PAULA, et.al, 2018).

O entendimento de que os lixões são grandes fontes de contaminação tem histórico antigo, datado de 1981, através da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMB), onde previa que os lixões deveriam ser fechados e substituídos por aterros sanitários. Mas somente em 1998, por meio da lei 9605/98, os lixões alcançaram o status de crime ambiental. Doze anos depois, A PNRS, fixou diretrizes e metas específicas para o encerramento dos lixões. (LAVOR et. al, 2017).

Lixões são vazadouros a céu aberto destinados a disposição dos resíduos sólidos, sem nenhum critério quanto a escolha da área de implementação ou sua operação (MAZZINI, 2003, apud, CORREIA et. al, 2018). Também podem ser entendidos como área sem nenhum controle quanto a quantidade e qualidade dos resíduos recebidos, que provocam contaminação do solo, do ar e da água, por meio do lançamento descontrolado de gases e do lixiviado (LEITE et. al, 2019).

2.3.3.3 ATERROS CONTROLADOS

A destinação de resíduos sólidos em aterros controlados é uma técnica de disposição final, que se utiliza de princípios da engenharia, para minimizar os efeitos ambientais e riscos à saúde pública, que, no entanto, não dispõe de impermeabilização e controle e tratamento do lixiviado (CONSONI, et.al, 2010, apud, GALDINO et. al, 2015).

Os aterros controlados são áreas com algum controle ambiental e operacional que não são tão completos quanto aterros sanitários, no entanto, apresentam melhores cenários que os lixões (LEITE et. al, 2019). Neles o “lixo” é disposto de forma controlada e dispondo de cobertura de solo sobre as pilhas, sendo considerado uma solução intermediária entre o lixão e o aterro sanitário (CABRAL, 2019).

De acordo com a ABRELPE (2019), os resíduos gerados no Brasil em 2018 são

contabilizados 17,5% que são dispostos em aterros controlados, uma diminuição de 2,8% em relação com 2017.

3 METODOLOGIA

A proposta de pesquisa acerca do levantamento físico-orçamentário do manejo dos resíduos de Pau dos Ferros/RN baseou-se em três premissas: O diagnóstico do manejo dos resíduos sólidos, como um todo, o levantamento de custos e receitas no que tange o manejo dos resíduos sólidos e a verificação de iniciativas de coleta seletiva na cidade.

O início do estudo se deu por uma revisão bibliográfica, em periódicos, trabalhos de conclusão de curso, artigos, etc., no que diz respeito aos resíduos sólidos e seu manejo no geral, realizando ainda uma observação em sites governamentais e de pesquisa sobre orçamentos municipais.

Fundamentado teoricamente, se buscou os dados necessários ao estudo, assim como, a realização de atividades científicas que pudessem corroborar com o incremento dos dados e apresentar um prognóstico do funcionamento do manejo local.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

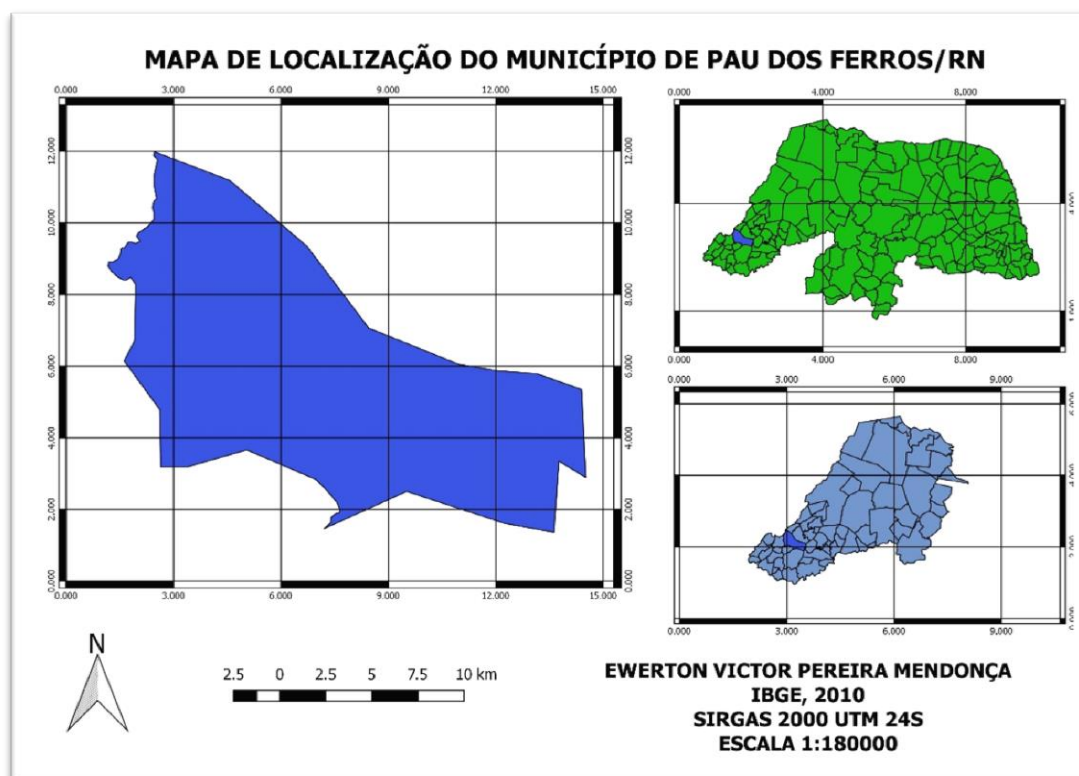
As atividades desenvolvidas na pesquisa foram realizadas no município de Pau dos Ferros/RN, situada na mesorregião do Oeste Potiguar, sendo, a principal cidade da microrregião do Alto Oeste potiguar, em termos econômicos e geográficos e está localizada a uma distância de 398 km da capital Natal (DANTAS et. al, 2015).

Segundo o último censo realizado a cidade possui uma população de 27.745 habitantes, como uma estimativa para 2019 de 30.394, sendo destas 92 % localizado na zona urbana. (IBGE, 2019). Dispõe de uma área de 259,959 km², o equivalente a 0,5% da área do estado do Rio Grande do Norte, com uma densidade demográfica de 106,73 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,678.

Pau dos Ferros tem sua atividade econômica sustentada pelo terceiro setor (comércio e serviços), que em 2017 foi responsável por 62,45 % do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, enquanto cidades como Erere e Rodolfo Fernandes, esse setor incumbiu-se de 22,65 % e 22,15%, respectivamente (IBGE, 2017).

A figura 3 mostra o mapa de localização do município de Pau dos Ferros em comparação ao estado do Rio Grande do Norte.

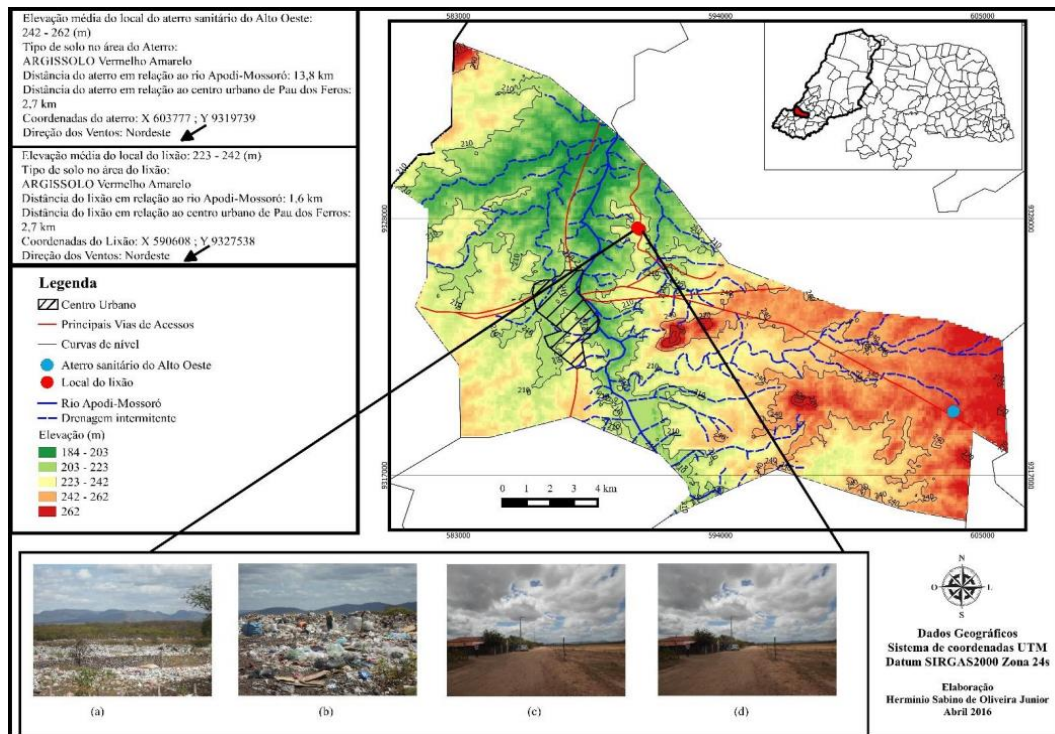
Figura 03: Mapa de localização do município de Pau dos Ferros/RN



Fonte: Autoria Própria (2020)

Outro ponto que se faz necessário menção como área de estudo é a localização do vazadouro a céu aberto de Pau dos Ferros, visto que, sua posição e distância em relação ao centro urbano são regimentados por leis e normas, influenciando no dia-a-dia da sociedade. A figura 04 ilustra um mapa com a localização do vazadouro da cidade.

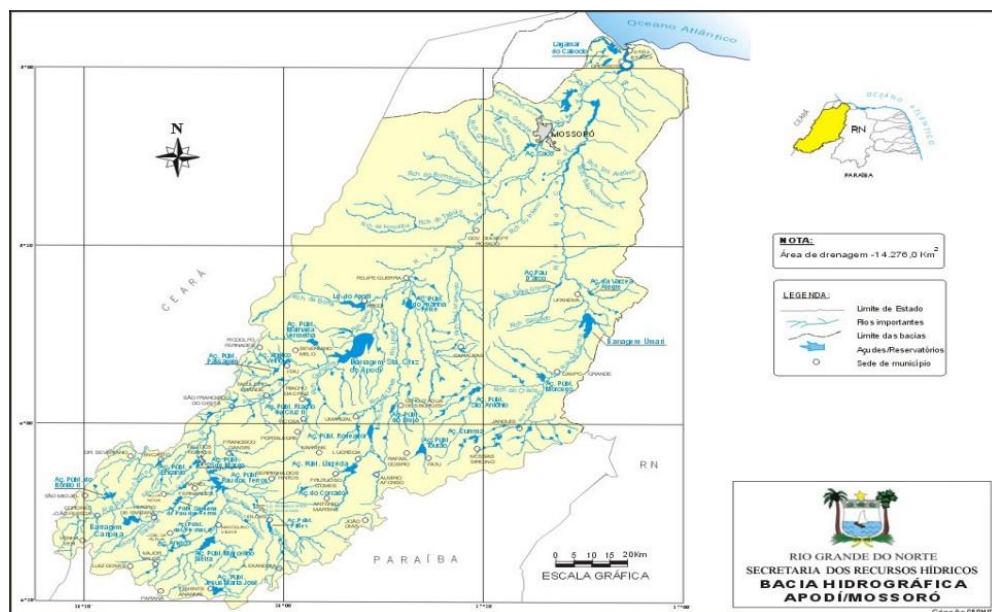
Figura 04: Mapa de localização do vazadouro (lixão) de Pau dos Ferros/RN



Fonte: SANTOS (2016)

Outro ponto de grande relevância a ser mencionado é sua localização. A cidade está localizada na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, tendo o curso do leito do rio atravessando seu perímetro, o que demonstra a grande possibilidade de contaminação do mesmo devido ao mal gerenciamento e manejo dos resíduos municipais (Figura 05).

Figura 05: Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró



Fonte: IDEMA (2002), apud, LUNES (2017)

3.2 DIAGNÓSTICO

Ante o início da elaboração do diagnóstico, foi necessário um delineamento sobre a situação atual do funcionamento do manejo dos resíduos sólidos, realizados por meio de visitas *in loco* a secretária de Infraestrutura, órgão responsável pela execução dos serviços correlatos ao proposto.

Posterior a fase inicial e mediante estudos técnicos em biografias foi elaborado um plano de ação que contemplou todas as premissas necessárias, anteriormente identificadas, para o bom andamento da pesquisa. Isto feito começou-se os estudos através de visitas *in loco* as secretárias de Infraestrutura e Meio Ambiente, como também, ao vazadouro municipal.

A figura 06 mostra uma das visitas ao lixão e a situação que se encontrava o local na data da visita.

Figura 06: Situação do lixão de Pau dos Ferros/RN em outubro de 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

De posse dos dados necessários foi possível iniciar o acompanhamento de todos os

serviços englobados pelo manejo, desde a limpeza urbana até a disposição final dos resíduos sólidos.

O primeiro passo executado foi acompanhar o serviço de limpeza urbana e de coleta domiciliar e comercial dos resíduos. Esse processo foi feito, com a ajuda dos estagiários lotados nas Secretarias de Planejamento (SEPLAN), Infraestrutura (SEINFRA) e Meio Ambiente (SEMA), realizando o percurso de rota das coletas, nos veículos destinados a esse fim, com a observação de como se efetua tais serviços.

A ação posterior foi fazer o mapeamento das rotas, com a obtenção de dados de quilometragem percorrida em cada rota, percurso total percorrido, capacidade do veículo transportador, bairros contemplados pela rota, horário de início e fim da coleta e o tempo gasto para a execução total dos serviços.

Esses dados foram de fundamental importância para o planejamento de cronograma para a realização da quantificação e qualificação dos resíduos sólidos gerados na cidade. Com o cronograma se pôde realizar as atividades preparatórias para a execução da ação objetivada.

Devido à grande quantidade de rotas e horários distintos, atrelado a necessidade de quantidade de pessoas considerável e ao ambiente insalubre, a primeira ação a ser executada foi a elaboração de cronograma de dias de realização da coleta dos dados, conjuntamente com a persuasão de pessoas aptas a proceder a coleta dos dados.

Esse processo só foi possível, devido ao engajamento do Projeto de Extensão Empreendedorismo Social e Negócios de Impacto Social (ESNIS), especialmente os estagiários do projeto que realizam as atividades para a Prefeitura de Pau dos Ferros, conjuntamente com alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), que demonstraram esforço para a correta execução das atividades necessárias à coleta.

Posterior a isso, procedeu-se o levantamento dos materiais necessários, tanto instrumentos para o auxílio da ação, como equipamentos de proteção individual (EPI) para os membros atuarem na atividade.

A mesma, realizou-se nos dias 16/12/2019 e 17/12/2019 nos horários da manhã e pela tarde, considerando que nesses dias, toda a cidade é contemplada pela coleta e são os dias com maior quantitativo coletado, de acordo com a secretaria responsável (Figura 07).

Figura 07: Realização da coleta de dados da composição gravimétrica de resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

As amostras foram obtidas utilizando-se do método do quarteamento efetivando adaptação conforme Alckimin e Ribeiro Junior (2017), onde são retiradas 5 amostras de 20 litros da pilha de resíduos, 1 do topo e 4 da base em orientações diferentes, logo após a descarga do caminhão (Figura 08).

Figura 08: Método do quartejamento



Fonte: GASQUES (2013), apud, LUNES (2017)

Foi realizada uma amostragem para cada caminhão em cada horário de coleta de cada dia somado ainda a coleta da rota noturna que foi realizada às 06 da manhã do dia 17/02/2019. Foram coletados amostras 100 litros em cada pilha, sendo cinco amostras de 20 litros cada, coletadas uma no topo da pilha e quatro na base espaçadas igualmente.

Foram somados, em cada dia, os valores das amostras do horário da manhã com o horário da tarde de cada caminhão, pois estes fazem parte da mesma rota.

Para esses procedimentos foram utilizados: Pá, enxada, ciscador, baldes de 20 litros, sacos plásticos, lonas e EPI's como luvas, botas, mascaras e óculos.

No geral foram coletados 78,44 kg contemplando todas as 7 rotas que englobam a coleta em todo o município. A coleta pode ser exemplificada na figura 09.

Figura 09: Coleta de amostras para gravimetria no lixão de Pau dos Ferros/RN – A) Transbordo; B) Coleta de amostra; C) Coleta de amostras; D) Coleta de amostras



Fonte: Autoria Própria (2019)

Depois de coletadas as amostras, as mesmas foram depositadas em lonas plásticas e realizada a abertura de todas as sacolas. Feito isso se homogeneizou o material através do revolvimento do mesmo, com o auxílio de pá, ciscador e enxada (Figura 10).

Figura 10: A) Abertura das sacolas; B) Homogeneização



Fonte: Autoria Própria (2019)

Logo depois se realizou o processo do quarteamento da amostra e em seguida dispensado uma diagonal das quatro partes. (Figura 11).

Figura 11: Quarteamento da amostra



Fonte: Autoria Própria (2019)

Depois disso realizou-se a homogeneização do quarto restante (Figura 12).

Figura 12: Homogeneização da amostra



Fonte: Autoria Própria (2019)

Em seguida foi feito a pesagem dos materiais segregados e posteriormente fez-se as tabulações dos dados obtidos, que gerarão os resultados do diagnóstico proposto.

A partir dos dados coletados, pode-se realizar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos, somando-se todas as massas de cada material e depois dividindo a massa de cada material pelo total, como na Equação 1:

$$M\% = \frac{M_m}{M_t} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

M% é a massa em porcentagem de cada material;

M_m é a massa de cada material;

M_t é a massa total das amostras.

Para a determinação do quantitativos de resíduos coletados no município, primeiro foi necessário o cálculo da densidade dos resíduos. Sabendo que no total foram coletados 78,444 kg de resíduos, em 650 litros, valor relativo a metade do volume coletado devido a parte excluída no quarteamento, dividiu-se a massa pelo volume e pode-se encontrar a massa específica dos resíduos de 120,68 kg/m³ por dia.

De posse desse dado e sabendo que foram coletados de 7 caminhões de 14 m³ cada, multiplicou-se o volume total diário que é coletado pela massa específica dos resíduos e encontrou-se a massa diária de resíduos que é produzido diariamente em Pau dos Ferros/RN. Outro dado que foi calculado foi a geração per capita. Nesse caso dividiu-se o montante gerado diariamente, em massa, pela população estimada para 2019 da cidade, chegando assim a geração per capita diária da cidade.

Partindo para o diagnóstico físico-orçamentário, foram realizadas pesquisas, por meio de visita *in loco*, as secretárias de Infraestrutura e tributação, a fim de se averiguar os custos e receitas ligadas ao manejo de resíduos sólidos, como também, os quantitativos de pessoal e equipamentos dispostos para o mesmo.

Consequente, fez-se um apurado acerca de ações voltadas a implementação da coleta seletiva e suas fases, tendo por fim a elaboração de um prognostico da situação do manejo dos resíduos sólidos, do lixão municipal e da coleta seletiva na cidade.

3.3 PROGNÓSTICO

Diante do diagnóstico do manejo dos resíduos sólidos e do lixão municipal, somado ao levantamento das ações de implementação da coleta seletiva na cidade, pode-se construir um prognóstico relativo ao funcionamento do serviço de manejo de resíduos sólidos municipais,

das perspectivas da implantação da coleta seletiva na cidade e das atividades futuras relacionadas ao lixão local e ao aterro controlado do município.

3.4 PERSPECTIVA DE IMPLEMENTAÇÃO DE COLETA SELETIVA

Frente ao diagnóstico e aos parâmetros apresentados, foi realizada entrevista com as secretarias, por meio de ações do projeto ESNIS e com catadores acerca de futura implementação de coleta seletiva na cidade, fazendo também, um aparato quanto a existência de associação de catadores de materiais recicláveis e ações com o objetivo de implantar a coleta diferenciada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAGNÓSTICO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Por meio das visitas *in loco* as secretárias de Infraestrutura e Meio Ambiente, pode-se identificar a estrutura física e o funcionamento diário do manejo de resíduos sólidos municipal. Quanto a estrutura física toda ela está concentrada na secretaria de Infraestrutura da cidade, dispondo de escritório, além de galpões para acondicionamento de material e estacionamento para veículos. O local ainda dispõe de amplo espaço para acomodação de materiais utilizados nas obras do município.

A limpeza pública e o manejo dos resíduos sólidos municipal são realizados pela empresa terceirizada Dias e Castro Construtora Ltda – EPP que fornece, segundo o contrato, as máquinas, os equipamentos e o pessoal para a execução do serviço.

Fisicamente vem sendo disponibilizado 3 caminhões compactadores, com capacidade de m³ para a coleta de RSU, 3 caçambas para a coleta de RCD e caminhão carroceria para a coleta de poda. Vale destacar que 1 caçamba e o caminhão carroceria são contratados separadamente ao contrato da limpeza pública da cidade. Além dos veículos a empresa de limpeza urbana disponibiliza todos os materiais para a execução dos serviços, como pás, vassouras, recipiente coletor, etc.

Com relação aos recursos humanos, esses são divididos em funções e podem ser discriminados na tabela 02.

Tabela 02: Quadro de distribuição de pessoal do manejo dos resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN em 2019

	Motorista	Gari	Varredor	Total
Coleta de RSU	3	9	-	12
Coleta de RCD	3	6	-	9
Coleta de Poda	1	3	-	4
Varrição	-	-	6	6
Total	7	18	6	31

Fonte: Autoria Própria (2019)

Como se pode observar, o manejo dispõe de 31 empregos diretos para a realização de seus serviços. Diante desse dado estima-se que, segundo a população urbana estimada pelo

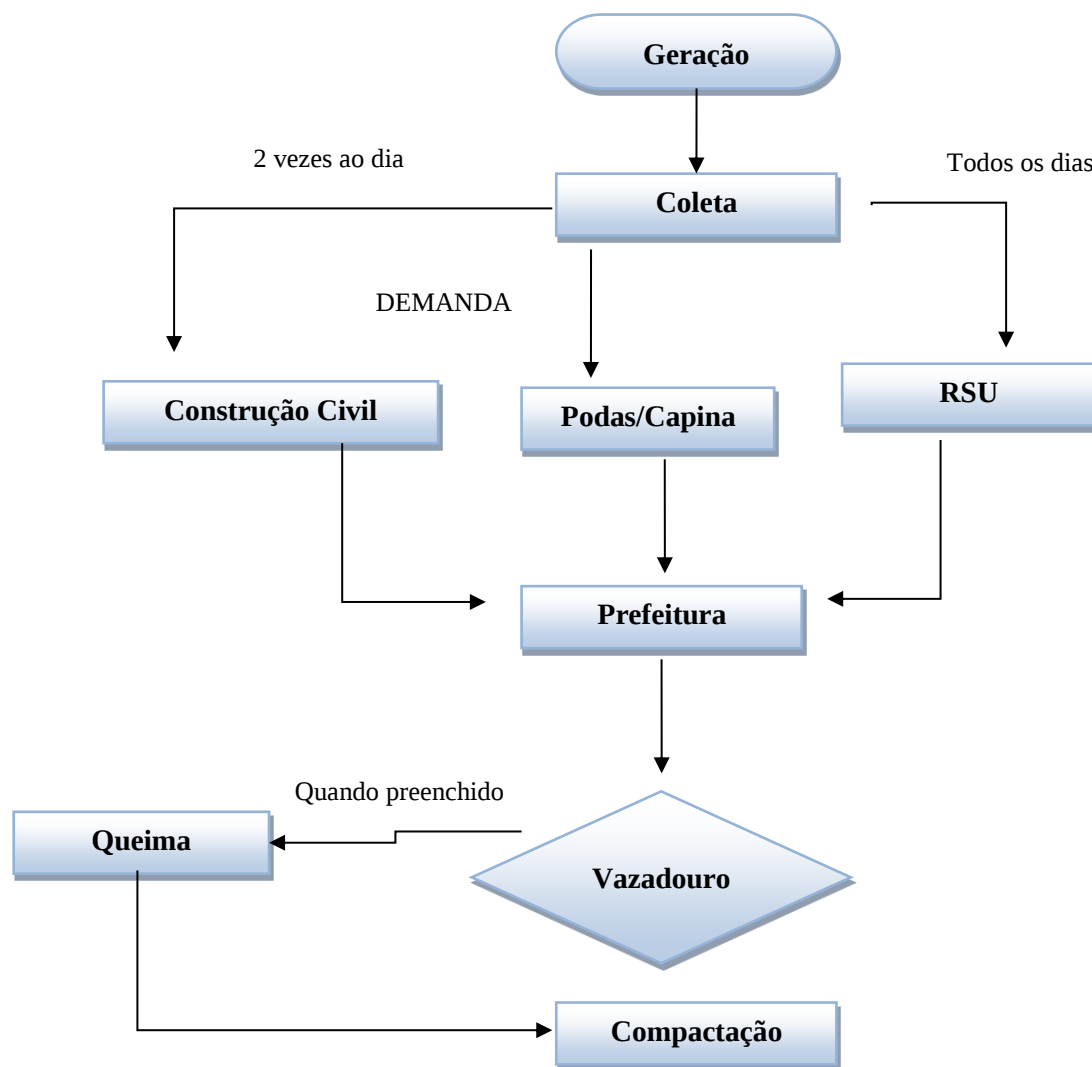
IBGE (2019), o município tenha uma taxa de empregabilidade direta no manejo de resíduos sólidos de 1,08 a cada mil habitantes urbanos. Esse valor está abaixo das médias nacionais e do nordeste, que são de 1,88 e 2,11, respectivamente (SNIS, 2019).

No que diz respeito ao funcionamento da coleta, ela vem sendo efetuada durante toda a semana, sendo dividida em 7 rotas de segunda-feira à sábado e uma única rota aos domingos. A coleta de toda a cidade vem sendo dividida em dois dias, sendo assim, acontecem três coletas por semana em cada bairro da cidade, excetuando-se o centro, que tem uma coleta mais assídua, ocorrendo todos os dias.

A partir da segunda-feira, as 3 equipes efetuam a coleta nos bairros mais residenciais da cidade, enquanto 1 equipe realiza a coleta do centro. Esse processo se repete até o sábado, sendo efetuado pela manhã e pela tarde, a exceção da rota do bairro centro que ocorre durante à noite, após o expediente comercial. Aos domingos uma equipe realiza coleta pelas principais praças, bares e centros de lazer do município, percorrendo também o centro comercial.

O fluxograma da figura 13 exemplifica o funcionamento do manejo de resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN.

Figura 13: Fluxograma do funcionamento do manejo dos resíduos sólidos em Pau dos Ferros/RN em 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Perfazendo toda a rota, as equipes de coleta realizam o transporte dos materiais até o lixão municipal, onde é realizado o transbordo e onde ocorre a disposição final dos resíduos sólidos do município. Pelo uma vez na semana todas as rotas foram realizadas durante os períodos da manhã e da tarde.

A tabela 03 identifica as rotas, os bairros abrangidos por essas, a quilometragem rodada em cada horário e a quilometragem total.

Tabela 3: Rotas de coletas de Pau dos Ferros/RN - 2019

Rota	Dias de coleta	Horário	Bairros coletados	Km percorrida	Km total
1	Segunda/Quarta/Sexta	Manhã	Manoel Deodato	25,20	51,82
		Tarde	São Benedito (SB1)	26,62	
2	Segunda/Quarta/Sexta	Manhã	Paraíso (P1), São Judas Tadeu (SJT1)	25,83	42,33
		Tarde	Domingos Gameleira, Manoel domingo e Nova Pau dos Ferros	16,5	
3	Segunda/Quarta/Sexta	Manhã	João XXII	18,6	44,90
		Tarde	Arizona, Chico Cajá, João catingueira, sitio barragem	26,3	
4	Terça/Quinta/sábado	Manhã	Alto do Açude (AA1), Riacho do Meio (RM1), Frei Damião, Carvão, Bela Vista	34,5	61,00
		Tarde	São Geraldo	26,5	
5	Terça/Quinta/sábado	Manhã	Paraíso (P2), Riacho do Meio (RM2)	24,2	50,7
		Tarde	Alto de Açude (AA2), DNOCS, Princesinha	26,5	
6	Terça/Quinta/sábado	Manhã	São Judas Tadeu (SJT2), São Benedito (SB2)	26,48	51,92
		Tarde	Aluizio Diógenes, Nações Unidas e Zeca Pedro	25,44	
7	Segunda a Sábado	Noite	Centro	14,5	14,50
8	Domingo	Manhã	Centro e Independência	28,1	28,10

Fonte: Autoria Própria (2019)

Num total, a coleta de resíduos sólidos de Pau dos Ferros, percorre diariamente, em média, 165,83 km. Esse valor chega 1023 km se levarmos em consideração toda a coleta da cidade realizada em uma semana, e 4424 km se considerarmos um mês.

Observar-se que as rotas possuem inúmeras falhas, sendo que alguns bairros, como São Judas Tadeu, Alto do açude e São Benedito são coletados em dias diferentes da semana, sem ocorrer regularidade na frequência de coleta destes. Há coleta realizada somente em um bairro durante um horário por um veículo, mesmo esse, não tendo grande área de coleta.

Identificou-se ainda, que algumas rotas possuem grande área de coleta e grande trajeto percorrido, enquanto outras rotas possuem pequeno curso e pequena área de coleta.

Quanto ao tempo, em média a coleta levou de 3 a 4 horas pela manhã e de 2 e meia a 3 horas e meia durante a tarde. Essa diferença se dá, pois, a coleta que, normalmente, é

realizada a tarde é o restante da coleta da rota inteira que não foi realizada pela manhã.

Um ponto a ser destacado é a falta de regularidade da coleta. Apesar da identificação dos locais coletados, em dias e horários, no levantamento feito, constatou-se que a uma grande irregularidade na coleta, devido principalmente, a problemas mecânicos e a falta de manutenção preventiva nos veículos utilizados para tal fim.

Para a conclusão do levantamento foi necessário a realização de coleta de dados em algumas semanas, visto que, em mais de uma semana houve quebra de caminhão compactador e a amostra do restante da semana era comprometido, tendo em vista que, os outros caminhões complementavam suas rotas com parte da rota comprometida.

Isso posto, pode-se perceber que apesar de possuir uma coleta que abrange, praticamente, toda a área urbana da cidade, o município ainda existe falha na regularidade da mesma e possui algumas rotas de coleta pouco eficientes, quando se refere a quilometragem percorrida e tempo de coleta e transbordo.

Para essa questão foi necessário um estudo mais aprofundado das rotas, considerando, distância até o destino final, tempo de coleta em cada setor, produção de resíduos por bairros, assim como, fiscalizar periodicamente, os veículos utilizados, já que se trata de veículos terceirizados, a fim de que se possa elaborar um roteiro de rotas eficiente que possa garantir, além da economicidade para o serviço público, um serviço regular e eficiente.

Tendo em vista um diagnóstico preciso, se fez necessário a quantificação e caracterização da composição gravimétrica dos resíduos. Para tal, realizou-se a coleta de dados no lixão municipal a fim de que se obtivesse os valores relativos ao quantitativo coletado e que tipos de resíduos são gerados.

Anterior a coleta de dados, procurou-se fazer uma análise de como é feito a destinação final dos resíduos e qual o cenário encontrado no lixão municipal. Diante das idas ao lixão pode se mostrar as péssimas condições em que se encontra.

Foi encontrado um ambiente degradado e insalubre, de forte odor, além da presença de animais, como aves que se alimentam do “lixo”, além de cachorros e porcos, que são criados por pessoas que moram nos arredores do lixão.

Nas primeiras visitas *in loco* pode-se constatar que são depositados inúmeros tipos de resíduos na área do lixão, assim como identificado por Lunes (2017) e ilustrado na figura 14.

Figura 14: Diversidade dos resíduos depositados no lixão de Pau dos ferros/RN – 2019 – A) RCD e Poda; B) RSS; C) RSS



Fonte: Autoria Própria (2019)

A deposição dos resíduos e a presença dessa gama diversidade pode acarretar a proliferação de vetores de doenças como ratos e animais peçonhentos, além do risco a saúde pública, principalmente pela presença de materiais hospitalares usados e frascos de remédios, conforme também apresentado por Lunes (2017).

Pode-se observar que os resíduos são depositados na área do lixão, mas quando essa área já está com sua capacidade esgotada e possui grandes pilhas, os resíduos passam a ser alocados na área destinada ao aterro controlado municipal. Igualmente como ocorre com o espaço atribuído ao lixão, quando a região do aterro tem seu volume preenchido, os resíduos são retirados e manuseados para o espaço destinado ao lixão, onde são queimados e depois compactados, ocasionando inúmeras problemas ambientais, além de problemas de saúde, levando em consideração, que a depender do vento a fumaça e fuligem atingem diversos bairros da cidade.

Todo esse processo acabou criando um grande aterro de “lixo” no local, que enseja um risco aos trabalhadores de limpeza pública municipal, uma vez que, os caminhões sobem a pilha para fazerem a deposição dos resíduos e a decomposição dos restos de queima podem ocasionarem recalques no aterro, o que aumenta exponencialmente o risco de acidentes.

Vale salientar que, alguns resíduos, como poda, Resíduo de Construção de Demolição (RCD) e restos de animais advindos do matadouro público, são jogados nas margens dessas áreas, dificultando até a passagem dos veículos e causando enorme prejuízo ambiental a localidade, em conformidade com o apresentado por Lunes (2017).

Outro fato relevante foi a presença de catadores de materiais recicláveis. Cerca de 30 catadores fazem a coleta e segregação de materiais no vazadouro. De acordo com os mesmos, eles se dividem entre os turnos na coleta de material, realizando a coleta desde às quatro da manhã até cerca de dezoito horas. Constatou-se a total falta de proteção dos mesmos no manejo dos resíduos, sem nenhum tipo de EPI, desprovidos de luvas ou mascaras, em contato direto com os materiais, correndo sério risco a contração de doenças e contaminação.

Em conversa com os catadores verificou-se que todos eles trabalham por conta própria, sem nenhum vínculo a associação ou a empresas. Eles relataram que já houve uma associação no passado, mas que essa já foi desfeita. Esse fato foi comprovado, por meio de diálogo com a antiga presidente da associação que confirmou a extinção da associação de catadores, inclusive, juridicamente.

Apesar disso, existe uma prensa nos arredores do local, que segundo os catadores, foi disponibilizada por uma pessoa que trabalha com a compra e revenda de resíduos, a fim da diminuição do volume coletado a ser transportado para depósitos de armazenamento (Figura 15).

Figura 15: Prensa disponibilizada para os catadores



Fonte: Autoria Própria (2019)

Assim como observado por Lunes (2017), não há nenhum tipo de proteção do solo, nem nas áreas do lixão, nem regiões adjacentes, como também, não há sistemas de drenagem de águas pluviais, o que pode acarretar alta infiltração da massa de resíduos no solo e lixiviação de chorume em épocas chuvosas.

Deste modo, foi possível observar que nas épocas de chuvas grande quantidade de chorume será drenado pelo solo, até açude particular e posteriormente ao rio Apodi-Mossoró, considerando que o local estudado está a uma cota de 16 metros acima da cota do rio, o que pode levar a contaminação da flora da região e principalmente há contaminação das pessoas expostas, uma vez que além da exposição pelo rio, o mesmo fornece água a barragem de Santa Cruz, que é o principal reservatório do alto oeste potiguar e abastece inúmeras cidades da região, inclusive, Pau dos Ferros (LOPES et. al, 2016). A figura 16 mostra a imagem de satélite que comprova a conclusão acima.

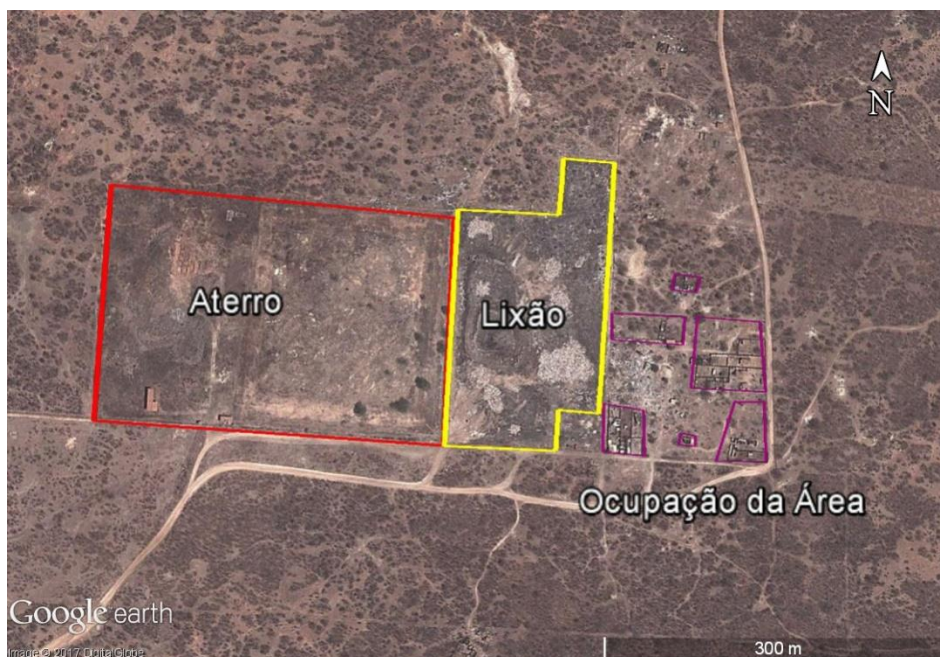
Figura 16: Caminho percorrido pelo lixiviado gerado no lixão de Pau dos Ferros



Fonte: Lopes et al. (2016)

Análise-se que a localidade do lixão, o mesmo possui uma área aproximada de 27.300 m², enquanto o espaço destinado ao aterro controlado uma área de 60.000 m² (LUNES, 2017). Assim como apontado por Lunes (2017) pode se constatar que no entorno do lixão existem 9 imóveis construídos num raio de 500 metros de distância do lixão, sendo que, diferentemente de 2017, atualmente apenas 5 pessoas residem nesses imóveis, onde apenas uma das pessoas entrevistadas afirma que trabalha na coleta de materiais no lixão. Essas áreas podem ser demonstradas na figura 17.

Figura 17: Área do lixão, aterro controlado e ocupação das imediações em 2019



Fonte: Google Earth pro (2017), apud Lunes (2017).

Como apresentado anteriormente, a coleta dos resíduos no município perfaz 7 rotas, totalizando um total de 98 m³ diários de resíduos sólidos que são depositados diariamente no lixão. Através da composição gravimétrica realizada, pode-se chegar a massa específica dos resíduos coletados na cidade de 120,68 kg/m³. Com isso, chegou-se a uma massa diária coletada de 11,83 toneladas de resíduos, valor muito discrepante ao que encontrado por Lunes (2017), que era de 75 toneladas.

Com uma população estimada pelo IBGE (2019) de 30.394 habitantes, somado a massa diária produzida encontrada, pode-se chegar a uma geração per capita de 0,4 kg/hab.dia, valor semelhante aos 0,5 kg/hab.dia apresentado por Alcantara (2010) para municípios de até 30 mil habitantes.

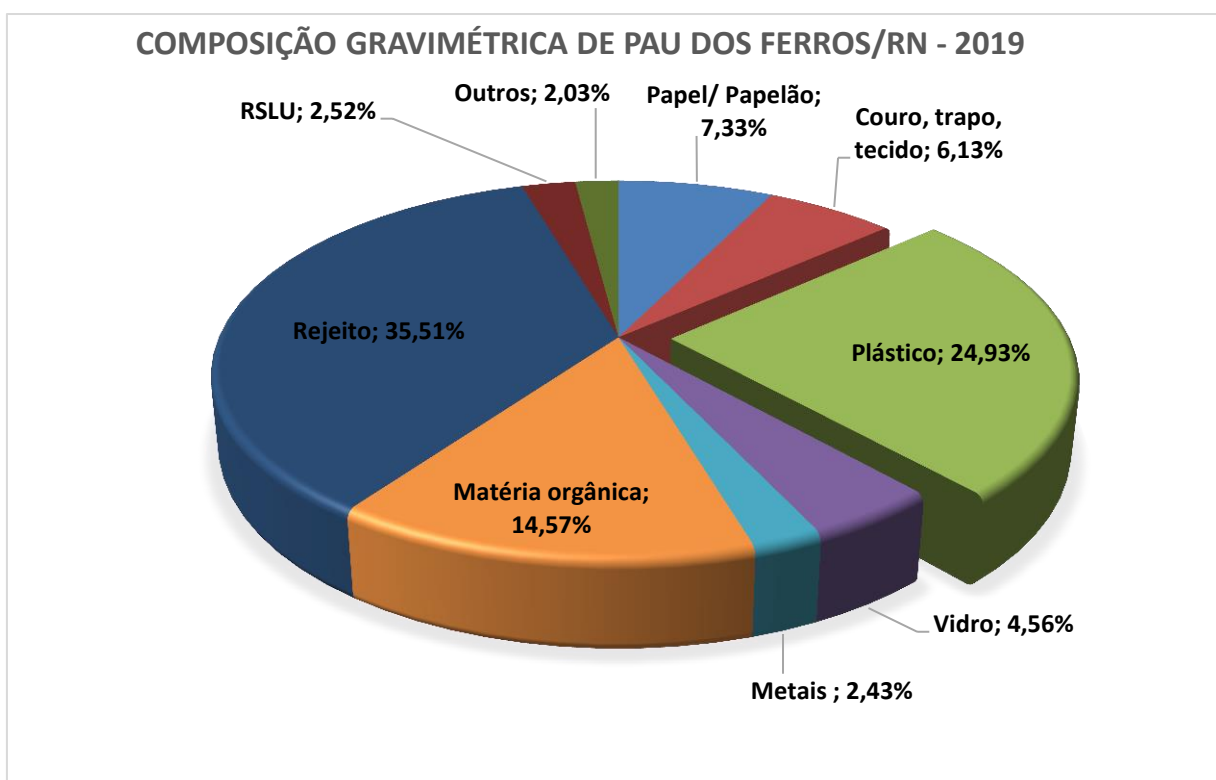
Ainda sobre a geração per capita encontrada ela está abaixo dos 0,96 kg/hab.dia da média brasileira e dos 1,13 kg/hab.dia da média do nordeste (ABRELPE, 2019). Esse valor diverge muito dos 2,48 kg/hab.dia encontrado por Lunes (2017), para o mesmo município, mas está próximo ao encontrado por Mendonça (2018) em Rodolfo Fernandes, município circunvizinho, que foi de 0,53 kg/hab.dia.

As diferenças identificadas, podem estar relacionadas a metodologia aplicada, uma vez que no município de Rodolfo Fernandes apenas uma pessoa realizou a coleta, enquanto em Pau dos Ferros em 2019 inúmeras participaram do processo. Isso também pode estar

relacionado a economia municipal, visto que, trata-se de um centro comercial da região, apesar da alta geração de resíduos, a grande quantidade de resíduos recicláveis gerados diminui a massa específica dos resíduos, o que causa uma diminuição na massa total.

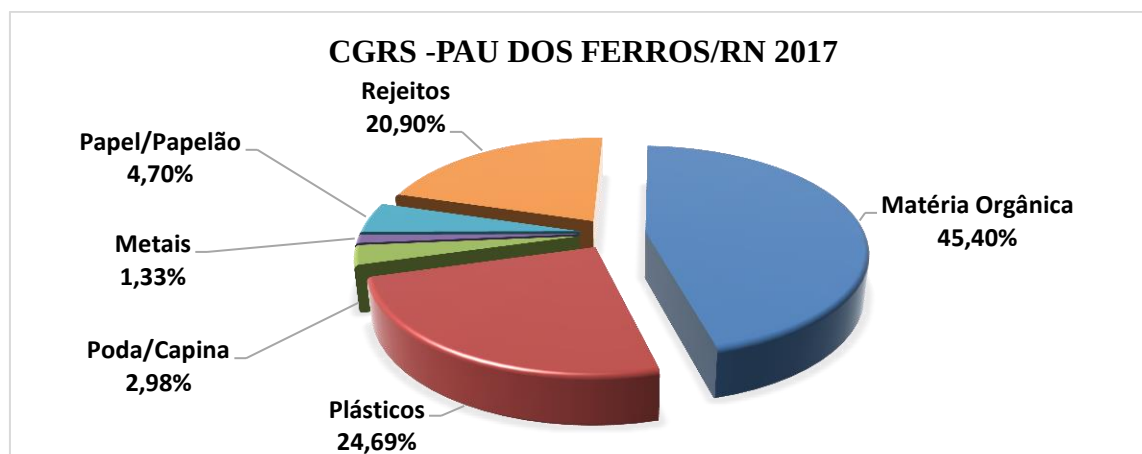
A análise da composição gravimétrica do município de Pau dos Ferros em 2019 (gráfico 1) mostrou que há a predominância de rejeitos, seguida de plásticos, com 35,91 % e 24,93 %, respectivamente, e ainda 14,57% de matéria orgânica, valores próximos aos encontrados por Lunes (2017), demonstrado no gráfico 2, para a maior parte dos materiais.

Gráfico 1: Composição gravimétrica simplificada de Pau dos Ferros/RN - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Gráfico 2: Composição gravimétrica de Pau dos Ferros/RN - 2017

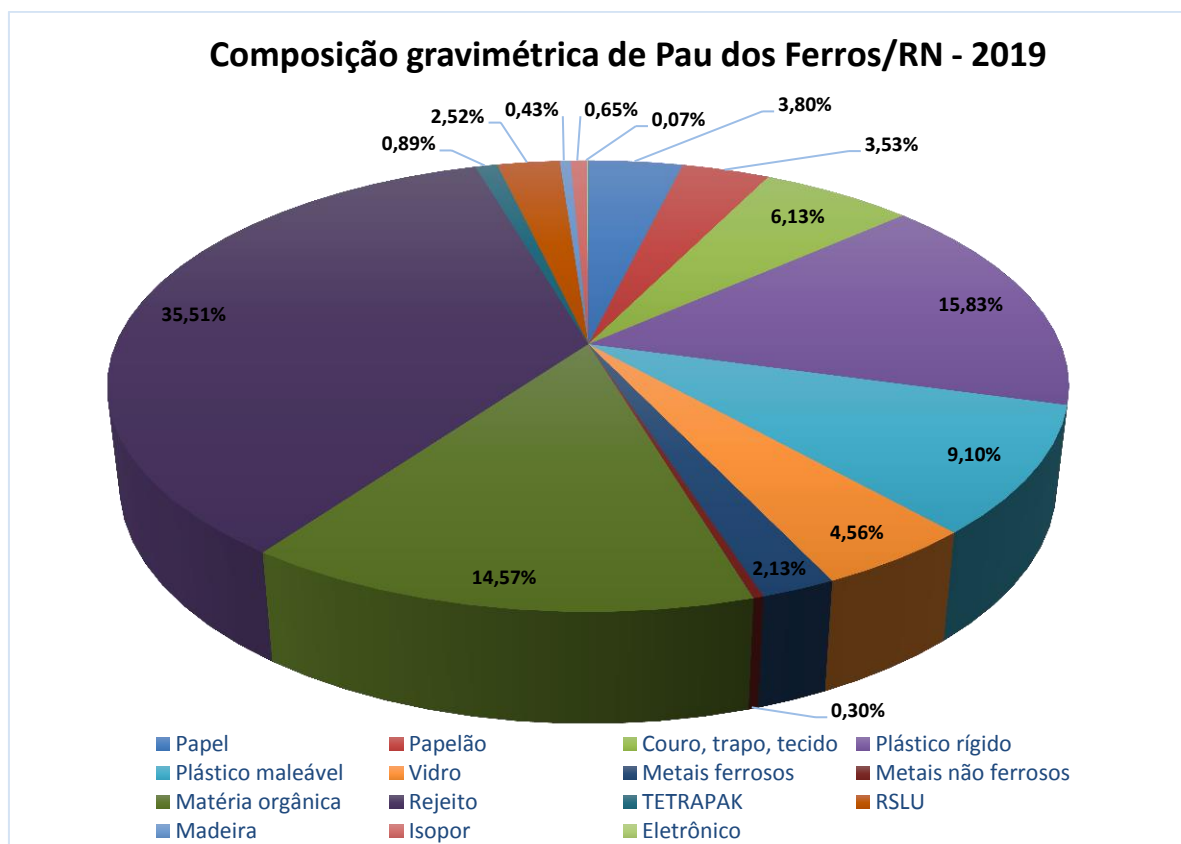


Fonte: Lunes (2017)

Salienta-se a diferença considerável entre os dados para a matéria orgânica que, segundo Lunes (2017) equivalia a 45,4% dos resíduos, enquanto em 2020 esse valor é de 14,57%, uma diminuição de 68%. Isso demonstrou uma menor destinação da população dos resíduos orgânicos na coleta domiciliar, fato ligado a cultura de parte da população de reutilização desse resíduo na alimentação animal, principalmente, de suínos. Essa diminuição também está associada a grande queda na geração per capita de resíduos, uma vez que, a diminuição de resíduo úmido, diminui consideravelmente a massa específica dos resíduos, contribuindo pra diminuição do cálculo de massa total.

Destaca-se a o quantitativo significativo de resíduos plásticos, com um total de 24,93 %, sendo destes, 15,83 % de plásticos rígidos e 9,10 % de plásticos maleáveis, conforme gráfico 3. Esses valores se replicam em outras pesquisas como comprovado por Lunes (2017) em Pau dos Ferros e Aquino (2018) no município de Pereiro/CE. Esse dado também demonstrou o aumento da geração percentual de resíduos plásticos em virtude do aumento da população e da característica econômica das cidades, fato comprovado por Mendonça (2018) em Rodolfo Fernandes/RN e Queiroz Junior (2010).

Gráfico 3: Composição gravimétrica de Pau dos Ferros/RN - 2019

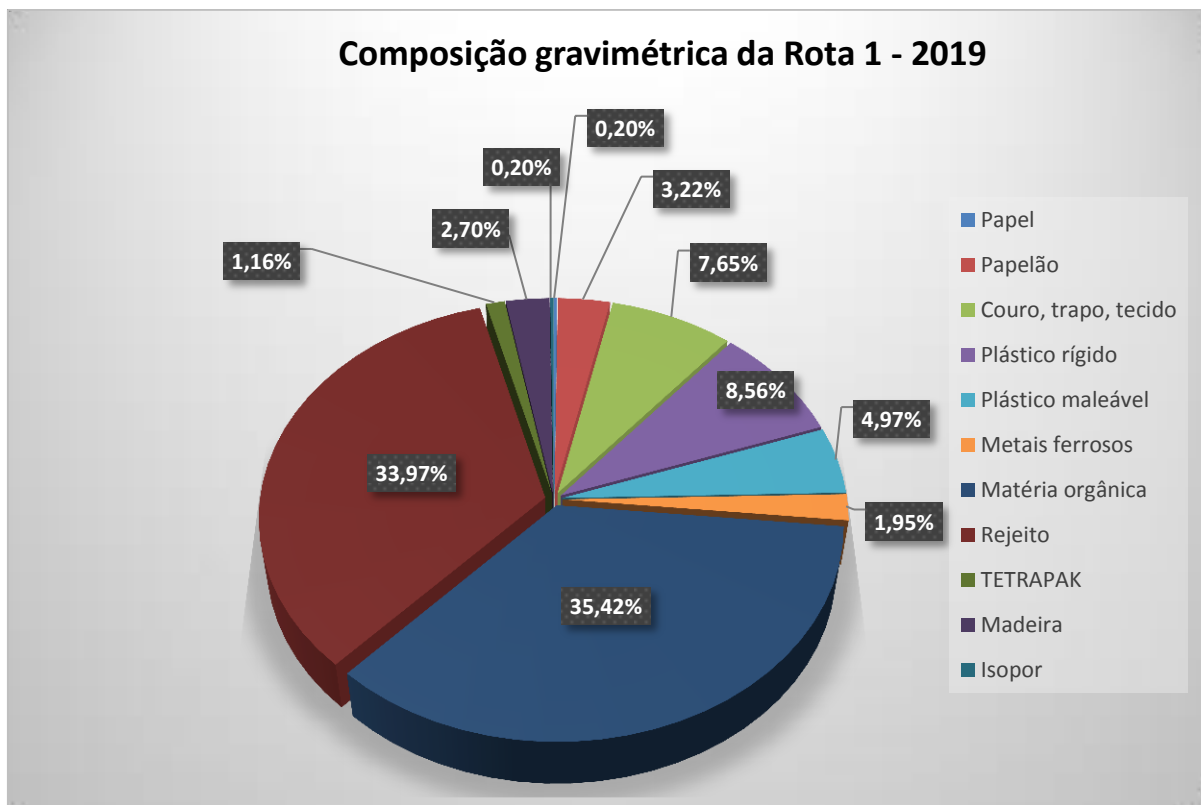


Fonte: Autoria Própria (2019)

Vale evidenciar ainda, o percentual de resíduos possivelmente recicláveis chegando a 46,69 %, englobados papel, papelão, tecido, plástico, vidro, metal, madeira e embalagens longa vida (tetrapack). Outro ponto que se pode destacar, é a pré-segregação que ocorre pelos próprios garis, de latinhas e materiais metálicos, diminuindo assim, a porcentagem desses materiais na composição.

Após a quantificação e caracterização dos resíduos sólidos no município, se viu a necessidade de analisar essa caracterização, de acordo com as rotas e bairros abrangidos por essas. Desses dados pode-se observar que na rota 1 houve uma predominância de matéria orgânica e rejeito (Gráfico 4).

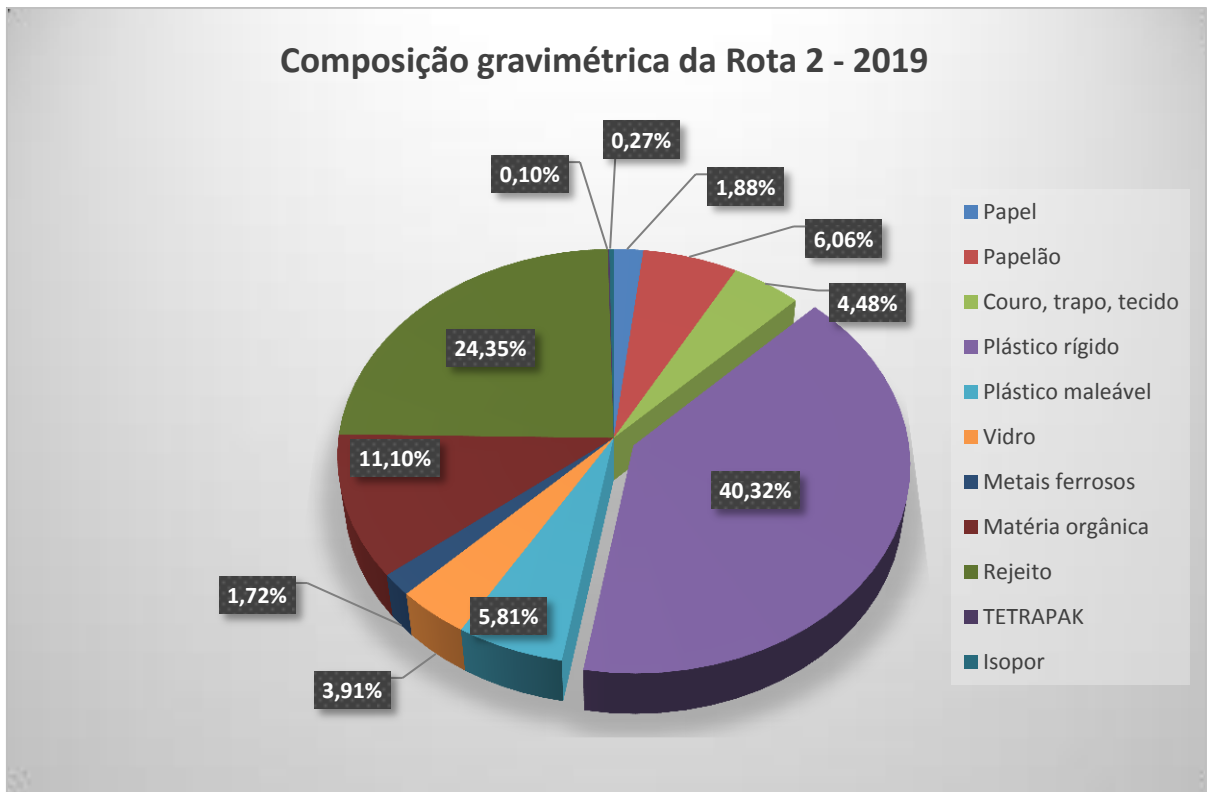
Gráfico 4: Composição gravimétrica da Rota 1 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Na rota 2 houve predomínio de plástico rígido e rejeito, com 64,18 % dos materiais eventualmente passíveis de reciclagem (Gráfico 5), o que demonstra uma grande potencialidade para a coleta seletiva.

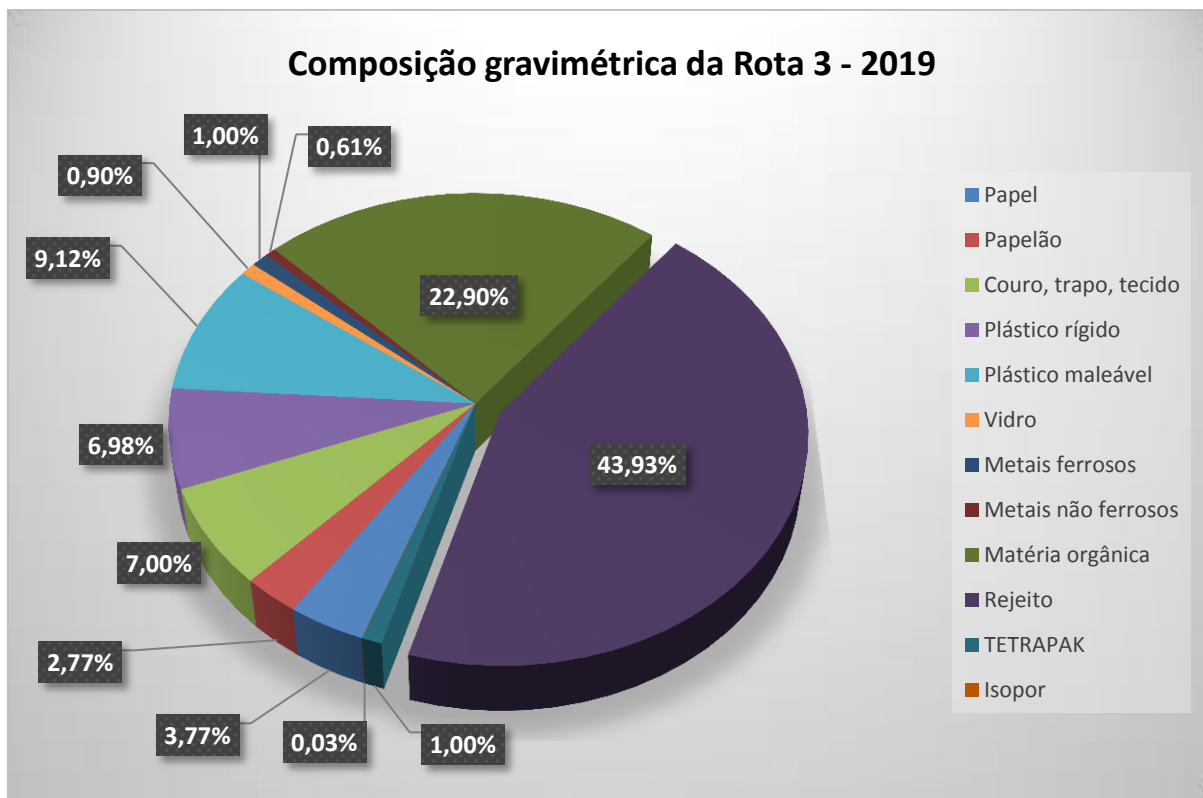
Gráfico 5: Composição gravimétrica da Rota 2 - 2019



Fonte: Autoria própria (2019)

A rota 3 teve grande porcentagem de rejeito, atingindo 43,93 %, seguido de matéria orgânica com 22,90 % (Gráfico 6), assumindo assim, pouca aptidão para coleta seletiva, mas com capacidade de uso de usinas de compostagem.

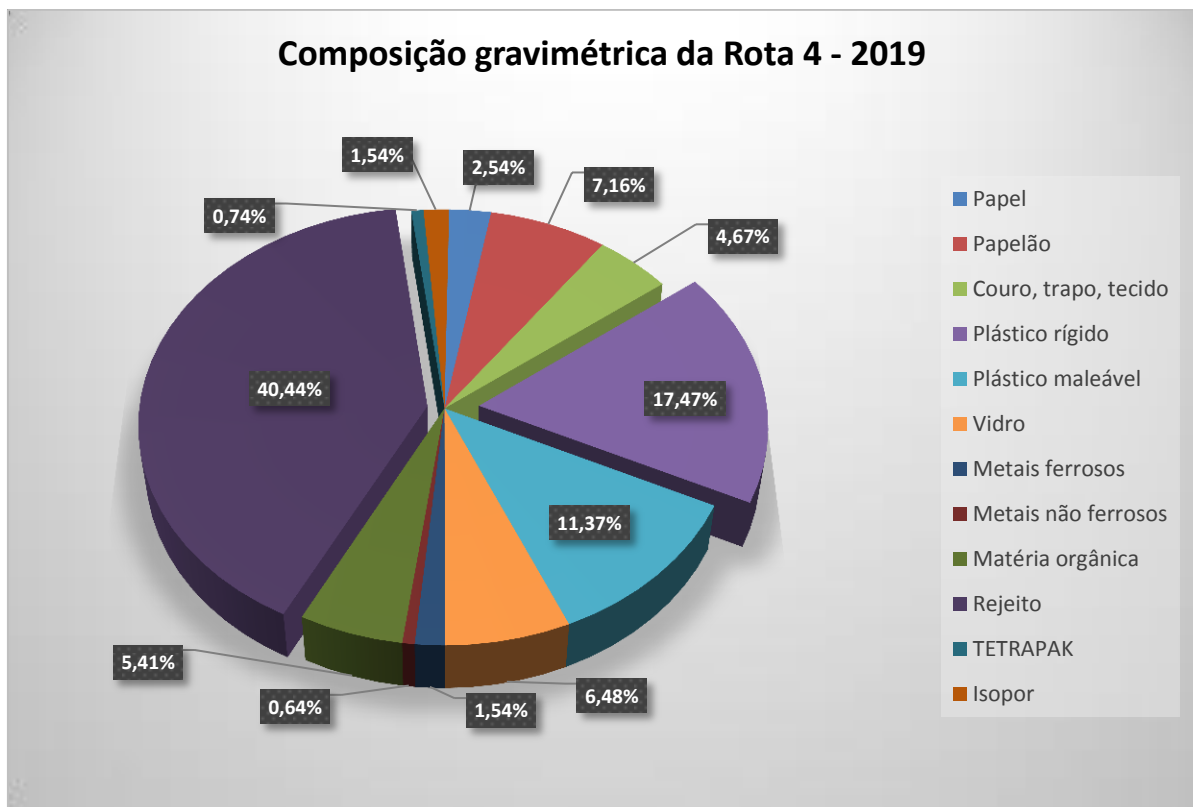
Gráfico 6: Composição gravimétrica da Rota 3 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Seguindo as análises, constatou-se que assim como a rota 1, a rota 4 obteve predomínio de rejeito e plástico rígido (Gráfico 7), com uma baixa porcentagem de matéria orgânica, indicando uma segregação prévia dos resíduos úmidos.

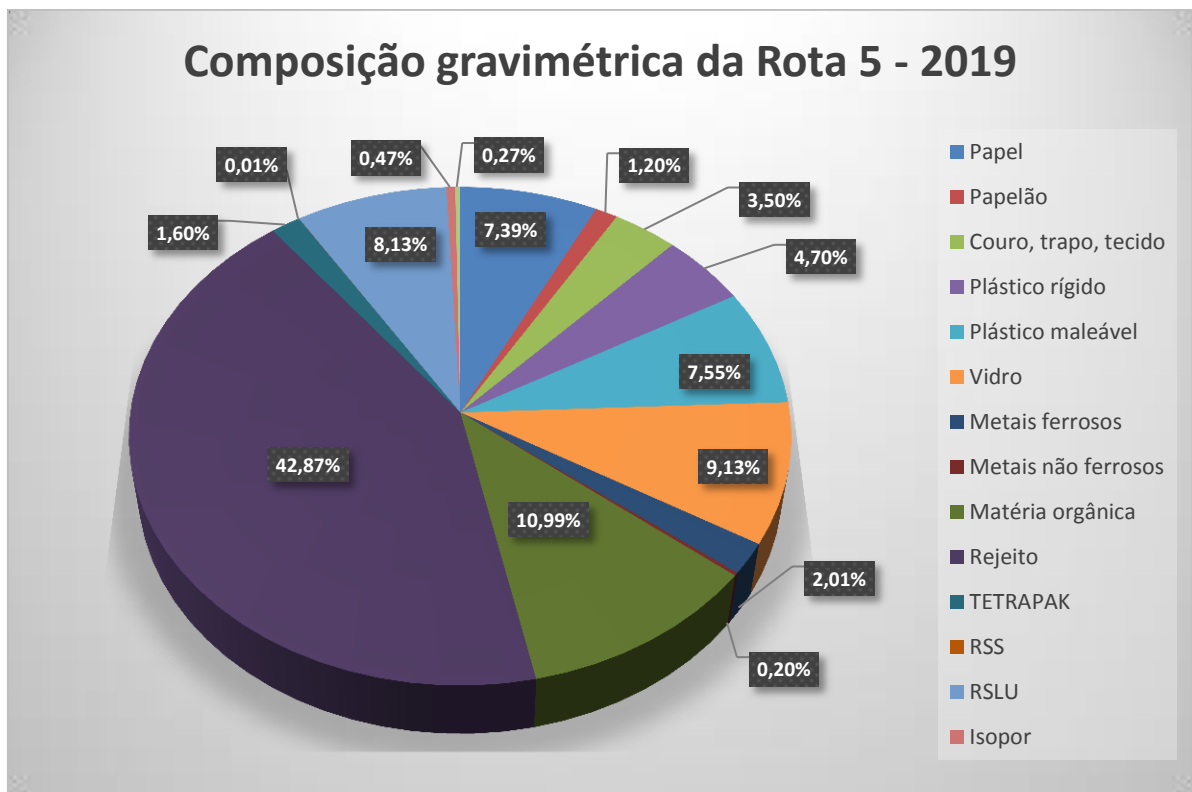
Gráfico 7: Composição gravimétrica da Rota 4 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Semelhante a rota 3, a rota 5 apresentou uma superioridade nas porcentagens de rejeito e matéria orgânica (Gráfico 8).

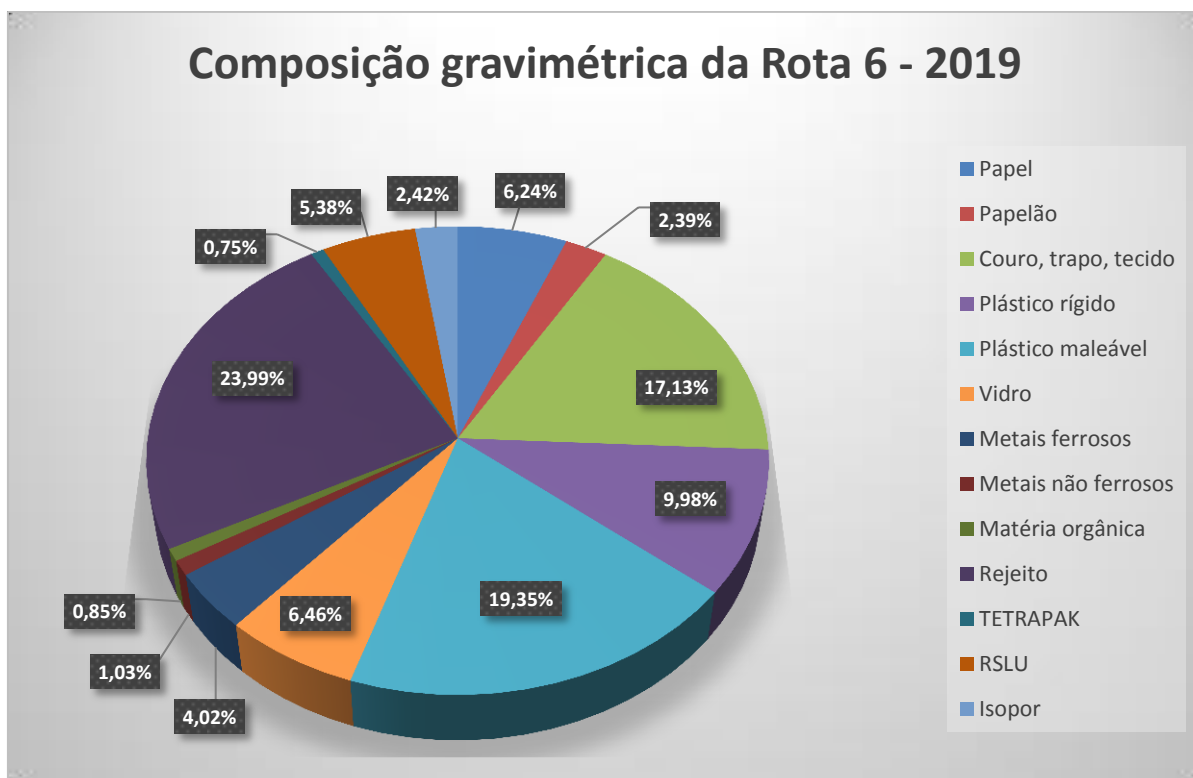
Gráfico 8: Composição gravimétrica da Rota 5 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

A rota 6 apresentou um maior equilíbrio na percentagem, tendo rejeito, plástico maleável, tecido ou couro e plástico rígido na maior parte de sua composição (Gráfico 9).

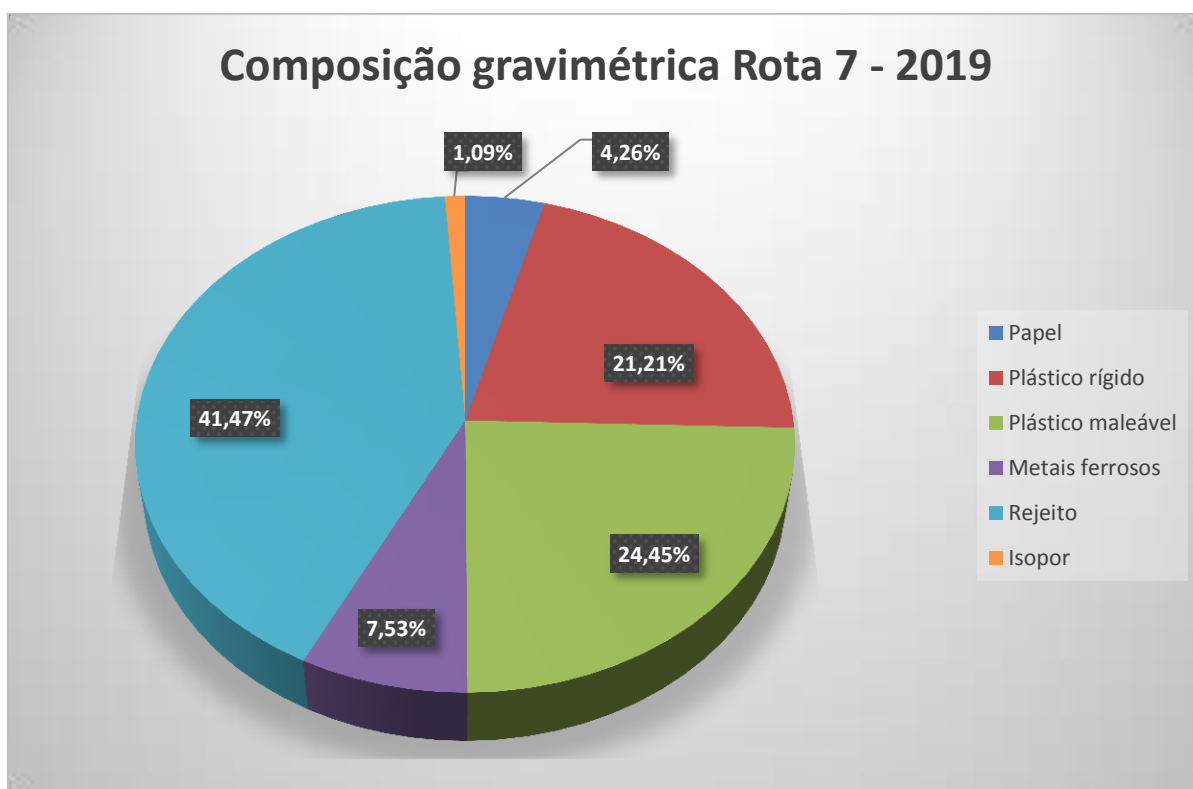
Gráfico 9: Composição gravimétrica da Rota 6 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Já na rota 7, foi verificado grande quantidade de rejeito e pouca diversidade de materiais (Gráfico 10). Essa rota apresentou 58,53 % de resíduos potencialmente recicláveis, sendo em sua maioria plástico. Isso se deve ao fato dessa rota abranger somente o bairro centro, bairro predominantemente comercial, dado reproduzido em outros estudos, como comprovado por Soares (2014).

Gráfico 10: Composição gravimétrica da Rota 7 - 2019



Fonte: Autoria Própria (2019)

Pode-se perceber que a tipologia dos materiais diferem com relação ao bairro que é coletado. Essa diferença está relacionada tanto a localidade onde é coletado o resíduo, quanto a situação sócio econômica da população dessas localidades, como também, da presença ou não da cultura de educação ambiental.

Diante disso, pode-se concluir que cerca de 64% dos resíduos produzidos e coletados na cidade, podem ser reutilizados ou reciclados, seja por usinas de triagem, seja coleta seletiva ou usinas de compostagem, valor superior ao encontrado por Lunes (2017) em 2017. Esse cenário é replicado em municípios adjacentes a Pau dos Ferros, como Erere e Pereiro, conforme comprovados por Queiroz Junior (2020) e Aquino (2018), respectivamente. Isso mostra que de tudo que foi disposto no vazadouro a céu aberto, apenas 36%, deveria ser destinado ao local, o que mostra que com a implementação de medidas corretas, acarretará uma alta vida ao aterro controlado municipal.

Um ponto que merece destaque foram quanto aos resíduos de serviços da saúde, pois foram identificados, seringas usadas, frascos de medicamentos, recipientes de soro usado, entre outros no meio dos resíduos coletados. Esses resíduos não foram coletados e contabilizados devido a periculosidade no tratamento e manuseio do mesmo, o que acarretaria perigo, sendo assim dispensado da amostra.

Quanto a questão orçamentária, segundo o IBGE (2017) Pau dos Ferros possui um PIB per capita de R\$ 16194,89 e no mesmo ano teve uma receita total de R\$ 59.848.110,00 e desta teve uma despesa total corrente de R\$ 53.731.410,00.

De acordo com o contrato de prestação de serviços de limpeza urbana, coleta e destinação final o município gasta anualmente R\$ 2.467.046,52 com o manejo dos resíduos sólidos, sendo pago parcelas mensais de R\$ 205.587,21.

De posse desses dados pode-se encontrar o custo médio do manejo em relação ao quantitativo de resíduo gerado e coletado. Considerando um mês de 30 dias temos que o gasto diário do manejo de resíduos sólidos de Pau dos Ferros em 2019 é de R\$ 6852,91 e dividindo esse valor pela estimativa de massa gerada diária têm-se um custo médio de R\$ 579,28 por tonelada de resíduos produzido. Ainda pode-se dividir o custo diário do manejo pela população estimada, obtendo um custo diário por habitante de R\$ 0,22, valor superior da média do Nordeste que é de R\$ 0,11 por habitante dia (ABRELPE, 2019).

De acordo com o IBGE (2017) a despesa corrente com o manejo dos resíduos sólidos foi de 4,6 % da despesa total corrente do município, valor semelhante aos 3,67% encontrado no município circunvizinho de Rodolfo Fernandes, conforme Mendonça (2018). Ainda segundo o IBGE (2019) o custo mensal do manejo é de R\$ 6,76 por habitante, quantia inferior à cidade de Rodolfo Fernandes, como comprovado por Mendonça (2018).

Segundo Santos (2016) o município de Pau dos Ferros arrecada anualmente R\$ 166.822,00 com a taxa de limpeza urbana, única arrecadação proveniente dos serviços prestado pelo manejo de resíduos sólidos. Esse valor equivale a apenas 6,76 % do custo anual do manejo, o que demonstra a falta de recursos e fontes de financiamento para a execução desses serviços.

4.2 PROGNÓSTICO

A vista o cenário exposto e considerando o crescimento populacional e econômico do município, com o consequente aumento da geração de resíduos sólidos, verificou-se a inevitabilidade de mudança na gestão ambiental e no manejo dos resíduos sólidos de Pau dos Ferros/RN.

Como se pode observar, mesmo existindo uma área significativa destinada ao aterro controlado, esse espaço não comportará, por tempo cabível, todos os resíduos produzidos e coletados pelo município, visto a grande quantidade gerada. Dessa forma se torna imprescindível a mudança no sistema de coleta e disposição final dos resíduos, dado que a não execução dessas medidas poderá acarretar danos estruturais as áreas, como a busca por

novas áreas destinados a tal serviço.

Além disso, a mudança de como vem sendo feito a disposição final, é fato de elevada importância, ante a indispensabilidade do encerramento do lixão, podendo propiciar um decréscimo no impacto ambiental e social causado pelo mesmo.

Deste modo, faz-se necessário uma avaliação quanto aos serviços de manejo que vem sendo prestado a população, com o dever de se buscar soluções e ações reais, para que esse serviço possa ser prestado de maneira eficiente e que evite danos à saúde humana e ao meio ambiente como um todo.

4.3 PERSPECTIVA DE IMPLANTAÇÃO DE COLETA SELETIVA

Através de observação e conversa com os catadores, pode-se identificar que todos resíduos reciclados no município provem de atividades de catadores de materiais recicláveis, tanto nas lixeiras espalhadas pela cidade, como na disposição final no vazadouro municipal. Não existe, hoje, nenhuma ação governamental que empenhe atividades de segregação ou armazenamento, transporte e comercialização desses materiais.

Num todo, segundo os próprios catadores, mais de 20 pessoas realizam a atividade de coleta e segregação dos materiais no lixão da cidade, sem ter sido contabilizado aqueles que trabalham fazendo esse processo dentro do perímetro municipal. Como já mencionado, anteriormente, não existe associação de catadores no município, Associação de Catadores de Materiais Recicláveis Agamenon Reciclagem - ACAMARA foi desativada formalmente e não presta mais serviços de coleta.

A Prefeitura em parceria com associação da cidade vizinha planeja a inclusão da associação para os trabalhos a serem realizados, no futuro aterro controlado municipal, mas sem nenhum tipo de funcionamento real, no momento.

Existem algumas ações da secretaria de meio ambiente quanto a coleta diferenciada dos resíduos, de pilhas, baterias e lâmpadas, como também, a educação ambiental na escola, que ensinam a conscientização ambiental.

O projeto ESNIS elaborou algumas palestras e capacitações, tanto para a comunidade acadêmica, quanto a sociedade em geral, com o intuito de levar conhecimento aos que trabalham com o manejo, quanto educar ambientalmente a sociedade em geral, somado ao desenvolvimento de várias pesquisas sobre o tema.

Diante dos fatos apresentados, tem-se uma perspectiva que, caso ações sejam implementadas, a coleta seletiva se inicie no município a partir de 2020. No entanto, cabe ressaltar a pouca celeridade desse processo, o que pode vir acabar acarretando a não

viabilidade da coleta diferenciada, tão importante para um bom funcionamento do manejo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o prazo para encerramento dos lixões cada vez mais próximo, segundo a PNRS, a implantação de um plano de gerenciamento dos resíduos e um novo modelo de manejo desses, é de fundamental importância, tanto para o cumprimento da legislação, quanto para propiciar uma melhor qualidade de vida aos munícipes.

O município de Pau dos Ferros conta com uma frota de veículos, destinada ao manejo, já desgastada e que não possui manutenção preventiva. Além disso, detém um quadro de pessoal enxuto para a execução de todas as atividades de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

As rotas de coleta domiciliar são irregulares e ineficientes, não proporcionando aos munícipes um serviço de qualidade. Já as coletas de poda e RCD funcionam de maneira regular, porém insuficientes para o atendimento de toda a população.

Com uma estimativa de 11,83 toneladas diárias de resíduos destinados ao vazadouro a céu aberto de maneira inadequada, evidencia a necessidade de implementação de medidas a fim de uma nova forma de manejar e gerenciar os resíduos da cidade, visando minimizar os custos operacionais, tal como promover um cenário amenizado quanto à poluição tríplice, além de proporcionar a valorização econômica de tais resíduos ao reinserir na cadeia produtiva local.

A composição gravimétrica apresentou uma alta porcentagem de rejeitos, muito relacionado ao uso de caminhões compactadores e pela mistura dos materiais, no entanto, apresentou ainda uma porcentagem relevante de resíduos potencialmente recicláveis, o que dá uma grande possibilidade de implantação desse tipo de coleta.

Diante desse cenário, evidenciou-se a necessidade de mudança e adequação do modelo de manejo de resíduos implantado na cidade, de forma a garantir a boa qualidade dos serviços e preservação do meio ambiente, além de apresentar plataformas de acordo com as leis e normas vigentes.

Tendo a previsão orçamentária como umas das principais dificuldades apresentadas para o bom funcionamento do manejo, a busca por medidas de previsão de recursos e fontes para subsidiar são de fundamentais para que todas as medidas sejam empreendidas de maneira correta.

Ressalta-se a grande importância da implementação de coleta seletiva no município, levando em conta que, sem uma coleta diferenciada, mesmo com a construção de um aterro controlado, o grande quantitativo produzido diariamente ultrapassaria rapidamente a

capacidade do aterro e incorreria pela busca de outras áreas e o despendimento de recursos já inexistentes para construção de aterros sucessivamente.

Por fim, se propôs um acompanhamento periódico das rotas e da disposição final dos resíduos, além de um constante monitoramento das estimativas de resíduos e de suas características, visto as continuas mudanças nos perfis da população e no futuro cenário da implantação do aterro controlado.

A apresentação desse estudo irá servir como base de dados e de conhecimento técnico para que se possa ser apresentado proposições de soluções e iniciativas que possam trazer um correto manejo dos resíduos sólidos locais levando salubridade a população e uma correta disposição final dos resíduos, colaborando assim com fim do lixão da cidade.

Esses aspectos serão de fundamental importância para o estudo da viabilidade e a estimativa de vida útil do lixão, como também, embasará ações e proposições futuras acerca dos projetos que levarão ao correto manejo dos resíduos sólidos municipais e ao enquadramento na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHCAR, A.; OLIVEIRA, C. G. de. Reutilização e Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. 2018. Repositório Institucional. **Portal de Periódicos Eletrônicos UniEvangélica**. 2018. Disponível em: < <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/1592>>. Acesso em: 14 jan. 2019.
- ALCANTARA, A. J. de O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres/MT**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, PPGCA, UEMG, Cáceres, 2010.
- ALKMIN, D. V; RIBEIRO JUNIOR, L. U. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia Uberlândia** v. 18, n. 61 Março/2017 p. 65–82.
- AQUINO, Y. C. **Abordagem Integrada para avaliação das áreas de aterros comuns de Pereiro/CE**. 2018. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2016**. ABRELPE: São Paulo, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2018**. ABRELPE: São Paulo, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. **Constituição Federal**. nº ART. 225, de 05 de outubro de 1988.
- BRASIL. **Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990**. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1990.
- BRASIL. **Lei 6938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981.

BRASIL. **Lei nº 12305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2018**. Brasília: NS/MDR, 2019. 247 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 404**, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Publicada no DOU de 11 de novembro de 2008.

BRINGHENTI, J. R., et al. Coleta seletiva em condomínios residenciais verticalizados do município de Vitória (ES): características operacionais e de participação social. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2019, 11.

CHIEPPE JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, N. C. da S.; SILVA, M. A. da; ROCHA, H. A. M.. Conhecer as percepções, os valores e as dificuldades de uma coleta seletiva de lixo no município de inhumas-go. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande/PB**. 2016

CORREIA, V. M. S.; AQUINO, M. D. de; THOMAS, A. C. F.; CORREIA, M. L. V. Estudo de caso: aspectos e impactos perceptíveis na localização de lixões municipais utilizando a ferramenta M-MACBETH. **Revista DAE** | núm. 211 | vol. 66. 2018

DANTAS, J. R. de Q.; CLEMENTINO, M. do L. M.; DE FRANÇA, R. S. A cidade média interiorizada: Pau dos Ferros no desenvolvimento regional. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 2015, 11.23: 129-148.

DE QUEIROZ DANTAS, J. R.; CLEMENTINO, M. do L. M.; DE FRANÇA, R. S.. A cidade média interiorizada: Pau dos Ferros no desenvolvimento regional. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 2015, 11.23: 129-148.

DOS SANTOS CABRAL, Carlos. Aterros Sanitários, Controlados e Lixões, uma Análise da Realidade Brasileira, retrospecto e Evolução a partir da Lei 12.305/10. **Anais do Encontro Nacional de Pós Graduação**, v. 3, n. 1, p. 490-494, 2019.

GALDINO, S. de J.; MARTINS, C. H.; SILVA, E. S. Avaliação de um aterro controlado de resíduos sólidos urbanos através do método de IQR-VALAS. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 9, 2015.

GUIDONI, L. L. C. et al. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Tecno-Lógica**, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. IBGE CIDADES. **Estimativas de população – 2019**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama> > Acesso em: 14 de Janeiro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. IBGE CIDADES. **Produto Interno Bruto dos Municípios – 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/pesquisa/38/46996> > Acesso em: 22 de Janeiro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. IBGE CIDADES. **Finanças públicas dos Municípios – 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/pesquisa/21/28134> > Acesso em: 25 de Janeiro de 2020.

KHANDELWAL, H.; DHAR, H.; THALLA, A. K.; KUMAR, S. Application of Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management: A Worldwide Critical Review. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 299, p. 630-654, 2019.

LEITE, N. D. PAIVA, B. K. V.; OLIVEIRA, M. Z. F. da S.; SANTOS, G. O. III-034-Lixões, Aterros controlados e Aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da lei federal. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental: 30ª Edição. 2019**

LOPES J. R. A. et al. (2016). **Avaliação da contaminação no lixão de Pau dos Ferros-RN**. I Semana das Engenharias Química Ambiental e Sanitária do Oeste Potiguar.

LUNES, Anderson Rodrigues da Silva. **Proposta de técnicas de recuperação de área degradada para o lixão de Pau dos Ferros/RN. 2017**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2017.

MACHADO, G. B. **Sistemas de coleta e transporte de resíduos sólidos**. 2015. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/sistemas-de-coleta-e-transporte-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

MARQUES, E. A. F.; VASCONCELOS, M. C. R. L.; GUIMARÃES, E. H. R.; BARBOSA, F. H. F. Gestão da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos no Campus Pampulha da UFMG:

Desafios e Impactos Sociais. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2017, 6.3: 131-149.

MENDONÇA, E. V. P. **Proposta de gestão de resíduos sólidos do município de Rodolfo Fernandes. 2018.** 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2018.

MOTTA, W. H. Análise do ciclo de vida e logística reversa. **X SEGeT**, 2013.

OLIVEIRA PAULA, E. A. de; LINHARES, E. L. da R.; LUCAS FILHO, A.; LINHARES FILHO, F. L. da C.; PEREIRA, M. L. L. Caracterização socioambiental nos lixões dos municípios localizados na microrregião da chapada do Apodi/RN. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 6: Congestas 2018.**

OLIVEIRA, M. C. B. R. de. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil.** 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.** 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em 04 de outubro de 2019.

PIRES, I. C. G.; DA ENCARNAÇÃO FERRÃO, G.. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 01, 2017.

PORTELLA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 1, 2014.

QUEIROZ JUNIOR, A. B. de. **Proposta de gerenciamento municipal de resíduos sólidos urbanos para Erere – CE. 2020.** 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento.** Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. v. 7, n. 3 (ago. 2018), p. 422-443, 2018.

SANTOS, L. A. V. dos. **Gerenciamento de resíduos em torno da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (RN).** 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências

Naturais, Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais - PPGCN, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2016.

SEMARH - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Relatório síntese:** Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte – PEGIRS/RN, Natal/RN, 158p, 2012.

SERVIÇO DE APOIO À PEQUENAS E MICROS EMPRESAS - SEBRAE. Comércio e serviços: reciclagem de resíduos. **Estudo de mercados – Comércio e serviços: reciclagem de resíduos.** Dois de Julho: SEBRAE, 2017. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Reciclagem%20de%20res%C3%ADduos%20na%20Bahia.pdf>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2020.

SILVA, L. R. de M.; MATOS, E. T. A. R. de; FISCILETTI, R. M. de S. Resíduo sólido ontem e hoje: evolução histórica dos resíduos sólidos na legislação ambiental brasileira. **Amazon's Research and Environmental Law**, v. 5, n. 2, 2017.

SOARES, A. P.. Caracterização Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos Do Município De Manhumirim/Minas Gerais–Como Ferramenta De Avaliação Preliminar Do Programa De Coleta Seletiva. In: **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Anais...** Belo Horizonte/MG: IBEAS-Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2014.

TASISTRO, I. B. Impactos Socio-Econômico-Ambientais da coleta seletiva no município de Foz do Iguaçu. 2019. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Integração Latino-americana, Foz do Iguaçu, 2019.

WU, Y.; TAM, V. W.; SHUAI, C.; SHEN, L.; ZHANG, Y.; LIAO, S. Decoupling China's economic growth from carbon emissions: Empirical studies from 30 Chinese provinces (2001–2015). **Science of The Total Environment**, Vol. 656, p. 576-588, 2019.