



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

IRNA MOREIRA DIAS MILHOMEM

ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ATERRO
SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

PALMAS

2020

IRNA MOREIRA DIAS MILHOMEM

ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ATERRO
SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito final para obtenção do título de
Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil
do Instituto Federal do Tocantins, Campus Pal-
mas.

Orientadora: Prof^a. Dra. Cláudia da Silva
Aguiar Rezende

PALMAS

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M637a Milhomem, Irna Moreira Dias
ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO / Irna
Moreira Dias Milhomem. – Palmas, TO, 2020.
56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2020.

Orientadora: Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende

1. Gravimetria. 2. Resíduos Sólidos Domésticos. 3. Gestão de resíduos. I.
Rezende, Cláudia da Silva Aguiar. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

IRNA MOREIRA DIAS MILHOMEM

ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do grau em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 29/10/2020

BANCA AVALIADORA



Profª. Dra. Cláudia da Silva Aguiar Rezende

Orientadora



Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza



Econ. Antônio Adeluzio Gomes de Azevedo

Resumo

O desenvolvimento tecnológico, o crescimento industrial, o acelerado processo de urbanização e o crescimento populacional transformaram o espaço geográfico brasileiro. Somado à mudança de hábitos e de consumo acarretou e vem acarretando diversos problemas ambientais. O incentivo à troca e o investimento em produtos descartáveis, levaram a um aumento significativo da geração de resíduos sólidos. Tratar e dar um destino adequado à grande quantidade de resíduos tem sido um grande desafio às autoridades brasileiras. Para que haja melhor gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos é preciso conhecer o que tem sido gerado, ou seja, qual a quantidade e que tipo de material é descartado. Dessa forma, a determinação da composição gravimétrica dos resíduos do município é um importante instrumento de gestão, uma vez que, permite conhecer de forma quantitativa e qualitativamente as frações geradas. As dificuldades de elaboração de modelos eficientes de gestão provêm, principalmente, da falta de informações sobre a realidade local. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo analisar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos da cidade de Palmas-TO, em função de amostras representativas das quatro regiões urbanas do município. O estudo foi realizado em parceria entre Secretaria de Infraestrutura de Palmas – TO e o Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas. Para o presente estudo foi utilizado o método do quarteamento dos resíduos, amostrando separadamente os resíduos orgânicos e inorgânicos do município, sendo possível quantificar e qualificar os resíduos sólidos urbanos. Os resultados da análise gravimétrica indicaram que a fração de orgânicos corresponde à 53,70% dos resíduos gerados no município, 37,55% são passíveis de reciclagem. A grande quantidade de resíduos orgânicos e recicláveis no município destacam um potencial a ser estudado apontando a necessidade de uma avaliação da estrutura da coleta seletiva, mediante estudo de viabilidade técnica e econômica. Portanto, espera-se, que este estudo auxilie o poder público local e instituições competentes relacionadas, na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos do município de Palmas - TO, nortando o planejamento e dimensionamento de sistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos, bem como de projetos de educação ambiental.

Palavras-chave: Gravimetria; Resíduos Sólidos Domésticos; Gestão de resíduos.

Abstract

Technological development, industrial growth, the accelerated urbanization process and population growth transformed the Brazilian geographic space. In addition to changing habits and consumption, it has caused and has caused several environmental problems. The incentive to exchange and invest in disposable products, led to a significant increase in the generation of solid waste. Treating and appropriately disposing of the large amount of waste has been a major challenge for Brazilian authorities. For better management and management of solid waste, it is necessary to know what has been generated, that is, how much and what type of material is discarded. Thus, the determination of the gravimetric composition of the municipality's waste is an important integrated management tool, since it allows to know quantitatively the fractions generated. The difficulties in developing efficient management models stem mainly from the lack of information about the local reality. In this sense, the present study aims to statistically analyze the gravimetric composition of domestic solid waste in the city of Palmas-TO, according to representative samples from the four urban regions of the municipality. The study was carried out in a partnership established between the Secretariat of Infrastructure of Palmas - TO and the Federal Institute of Tocantins, campus Palmas. For the present study, the method of waste quating was used, separately sampling organic and inorganic waste from the municipality, making it possible to quantify urban solid waste

Keywords: Gravimetry; Domestic solid waste; Waste management.

Lista de Figuras

Figura 1- Diagrama esquemático de definições utilizadas.	15
Figura 2 -Tocantins: destinação final RSUs (t/dia)	18
Figura 3 - Cadeia para destinação dos resíduos urbanos	20
Figura 4-Distribuição da quantidade total de RSU coletada (%).	21
Figura 5-Ilustração do corte esquemático de um aterro controlado.	29
Figura 6- Diferentes setores que compõem um aterro sanitário	30
Figura 7 - Localização da cidade de Palmas/TO.....	32
Figura 8 – a)Cercamento com tela e b)Barreira Vegetal	34
Figura 9 - Guarita e balança	34
Figura 10 - Célula do Aterro Sanitário de Palmas - TO	35
Figura 11- Sistema de drenagem do Chorume e de gases	36
Figura 12 – Sistema de tratamento do chorume.....	37
Figura 13 - Análise de amostra para realização da técnica de quarteamento	38
Figura 14- Procedimento de amostragem dos RSU	41
Figura 15 – Análise gravimétrica dos RSU	42
Figura 16 -Fração orgânica de Resíduos Sólido Urbano de Palmas	44
Figura 17 -Fração de plástico Resíduos Sólido Urbano de Palmas	45
Figura 18 - Fração de papel Resíduos Sólido Urbano de Palmas	46
Figura 19 -- Fração de vidro Resíduos Sólido Urbano de Palmas	47
Figura 20 -Fração de tecidos Resíduos Sólido Urbano de Palmas	48
Figura 21 -Fração de metais Resíduos Sólido Urbano de Palmas	48
Figura 22 -Frações encontradas na caracterização gravimétrica	49
Figura 23 - Estimativa de produção de RSU (Kg/mês).	51

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices per capita de geração de RSU – PERS/TO.....	17
--	----

Sumário

1	Introdução	11
2	Problema da pesquisa.....	13
3	Justificativa.....	13
4	Objetivos	14
4.1	Objetivo geral.....	14
4.2	Objetivos específicos	14
5	Revisão bibliográfica	14
5.1	Resíduos Sólidos Urbanos	14
5.2	Classificação dos resíduos sólidos urbanos	16
5.3	Panorama dos resíduos sólidos do Tocantins	17
5.4	Gestão dos resíduos sólidos	18
5.4.1	Etapas do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos	20
5.4.2	Taxa de geração de resíduos sólidos urbanos	20
5.4.3	Acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos	21
5.4.4	Coleta e Transporte dos resíduos sólidos urbanos.....	22
5.4.5	Triagem dos resíduos sólidos urbanos.....	24
5.4.6	Tratamento do resíduo sólido domiciliar	25
5.4.7	Disposição final.....	28
6	Metodologia.....	32
6.1	Caracterização da área de estudo.....	32
6.1.1	Aterro Sanitário de Palmas- TO	33
6.2	Amostragem dos resíduos sólidos urbanos	37
6.3	Gravimetria dos RSU.....	37
6.4	Determinação do Teor de Umidade	43
6.5	Densidade aparente de resíduos sólidos.....	43

7	Resultados e discussão	43
7.1	Análise gravimétrica	44
7.2	Densidade Aparente e teor de umidade.....	50
7.3	Estimativa de produção de resíduos sólidos urbanos	50
8	Conclusão	51
9	Sugestões para trabalhos futuros	52
10	Referência Bibliográfica	53

1 Introdução

Qualquer atividade resultante da ação humana produz resíduos sólidos, e tornou-se, portanto um dos maiores problemas ambientais enfrentados na atualidade, também é uma dificuldade a ser enfrentada pelo poder público, podendo causar problemas ambientais e de saúde pública (FRANCO, 2012).

A produção destes resíduos tem criado um dos agravantes ambientais mais importantes da nossa sociedade. O problema veio crescendo nos últimos anos devido a vários fatores, como o crescimento sucessivo e desordenado da população, a rapidez com que está ocorrendo o processo de apropriação do território urbano e do aumento do consumo dos materiais descartáveis, tornando-se cada vez mais comum pelo aumento da produção industrial. Portanto, em relação à de produção per capita de resíduos, mais pessoas significam mais resíduos, conseqüentemente, mais gastos com as operações de coleta, tratamento e locais adequados para sua disposição final (MORAES, 2011).

A população brasileira apresentou um crescimento de 0,75% entre 2016 e 2017, enquanto a geração per capita de RSU apresentou aumento de 0,48%. A geração total de resíduos aumentou 1% no mesmo período, atingindo um total de 214.868 toneladas diárias de RSU no país (ABRALPE, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), estima-se que são gerados no Brasil aproximadamente 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) por ano. A geração de RSU no Brasil registrou crescimento de 1 %, de 2016 para 2017 (ABRELPE, 2018).

Segundo a ABNT NBR 10004:2004, os resíduos sólidos são definidos como qualquer material no estado sólido e semissólido resultante de atividades agrícolas; comerciais; domésticas; hospitalares; industriais e de serviços de varrição, incluindo lodos oriundos de sistemas de tratamento de água; equipamentos; instalações de controle de poluição e determinados líquidos inviáveis para o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água.

A composição dos resíduos sólidos de um município é variável e a quantidade e diversidade de resíduos descartados relacionam-se a aspectos culturais; econômicos e sociais, os quais influenciam diretamente em sua constituição (CHERNICHARO et al.,2007).

Para minimizar os impactos causados pela disposição dos RSU foi regulamentado em agosto de 2010 a Lei nº 12.305 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que reúne o conjunto de diretrizes e ações a serem adotadas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, sendo um dos seus principais instrumentos a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Apesar dos avanços em relação à destinação dos resíduos sólidos no Brasil, ainda é comum cidades em sua grande maioria de pequeno e médio porte realizar o descarte de RSU em lixões e aterros controlados (BRASIL, 2010).

São separados em três tipos os locais de destinação dos resíduos: lixões; aterros controlados e aterros sanitários, conforme o processo de disposição e estrutura do local. O lixão é considerado o meio de destinação que acarreta maiores danos ao ambiente, uma vez que os resíduos são depositados sobre o solo sem nenhuma medida de proteção. Nos aterros controlados, após a disposição dos resíduos, o mesmo recebe coberturas de material inerte diariamente, desse modo minimizando, mas não eliminando os riscos de contaminação do local. O aterro sanitário é uma forma de destinação adequada que segue normas e critérios de engenharia, sendo preparado de maneira a causar o menor impacto ambiental possível. Como consequências da disposição inadequada dos resíduos sólidos tem-se a poluição do solo, ar, cursos de água e lençóis freáticos e o conjunto desses impactos causam a degradação do local (GOUVEIA, 2012).

De acordo com Monteiro et al. (2001), para a elaboração de um plano de gerenciamento adequado, é necessário realizar a caracterização dos resíduos, uma vez que são compostos por uma grande diversidade de materiais. Através da análise da composição gravimétrica dos RSU é possível definir o percentual de cada material presente em uma amostra, sendo que este deverá conter dados quanto à geração no respectivo território, indicando a origem, o volume, a caracterização e disposição final, permitindo uma melhor compreensão do comportamento dos resíduos.

Por exemplo, a caracterização dos resíduos sólidos urbanos é indispensável na implantação de programa de coleta seletiva, reciclagem e/ou compostagem, além de ser necessário para o dimensionamento de um aterro sanitário. A reciclagem é uma prática que vem crescendo nos países de primeiro mundo, embora nos países subdesenvolvidos ainda seja realizada de forma pouco organizada. Esta atividade se tornou um ponto econômico importante,

pois além de gerar renda, coloca um resíduo descartado novamente no mercado e não traz desvantagens ao meio ambiente (MONTEIRO et al., 2001).

Portanto, a caracterização dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um processo de grande importância para o planejamento da gestão dos resíduos sólidos pela administração pública, além de oferecer meios para melhorar o sistema de coleta pública municipal já existente, bem como elaboração de novos projetos tendo como objetivo a otimização do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Assim, o presente trabalho de conclusão de curso objetivou a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos do Aterro Sanitário gerados pelo município de Palmas - TO, cuja população urbana é de aproximadamente 299.127 habitantes (IBGE, 2019).

2 Problema da pesquisa

Qual a importância de realizar análise gravimétrica dos resíduos sólidos?

3 Justificativa

A disposição dos resíduos no solo sem qualquer critério técnico para preservação do meio ambiente é ainda uma prática muito comum. Sabe-se que ainda nos dias de hoje, grande parte dos resíduos produzidos no Brasil são dispostos em lixões ou em aterros controlados (ABRELPE, 2018).

A correta destinação destes resíduos é um grande desafio enfrentado pela sociedade brasileira nos dias de hoje. A disposição inadequada dos resíduos propicia a contaminação do ar, solo e das águas superficiais e subterrâneas; além da proliferação de vetores e doenças, comprometendo assim o bem-estar social e do meio ambiente (ALCÂNTARA, 2010).

Segundo a Organização Mundial de Saúde, para cada dólar investido em água e saneamento básico, são economizados cerca de quatro dólares com saúde no mundo, dessa forma, o levantamento de dados e a caracterização de cenários são fundamentais para o desenvolvimento de políticas e programas sobre o tema (OMS, 2014).

O conhecimento da composição e da quantidade dos resíduos gerados é de extrema importância para o município uma vez que, permitem dimensionar os problemas relacionados aos Resíduos Sólidos e, assim, buscar práticas que os minimizem. Além disso, a caracterização gravimétrica subsidia a elaboração de qualquer programa ou projeto relacionado aos Resíduos

Sólidos urbanos, sendo, portanto, um importante instrumento de gestão para o município (STREB, 2010).

4 Objetivos

4.1 Objetivo geral

Realizar a análise gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do Aterro Sanitário do município e Palmas – TO no ano de 2019.

4.2 Objetivos específicos

- Descrever o atual sistema de disposição final dos resíduos sólidos urbanos no município de Palmas – TO;
- Estimar produção dos resíduos sólidos urbanos do município para correspondente ao segundo semestre de 2019;
- Determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no município;

5 Revisão bibliográfica

5.1 Resíduos Sólidos Urbanos

A Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a, p. 3), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, em seu artigo 3º, inciso XVI, define resíduos sólidos como:

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

Enquanto a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 10.004 (2004, p.1) especifica que:

Os resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Segundo a PNRS há uma diferença entre os conceitos de resíduos e rejeito, com a definição de: Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de terminado todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente correta (BRASIL, 2010a, Art. 3º, XV). Logo, apenas o rejeito deve ser encaminhado para a disposição final. Os demais resíduos devem ser aproveitados como bem material útil.

Os resíduos constituem, na maioria das definições, subprodutos da atividade humana com características próprias, definidas pelo processo que o gerou como demonstrado na Figura 1. Na opinião da população, são considerados matérias-primas secundárias estes materiais descartados que são reaproveitados deixando de ser resíduo (PHILIPPI, 2005).

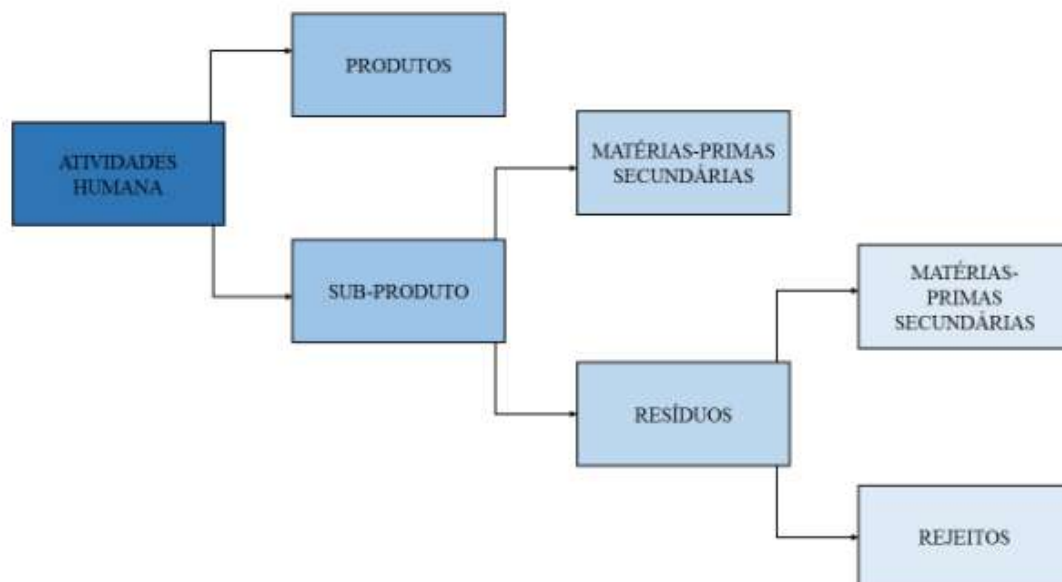


Figura 1- Diagrama esquemático de definições utilizadas.
Fonte: PHILIPPI, 2005.

5.2 Classificação dos resíduos sólidos urbanos

Ainda de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT - NBR 10.004, 2004), as normas e resoluções existentes classificam os resíduos sólidos quanto ao risco potencial ao meio ambiente e à saúde, bem como em função da natureza e origem. Os resíduos sólidos podem ser caracterizados e classificados em três grandes grupos, quanto à periculosidade, à origem e às propriedades físicas, químicas e biológicas.

Resíduos Classe I – Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem apresentar risco à saúde pública ou ao ambiente, como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;

Resíduos Classe II A – Não inertes: aqueles que não se enquadram entre os resíduos perigosos ou inertes, e podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

Resíduos Classe II B – Inertes: aqueles cujos constituintes não estejam solubilizados às concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Essa classificação foi realizada a partir da identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao ambiente é conhecido (ABNT NBR 10.004, 2004).

Os resíduos sólidos urbanos são caracterizados como aqueles resíduos gerados na área urbana cuja gestão é de responsabilidade do poder público municipal. Segundo a ABRELPE (2018) os RSU compreendem todos os resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos de saúde, industriais e dos portos, aeroportos e zonas de fronteira e ainda aqueles estabelecidos em legislação específica de responsabilidade exclusiva de seu gerador.

Devido aos diversos problemas encontrados com relação aos RSU, em 2010 foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, fundamentada na Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010a), regulamentada por meio do Decreto nº 7.404/2010 (BRASIL, 2010b), na qual reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão dos mesmos. Responsabiliza também as empresas pelo recolhimento de produtos descartados (logística reversa), estabelece

a integração de municípios na gestão dos resíduos e responsabiliza toda a sociedade pela geração de resíduos sólidos.

A PNRS, em seu artigo 13, alínea C, classifica como resíduos sólidos urbanos os resíduos domiciliares e de limpeza pública, como os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010a).

5.3 Panorama dos Resíduos Sólidos do Tocantins

O Estado do Tocantins possui uma extensão territorial de 277.621,858 km² e segundo o IBGE (2010) uma população de 1.590.248 habitantes e no município de Palmas uma população 306.296.

Segundo o ABRELPE (2018), a coleta e geração dos RSU no estado do Tocantins nos anos de 2016 e 2017 podem ser observadas na Tabela 1 que apresenta os índices de geração de RSU per capita aplicados para a estimativa dos municípios do Tocantins:

Tabela 1 - Índices per capita de geração de RSU – PERS/TO.

Faixa populacional (para a população total)	Até 5.000 habitantes	De 5.001 a 25.000 habitantes	De 25.001 a 100.000 habitantes	Acima de 100.001 habitantes
Índice Per Capita de Geração de RSU - para a população urbana (kg/hab/dia)	0,50	0,53	0,59	0,78

Fonte: ECOTÉCNICA, 2015.

A destinação dos RSU do Tocantins em 2017 e 2018, segundo o Portal do Tocantins – Sistema de Desenvolvimento no Tocantins (2019), está representada na Tabela 2:

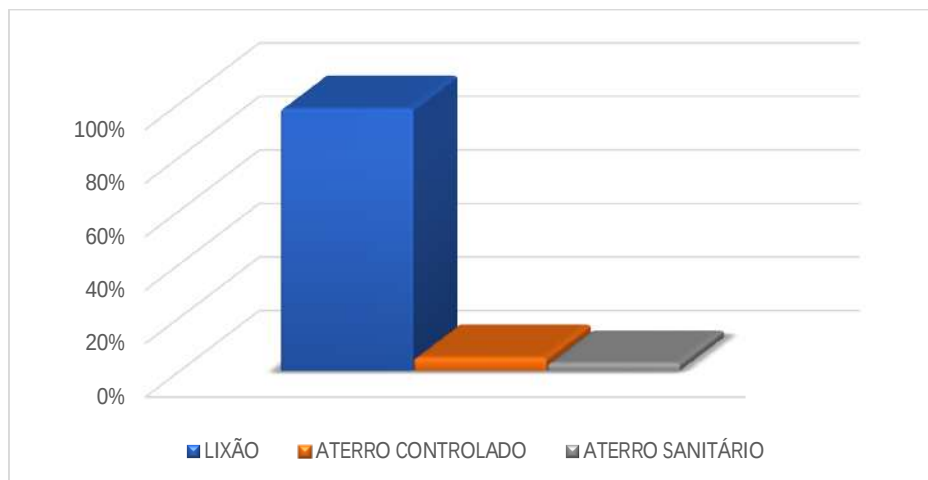


Figura 2 -Tocantins: destinação final RSUs (t/dia)

Fonte: Portal do Tocantins – sistema de desenvolvimento no Tocantins (2019)

5.4 Gestão dos resíduos sólidos

O sistema de gerenciamento completo, considerando o ponto de vista integral, deve estar dentro: prevenção (mudanças de hábitos de produção e consumo); responsabilização das empresas quanto aos destinos das embalagens e dos resíduos gerados na retirada dos recursos; redução, reutilização e reciclagem; valorização orgânica e energética dos resíduos, eliminação (aterros e incineração) (ZANETI; SÁ, 2002).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº. 12.305/2010, em seu Art. 3º. inciso XI (BRASIL, 2010a) define a gestão integrada de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

As ações prioritárias de qualquer modelo de gestão e gerenciamento integrado do lixo devem ser:

1. Coletar os resíduos sólidos urbanos gerados, de responsabilidade da prefeitura.
2. Dar um destino final adequado para todo o resíduo coletado.
3. Buscar formas de segregação e tratamento, observando os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

4. Programas e campanhas voltados a sensibilização e participação da população na limpeza da cidade.

5. Incentivar medidas que visem diminuir a geração dos resíduos sólidos.

Fazem parte das obrigações da prefeitura municipal, os Sistemas de Limpeza Urbana, e engloba os resíduos sólidos domiciliares, comercial e público (varrição, capina, poda, etc.). Os resíduos dos serviços de saúde, industrial, portos, terminais ferroviários e rodoviários, agrícola e entulho ficam sob a responsabilidade dos respectivos geradores (BRASIL, 2010a).

O mercado de serviços de limpeza urbana superou a casa dos 21 bilhões de reais, o que demonstra a importância desse setor para a economia do país e revela uma significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB). A Tabela 3 indica que o setor cresceu em todas as regiões do país (ABRELPE, 2018).

Quadro 1 - Mercado de serviços de limpeza urbana no Brasil e por região (R\$ milhões/ano)

REGIÕES	MERCADO DE SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA (R\$ MILHÕES/ANO)	
	2016	2017
Norte	2.011	2.094
Nordeste	6.073	6.453
Centro-Oeste	1.185	1.258
Sudeste	14.908	15.408
Sul	3.170	3.283
BRASIL	27.347	28.496

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

Para Albertin (2010), um sistema de gerenciamento ideal é aquele que visa minimizar a quantidade gerada de resíduo, levando em conta o atendimento das necessidades sociais e buscando a sustentabilidade do sistema. Com isso, têm-se a utilização de processos de tratamento dos resíduos como a incineração, a reciclagem e a compostagem, a escolha de um método de disposição menos agressivo ao ambiente e de acordo com a situação do município e principalmente, a conscientização e participação efetiva da comunidade para garantir o sucesso

gerenciamento. Neste contexto, também se mostra importante a implantação de programas de coleta seletiva e de educação ambiental para sensibilização da comunidade.

5.4.1 Etapas do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Para Monteiro et al (2001), o planejamento de uma gestão de resíduos sólidos é necessário prever as fases nas quais o resíduo passará, desde a sua origem até sua disposição final adequada, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 3 - Cadeia para destinação dos resíduos urbanos
Fonte: Baseada em Tchobanoglous (1993).

Os procedimentos em cada etapa do tratamento devem ser integrados para possibilitar melhor monitoramento e controle das operações. Nos municípios, as ações podem ser executadas diretamente pelo poder público ou delegado às empresas por meio de concessão, terceirização ou em consórcio (MAGALHÃES, 2008).

5.4.2 Taxa de geração de resíduos sólidos urbanos

As quantidades de resíduos sólidos gerados pela população são bastante variáveis, pois são influenciadas por fatores como poder aquisitivo, época do ano, modo de vida, movimento da população nos períodos de férias e fins de semana, assim como os novos métodos de

acondicionamento de mercadorias consumidas e o uso de produtos descartáveis (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

A geração de resíduos é uma característica típica da comunidade: características socioeconômicas, estações do ano, eficiência na coleta, tipo de coleta; hábitos e costumes; graus de desenvolvimento e industrialização; número de habitantes, sazonalidade, dentre outros (CETESB, 2009).

A quantidade de RSU coletados em 2017 cresceu em todas as regiões, em comparação ao dado de 2016. A região sudeste continua respondendo por mais de 50% dos RSU coletados e apresenta o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta no país (Figura 3) (ABRELPE, 2018).

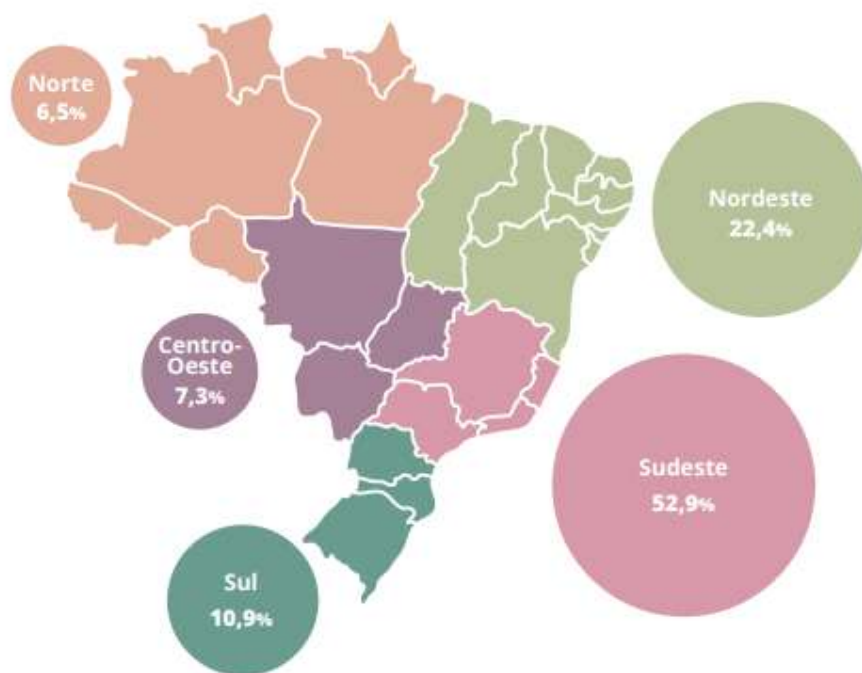


Figura 4-Distribuição da quantidade total de RSU coletada (%).

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

5.4.3 Acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos

Acondicionar os resíduos sólidos urbanos quer dizer deixá-los preparados de forma adequada sanitariamente para a coleta, como ainda compatível com o tipo e a quantidade dos resíduos. Esta atividade é de responsabilidade do gerador, porém a administração municipal

deve estabelecer regulamentação e efetuar a fiscalização visando assegurar condições sanitárias, ambientais e operacionais adequadas (BARROS, 2012).

A importância do acondicionamento adequado está em evitar a proliferação de vetores, odores, os aspectos estéticos e relacionados ao bem-estar da população (OLIVEIRA, 1992).

De acordo com a ABNT NBR 100004:2004 (ABNT, 2004), o acondicionamento dos resíduos se dá em função da sua origem e periculosidade. O acondicionamento deve obedecer às normas específicas. A escolha do recipiente mais adequado deve ser orientada em função da característica, da quantidade gerada de RS, da frequência de coleta, do tipo de edificação e do preço do recipiente. Os resíduos devem ser colocados em recipientes que permitam o manuseio de uma quantidade acumulada, dependendo disso tudo da regulamentação municipal.

Os recipientes mais comuns utilizados para acondicionar os resíduos domiciliares, urbanos, institucionais e de serviço de saúde são os sacos plásticos ou de papel, caixas empilháveis, baldes ou contentores de pequena dimensão. Os sacos plásticos em geral, são empregados nos RSU devendo estar posicionados em recipientes rígidos de modo a permitir sua retirada ou esvaziamento para um recipiente maior (PHILIPPI, 2005).

De acordo com Parra et al (2000), os coletores de resíduos urbanos, comunitários e institucionais, podem ser:

- Coletores pequenos e médios com instalações fixas ou móveis, devendo ser colocados nas ruas em posições adequadas e quantidades que facilitam o uso.
- Coletores grandes: recipientes fixos são os que recebem o lixo de diversos conjuntos habitacionais e devem ficar próximos do ponto de passagem do caminhão.
- Coletores para Coleta Seletiva: Existem duas formas básicas: através de grupos (seco/úmido) e por materiais (coleta multi-seletiva). Em postos de entrega voluntária podem ser dispostos um coletor para cada tipo de resíduo ou então, pode-se adotar um coletor para cada um dos três tipos (orgânicos, não reciclável e reciclável).

5.4.4 Coleta e Transporte dos resíduos sólidos urbanos

A etapa da coleta de RS significa recolher os resíduos acondicionados por quem o produz, para encaminhá-los por meio de transporte apropriado, para tratamento e à disposição

final. O principal motivo da retirada regular dos resíduos gerados pela comunidade é evitar a proliferação de vetores causadores de doenças. Ratos, baratas e moscas, por exemplo, encontram nestes locais as condições ideais para se desenvolverem (IBAM, 2014).

A coleta de resíduos sólidos no país é irregular e ineficiente. Ela destaca que no início dos anos 2000, cerca de 80% dos municípios possuíam coleta, sendo as regiões sul e sudeste com maior cobertura. Dados recentes publicados pelo IBGE (2010) mostram um progresso ao que era nos anos 2000 (PARRA et al., 2010).

A Plano Nacional de Saneamento Básico (2008), constatou que apenas 2 dos 5.564 municípios do Brasil, não possuem serviço de coleta domiciliar regular de resíduo, cabendo ressaltar que neste dado é apresentada a coleta como um todo, sendo ela seletiva ou não. A PNRS afirma que, depois de estabelecido um sistema de coleta seletiva nos municípios, compete ao consumidor acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos gerados e disponibilizá-los à coleta ou à devolução (BRASIL, 2010a).

A coleta seletiva passa a ser um dos instrumentos da PNRS (BRASIL, 2010a), atribuindo valor econômico e social aos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis, classificando esta atividade como fonte de trabalho.

Segundo D'almeida e Vilhena (2000) coleta seletiva é um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como, papel, plástico, vidros, metal e “orgânicos”, previamente separados na fonte geradora.

De acordo com Simonetto e Borenstein (2004), a separação pode ser feita por tipos de materiais, ou seja, individualizando-se os materiais recicláveis e acondicionando-os em recipientes diferenciados ou agrupando-os em um único recipiente.

Dentre as formas de coleta seletiva, de um modo geral, distinguem-se dois modelos: porta-a-porta, onde veículos específicos realizam uma rota por ruas fazendo a coleta em cada domicílio; e, em locais pré-determinados chamados Pontos de Entrega Voluntária (PEV), onde a população leva os resíduos até o local de coleta (BRASIL, 2010b).

A coleta seletiva dos resíduos sólidos pressupõe que o resíduo seja previamente triado pelos geradores, facilitando seu manejo, separação e comercialização pelas cooperativas de reciclagem. Esse tipo de material reciclável compõe cerca de 40% do RSU, e seu aproveitamento, além de poupar energia, contribui para a redução da quantidade e do volume

de resíduos que são dispostos nos aterros, ampliando a sua vida útil (BARTHOLOMEU & CAIXETA-FILHO, 2012).

Segundo Castilho Junior (2006) a coleta seletiva é essencial para o reaproveitamento adequado tanto da matéria putrescível dos resíduos (por meio da compostagem) quanto dos materiais reaproveitáveis (pela reciclagem).

5.4.5 Triagem dos resíduos sólidos urbanos

Uma das partes mais importante do processo, já que com isso tem uma melhor separação dos resíduos para futuramente realizar a comercialização desses materiais que serão reintroduzidos aos ciclos produtivos. A triagem é a separação dos resíduos sólidos urbanos coletados tanto de forma seletiva ou não, podendo ser realizada em unidades ou centrais de triagem. (LELIS, 2007).

Os resíduos recicláveis são colocados separadamente e armazenados de acordo com a tipologia. A separação dos resíduos pode ser feita de forma mecânica ou manual, de modo a separar os resíduos recicláveis dos rejeitos. O material rejeitado pode ser encaminhado para incineração ou disposição em aterro (TEIXEIRA, 2004).

Os resíduos podem ser separados em: papel e papelão, plástico duro (policloreto de vinila-PVC, polietileno de alta densidade -PEAD, polietileno tereftalato -PET), plástico filme (polietileno de baixa densidade -PEBD), garrafas inteiras, vidro (claro, escuro e misto), metal ferroso (latas, chaparia, outros), metal não ferroso (alumínio, cobre, chumbo, outros) (MONTEIRO, 2001).

A quantidade de rejeito varia de um município para outro, dependendo do grau de conscientização da população, do rendimento dos trabalhadores na separação e das condições de mercado para o material. Os resíduos provenientes da coleta seletiva apresentam melhor desempenho e maior valor de comércio, já que chegam menos contaminados as centrais de triagem (MASSUKADO, 2004).

A unidade de triagem, quando bem planejada, pode diminuir a quantidade de resíduos enviada para aterro sanitário. Em conjunto, ainda pode ter uma área para a compostagem da fração orgânica dos resíduos, visto que também requer uma separação prévia (VILHENA, 2010).

Acredita-se que os municípios possuem serviço de coleta seletiva, espera-se que a triagem do material seja realizada na fonte geradora, facilitando o transporte e aumentando a qualidade do material reciclado (BARTHOLOMEU & CAIXETA-FILHO, 2012).

Existem vantagens em uma unidade de triagem, dentre elas destaca-se a possibilidade de aproveitamento da fração orgânica por meio da compostagem. Quanto às desvantagens, cita-se: grande investimento inicial em equipamentos, a necessidade de operadores capacitados e a baixa qualidade do material quando não há coleta seletiva devido à contaminação por outros componentes presentes (VILHENA, 2010).

5.4.6 Tratamento do resíduo sólido domiciliar

De acordo com Ferreira e Zanta Apud, o tratamento dos resíduos são ações corretivas que podem trazer como benefícios a valorização de resíduos, ganhos ambientais com a redução do uso de recursos naturais e da poluição, geração de emprego e renda e aumento da vida útil de locais de disposição final.

Existem vários procedimentos para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, visto que cada um tem características físicas e químicas diferentes. As técnicas de tratamento são destinadas a reduzir o potencial poluidor dos mesmos, buscando minimizar os impactos ao meio ambiente (CARDOSO, 2004).

Os principais tipos de tratamentos aplicados aos RSU são: incineração, compostagem e reciclagem.

- Incineração: para Barros (1995, p. 203) “é um processo de redução de peso (em até 70%) e de volume (em até 90%) do lixo através de combustão controlada, de 800 a 1000 °C, visando à disposição final”.

A incineração é uma técnica de eliminação de resíduos que existe há mais de cem anos. Os incineradores sempre foram associados a instalações que imitem forte odor e fumaça preta característica, visava unicamente à redução do volume dos resíduos, atualmente é utilizado para eliminar resíduos tóxicos e perigosos, provocando sua combustão e gerando como subprodutos escórias, gases e cinzas volantes (TENÓRIO; ESPINOSA, 2004).

De acordo com o manual, Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado, 2000, p. 205 e 206, a desvantagem da incineração está no seu alto custo, na exigência de mão de obra qualificada e a presença de materiais nos resíduos que geram compostos tóxicos e

corrosivos. Por outro lado, a vantagem está a redução drástica da massa e volume a ser descartada, recuperação de energia e esterilização dos resíduos. Vale lembrar que em um processo de incineração controlado, a emissão de compostos tóxicos é monitorada.

Ao comparar a incineração com os aterros sanitários, na disposição final dos RSU, se fala em uma grande diferença na área necessária para implantação, uma vez que instalações de incineração necessitam de áreas muito menores. Além disso, os aterros sanitários precisam monitorar durante anos seus efluentes, como o metano e o chorume, visto que no incinerador somente deve se controlar os efluentes atmosféricos no momento de soltura (BARROS, 2012)

Para Massukado (2004, p. 34), “no contexto brasileiro, a incineração não é muito indicada devido ao alto teor de água presente no Resíduos Sólidos Domésticos, o que significa um baixo poder calorífico e porque também ainda não se tem problema significativo de escassez de locais para se dispor o resíduo”.

- Reciclagem: segundo o manual, Lixo Municipal – Manual de gerenciamento integrado, 2000, p. 81 “é o resultado de uma série de atividades, pela qual, materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos”.

A reciclagem consiste em um processo no qual um produto ou material descartado é recuperado e reintroduzido ao processo produtivo e transformado em um novo produto, permitindo o reaproveitamento ou uma nova utilização (LIMA, 2004).

A importância ambiental da reciclagem pode ser elucidada pelo próprio conceito de resíduo, distinguindo-o de recicláveis e reaproveitáveis. Tal distinção permite o entendimento de uma consciência ecológica em relação aos elementos recicláveis e reaproveitáveis com valor para a preservação do meio ambiente e dos recursos não renováveis e, ainda, a instauração de uma cultura contra o desperdício (DONHA, 2002).

De acordo com a mesma publicação, a reciclagem pode trazer vários benefícios:

- Diminuição da quantidade de lixo a ser aterrada;
- Preservação de recursos naturais;
- Economia de energia;
- Diminuição de impactos ambientais
- Novos negócios.

Desta forma, a reciclagem é um ótimo instrumento de gestão, porém antes de qualquer investimento é preciso conhecer as tecnologias já empregadas e o mercado do material em questão.

Segundo Matos (2006, p. 29), “a reciclagem, entendida como a utilização dos resíduos sólidos como insumo para a produção de um novo produto, necessita de tecnologia apropriada, bem como mercado para assimilação deste novo material”.

De acordo com Massukado (2004, p. 31), “a reciclagem promove, também, o desenvolvimento da consciência ambiental e incentiva as atividades envolvidas nesta atividade, incluindo a implantação de micro empresas recicladoras com conseguinte aumento do nível de mão de obra economicamente ativa”.

O tratamento dos RSU por meio da reciclagem recebeu importância devido ao fato da reciclagem promoverá preservação dos recursos minerais e energéticos, bem como proporcionar aumento da vida útil dos aterros, fatores fundamentais para o desenvolvimento sustentável (TENÓRIO; ESPINOSA, 2004).

Compostagem: de acordo com o manual, Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado, 2000, p. 93, a compostagem; É processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem ou vegetal. Esse processo tem como resultado final um produto – o composto orgânico – que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

Conforme o Manual de Gerenciamento Integrado com a mesma publicação, a vantagem da compostagem está na redução de 50% dos resíduos destinados ao aterro, economia de aterro, aproveitamento agrícola da matéria orgânica, reciclagem de nutrientes para o solo, processo ambientalmente seguro, eliminação de patógenos e economia de tratamento de efluentes.

O tratamento biológico se resume a decomposição da parte orgânica dos resíduos através da ação de microrganismos presentes de forma natural no meio. Pode ocorrer por dois processos: aeróbio (presença de oxigênio livre) ou anaeróbio (ausência de oxigênio livre). Praticamente todo material orgânico pode receber o tratamento biológico, sendo indicado principalmente para resíduos domiciliares, de parques e jardins (MCDOUGALL et. al., 2004)

Do ponto de vista ambiental, a compostagem apresenta como vantagens o aumento do tempo de vida útil dos aterros sanitários, a redução da emissão de gás metano, a redução da

geração de lixo, e a economia de implementação e manutenção de sistemas para tratamento de chorume, além disso, permite a obtenção de compostos orgânicos que podem ser utilizados na agricultura (MASSUKADO, 2008).

5.4.7 Disposição final

No Brasil, as formas de disposição final mais comumente adotadas têm sido aquelas em que os resíduos são aterrados sem tratamento prévio: lixão, aterro controlado e aterro sanitário. A busca por novas áreas para disposição final dos resíduos tem se intensificado, uma vez que a quantidade e o volume dos resíduos gerados são maiores a cada ano (SÃO FRANCISCO, 2010).

Os lixões e os aterros controlados são formas inadequadas de confinamento dos resíduos sólidos. A disposição final do resíduo sólido domiciliar sem qualquer forma de tratamento ou recobrimento é denominada de lixão. Destaca-se como sendo a forma mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente, mas, entretanto, é a mais usada, mesmo sendo uma forma irregular de disposição (SÃO FRANCISCO, 2010).

Nos lixões, o resíduo é lançado diretamente no solo sem qualquer controle ou cuidado ambiental, o que se torna altamente prejudicial à saúde pública e ao meio ambiente. Dentre os sistemas de disposição dos resíduos sólidos, os lixões são os que apresentam maiores preocupações, pois não apresentam nenhuma preparação do solo, assim o chorume, produzido pela decomposição de materiais orgânicos, penetra no solo contaminando o mesmo e o lençol freático além de facilitar a proliferação de moscas, baratas, ratos e pássaros e atrair catadores de materiais recicláveis (SÃO FRANCISCO, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 8.849/95, aterro controlado é:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à 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 terra na conclusão de cada jornada de trabalho a intervalos menores se for necessário.

A disposição final de resíduos em aterro controlado pode ser visto na Figura 4, minimiza o impacto ambiental, uma vez que ocorre a compactação e faz a cobertura do resíduo,

porém falha pela falta de tratamento do chorume e gases, ausência de controle de entrada e saída de resíduos, pela falta do sistema de drenagem e pela não impermeabilização do solo entre outros fatores (JUSTI; MOLITERNO, 2008).

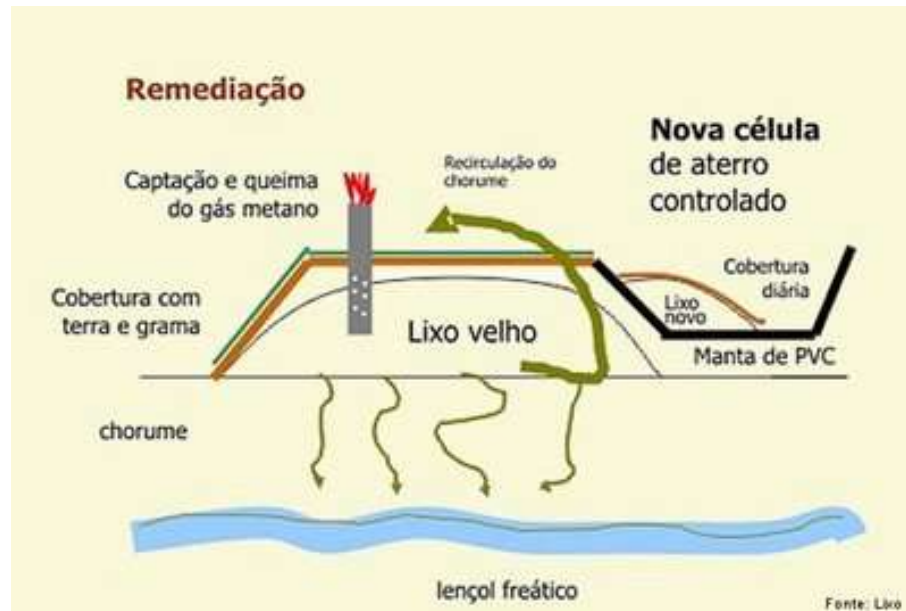


Figura 5-Ilustração do corte esquemático de um aterro controlado.
Fonte: JUSTI; MOLITERNO, 2008

É preciso destacar que, tanto no lixão como no aterro controlado, a presença de catadores representa um risco à saúde destes trabalhadores. Além disso, estas formas de destinação final geralmente não obedecem aos critérios técnicos para a escolha da área, e não há qualquer cuidado quanto aos gases produzidos e ao chorume. Assim, representam uma fonte permanente de poluição. (JUSTI; MOLITERNO, 2008).

O aterro sanitário é a forma mais adequada de disposição final dos resíduos sólidos domiciliares, pois segue critérios de engenharia e normas operacionais específicas. Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – NBR 8419, 1992) o aterro sanitário é uma:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e a 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 terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Para construção de um aterro sanitário devem ser seguidas às especificações técnicas da NBR 8.419 (ABNT, 1992). Os principais componentes que constituem um aterro sanitário são: camada de impermeabilização inferior, sistema de coleta de chorume, sistema de captação dos gases, camada de impermeabilização superior, tratamento de chorume, monitoramento de águas superficiais e lençóis freáticos e drenagem de águas pluviais (Figura 5).

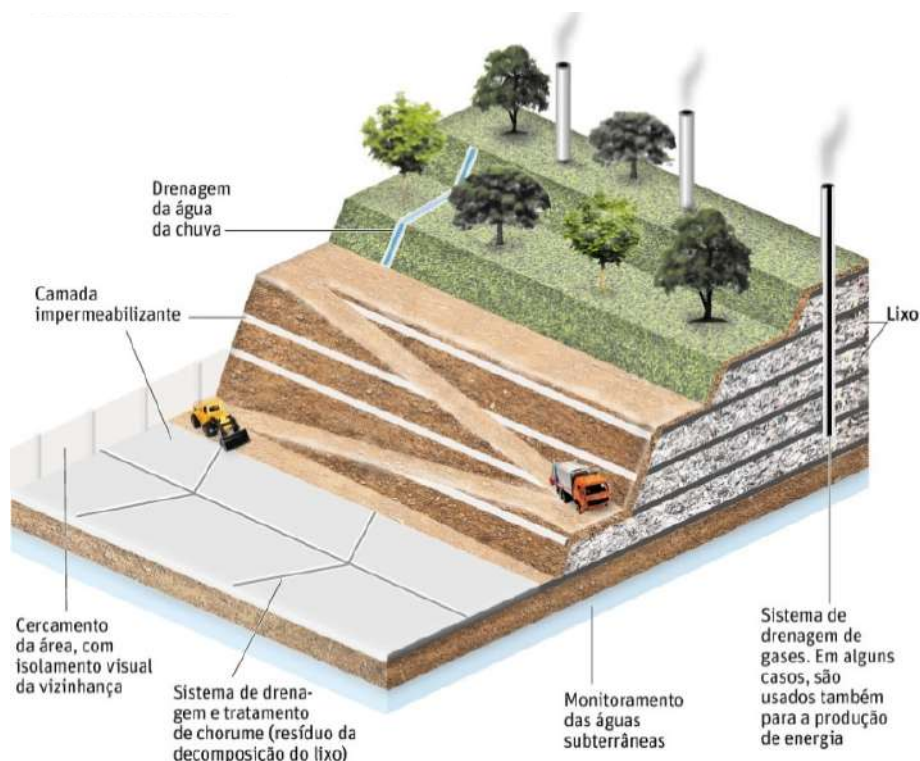


Figura 6- Diferentes setores que compõem um aterro sanitário
 Fonte: Adaptado de PROIN/CAPES;UNESP/IGCE(1999)

Dentre as desvantagens de utilizar o método do aterro sanitário pode-se citar a perda de matérias-primas e energia contida nos resíduos, o transporte de resíduos a longa distância, a desvalorização da região no entorno do aterro, a geração de lixiviado e percolados, o risco de contaminação do lençol freático, a necessidade de manutenção e vigilância por longo tempo após o fechamento, vida útil limitada (TENORIO et. al., 2004).

O aterro sanitário é uma solução sanitariamente segura tanto à população quanto ao meio ambiente, devido aos requisitos de projeto e regulamentos para a obtenção de licenciamento para operação. Tais requisitos compreendem: condições topográficas, hidro

geológicas e geotécnicas, sistema de monitoramento de águas subterrâneas, drenagem de gases (com queima ou recuperação energética), sistema de tratamento de percolado, recobrimento com argila compactada ou geomembranas, entre outros, BARROS (2012).

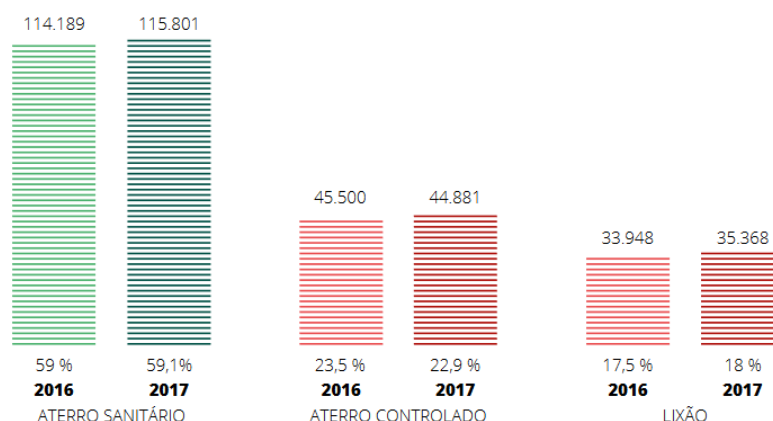
O principal processo que ocorre em um aterro é a degradação da matéria orgânica por via anaeróbia, gerando o biogás (metano, dióxido de carbono e outros gases) e os lixiviados, que apresentam grande potencial poluidor quando em contato com águas subterrâneas. Por isso, um aterro é construído e preparado para ser um sistema fechado de modo a evitar contaminações (TEIXEIRA, 2004).

O biogás drenado e recolhido pode ser utilizado para gerar energia elétrica, apresentado um poder calorífico de 50 a 60 % do gás natural, por isso a importância do aproveitamento energético dos gases em aterros, podendo ser utilizado como combustível (TEIXEIRA, 2004).

Existem algumas características principais de um aterro sanitário que devem ser levadas em consideração, pois garante a proteção ambiental, qualidade de operação do aterro e vida útil, como impermeabilização da base do aterro, instalação de drenos de gás, sistema de coleta de chorume, sistema de tratamento de chorume e sistema de drenagem de águas pluviais. (MERSONI, 2015)

A situação da disposição dos resíduos sólidos no Brasil apresenta graves problemas, segundo dados apresentados pela ABRELPE (2018), cerca de 71.558.250 toneladas de resíduos sólidos são coletadas por dia, sendo 59,1% dos resíduos são dispostos em aterros sanitários, 22,9% em aterros controlados e 18% em lixões (Gráfico 1), percentuais para o ano de 2018.

Gráfico 1- Disposição dos resíduos sólidos no Brasil.



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2018).

6 Metodologia

6.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Palmas (Figura 6) que está localizada na região central do Estado do Tocantins, é a capital do Estado. O serviço de coleta de RSU atende 98% da capital, tanto urbana quanto rural, sendo realizado por empresa terceirizada, sob coordenação e fiscalização da Secretaria Municipal de Infraestrutura (IBGE, 2017).



Figura 7 - Localização da cidade de Palmas/TO

Para a descrição do atual sistema de coleta foram realizadas observações a campo para análise da metodologia de trabalho dos colaboradores responsáveis

pela coleta, além de questionários junto aos funcionários e responsáveis do serviço de coleta de RSD.

6.1.1 Aterro sanitário de Palmas- TO

No município de Palmas, o local onde é destinado a maior quantidade dos resíduos sólidos urbanos é o Aterro Sanitário, local de disposição de resíduos sólidos urbanos com o menor impacto ambiental possível, danos à saúde e à segurança pública. Em intervalo de tempo, dependendo da quantia de resíduos depositados, os resíduos são cobertos com solo argiloso.

A operação do Aterro Sanitário utiliza princípios de engenharia para reduzir os resíduos sólidos à menor área e ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de argila na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores. (UNESP, 2014)

O Aterro Sanitário de Palmas está localizado na área rural, ao sul do município, distante aproximadamente 25 km do centro do plano diretor sul e cerca de 6 km do bairro de Taquaralto, em uma região de baixa densidade demográfica e com área original de 92.914ha.

A área do aterro encontra-se cercada, tanto pela barreira verde como a tela de cercamento (Figura 7). Na entrada existe uma guarita de controle onde os responsáveis coletam as seguintes informações: tipo de resíduos, placa, entrada e saída de veículos e pessoas (MARQUES & AZEVEDO, 2018).



a) Cerca tela



b) Barreira vegetal

Figura 8 – a) Cercamento com tela e b) Barreira Vegetal

Fonte: Marques (2017)

Na guarita ocorre o controle de cargas por meio de balança com capacidade de 30 toneladas, permitindo conhecer quantidade dos resíduos gerados (Figura 8). A dispersão e compactação dos resíduos nas células, impermeabilizadas com geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 2mm, é realizada pelo uso permanente de trator de esteira. São empregados também equipamentos como pá mecânica, retroescavadeira e caminhão basculante. Na Figura 9, pode-se observar uma vala do Aterro Sanitário sendo preparada para receber os drenos de líquidos e gases, com posterior preenchimento de RSU, bem como a membrana utilizada para impermeabilização.



Figura 9 - Guarita e balança

Fonte: Marques (2017)



Figura 10 - Célula do Aterro Sanitário de Palmas - TO
Fonte: Marques (2017)

O sistema de drenagem do chorume gerado no aterro é constituído por tubos de PEAD corrugados e perfurados com 160 mm de diâmetro divididos em faixas retangulares na base do aterro, os drenos são interligados aos drenos de gases e direcionam o chorume para o tratamento biológico (MARQUES & AZEVEDO, 2018). A drenagem de gases é realizada por tubos verticais, perfurados de concreto, de 0,40 m de diâmetro interno, protegidos com brita nº 4 e tela em aço galvanizado com malha de 15,0 X 5,0 cm, conforme Figura 10.



Figura 11- Sistema de drenagem do Chorume e de gases
Fonte: Autor

O tratamento do chorume é realizado por dois sistemas, compostos por 03 lagoas de tratamento e uma vala de infiltração, para cada sistema, sendo as lagoas 01 lagoa anaeróbia, 02 facultativas e uma vala de infiltração. As lagoas ficam em uma área de 26 mil m², onde o chorume passa por um tratamento natural feito pelas bactérias e micro-organismos presentes no líquido. A Figura 11 mostra um dos sistemas de lagoas do Aterro Sanitário de Palmas, na última lagoa a água já conta com mais de 80% de pureza.



Figura 12 – Sistema de tratamento do chorume
Fonte: Autor

6.2 Amostragem dos resíduos sólidos urbanos

O processo de caracterização iniciou com a pesagem dos caminhões coletores dos RSU, antes da coleta (caminhão vazio) e depois da coleta (caminhão cheio), utilizando-se a balança digital existente no aterro sanitário de Palmas, para que, com a diferença das pesagens fosse registrado a coleta média diária, em toneladas, de RSU gerados no município de Palmas.

Para a caracterização foram realizadas 04 (quatro) pesagens, no período compreendido pelo mês de outubro de 2019, realizada em turno matutino, variando entre caminhão proveniente da coleta dos bairros Plano Diretor Sul e Norte, e no caminhão referente a coleta dos resíduos da região central, no período compreendido pelo mês de setembro a outubro de 2019.

6.3 Gravimetria dos RSU

A técnica do quarteamento, estabelecido na norma ABNT NBR 10.007: 2004 – Amostragem dos Resíduos Sólidos –Procedimentos (ABNT, 2004), a qual descreve o procedimento para determinação de sua composição percentual, em peso, de cada tipo de material encontrado no lixo triado, seguindo o método de quarteamento.

Este método consiste em um processo de divisão de uma amostra pré-homogeneizada em quatro partes iguais, sendo que duas partes opostas são tomadas para constituir uma nova amostra, descartando-se as partes restantes para então, serem misturadas totalmente e repetir o processo de quarteamento até obter o volume desejado (ABNT,2004).

A amostragem foi desenvolvida a partir de quatro etapas (Figura 12).

- 1) Coleta de resíduos para amostra;
- 2) Obtenção da amostra;
- 3) Pesagem da amostra
- 4) Separação e pesagem por componentes.



Figura 13 - Procedimento de coleta e análise de amostra para realização da técnica de quarteamento.

Fonte: Adaptado de Martinho e Gonçalves (2000, p. 48)

O caminhão coletor descarregou os resíduos na central do Aterro Sanitário de Palmas/TO, após serem depositados foram coletadas quatro amostras de 100 litros cada (bombona), em pontos aleatórios da pilha de RSU. Com o auxílio das bombonas, os resíduos foram coletados e levados até uma área onde foram depositados sobre uma lona plástica. Inicialmente foram rasgados os sacos plásticos manualmente, os resíduos foram misturados e espalhados na lona plástica tornando-se uma amostra homogênea. Posteriormente foi realizado o procedimento de homogeneização quarteamto. Em seguida, descartaram-se duas partes que possuíam menor amostragem de resíduos, e as outras duas partes restantes, foram novamente homogeneizadas e o processo de homogeneização foi repetido até que se obteve o volume final desejado – quatro amostras com peso aproximado de 50 kg de RSU. Após a coleta da amostra, o resíduo excedente do quarteamto foi reencaminhado para a central do Aterro Sanitário de Palmas/TO. O passo a passo do procedimento é apresentado na Figura 13.



a)Amostragem



b) Retirada dos sacos de resíduo das bombonas e rompimento dos mesmos



c) Homogeneização da amostra



d) Quarteamento da amostra

Figura 14- Procedimento de amostragem dos RSU

A etapa seguinte ao quarteamento consistiu na caracterização qualitativa, que foi feita a partir da segregação e classificação por tipologia de resíduos. Para facilitar o processo de classificação, os RSU foram agrupados em seis categorias, sendo elas: (i) papel (misto, branco, papelão e longa vida); (ii) plásticos (acrílico, pet, branco, misto); (iii) metais (ferrosos e não ferrosos); (iv) vidros; (v) matéria orgânica e (vi) rejeitos (tecidos, couros, borracha, entre outros).

Então, foi dividido o peso de cada categoria pelo peso total da amostra, obtendo-se assim, a gravimetria em porcentagem (Figura 14). Os dados coletados foram organizados em tabelas e a partir destas foram elaborados gráficos para análise e discussão dos resultados obtidos.



a) Pesagem da amostra



b) Pesagem da amostra

Figura 15 – Análise gravimétrica dos RSU

6.4 Determinação do Teor de Umidade

A determinação do teor de umidade das amostras de menor volume foi obtida conforme o procedimento adotado pela norma brasileira NBR 6457/86. Assim, a partir de uma amostra de aproximadamente 5 kg, foi feita a homogeneização. Conhecendo-se a diferença da massa úmida e da massa seca é possível determinar o teor de umidade do material, como apresentado a seguir:

$$w = \frac{M_i - M_f}{M_f} \cdot 100$$

Onde w é o teor de umidade [%]; M_i é o peso da cápsula com resíduo no estado inicial, ou seja, úmido [g]; e M_f é o peso da cápsula com resíduo após a secagem [g].

6.5 Densidade aparente de resíduos sólidos

Os principais instrumentos que foram utilizados nessa etapa foi uma balança de plataforma de capacidade máxima de 150 kg, uma lona de 12 m² e um tambor de 100 L (0,1m³).

As determinações envolveram as amostras extraídas pelo processo de análise gravimétrica e seguindo recomendação da literatura quanto ao tamanho da amostra a ser analisada (MANDELLI, 1997; PASQUALETTO ET AL., 2006; MATTEI E ESCOSTEGUY, 2007).

Para determinar a densidade aparente será preenchido o tambor de volume conhecido (0,1 m³) com os resíduos sólidos e em seguida a pesagem. A densidade aparente é uma relação entre a massa da amostra pelo volume: kg/m³.

Os materiais foram separados em matéria orgânica, papel/papelão, plástico, trapos, metal, vidro, madeira e outros.

7 Resultados e discussão

O capítulo em questão visa à apresentação didática dos resultados da caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Palmas - TO, teor de umidade e densidade aparente dos resíduos sólidos urbanos, além da estimativa da produção de resíduos sólidos no segundo semestre de 2019, levando em consideração a coleta convencional, resíduos

que são coletados por caminhões compactadores e são enviados ao Aterro Sanitário de Palmas – TO.

7.1 Análise gravimétrica

Nas tabelas abaixo são apresentados os resultados da caracterização gravimétrica dos RSU para as 4 regiões urbanas do município de Palmas – TO.

Na Figura 4 são apresentadas a quantidade (em porcentagem) das frações orgânicas final encontradas na caracterização gravimétrica dos RSU da coleta de orgânicos, estes valores representam a média (em porcentagem) do peso encontrado das amostras realizadas.

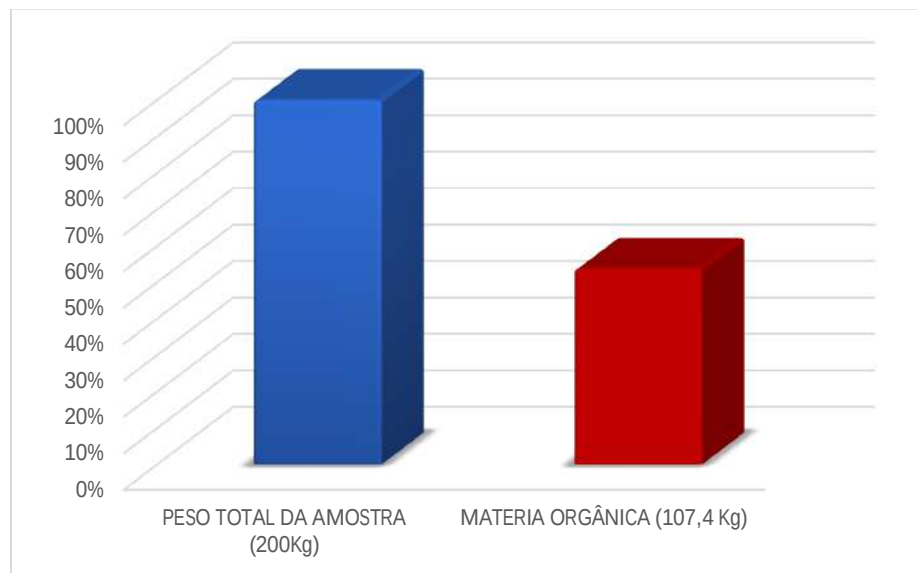


Figura 16 -Fração orgânica de Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

Houve uma diminuição na quantidade média de fração orgânica da amostragem realizada no Aterro Sanitário de Palmas em setembro de 2019 (53,70%) gerada neste estudo em relação aos (79,64%) da pesquisa de Coelho et al, realizada no mês de setembro de 2011.

O desperdício de alimentos é uma prática que vem se tornando cada vez mais comum no Brasil com uma porcentagem aproximadamente de 64% para matéria orgânica disposta em aterros sanitários (PEREIRA NETO, 2007). Em Palmas, como apresentada na Tabela 4,

observa-se uma quantidade significativa de matéria orgânica, configurando um percentual de 53,70%, caracterizada principalmente por restos de alimentos.

Estima-se que a geração de matéria orgânica se destaca em relação aos outros materiais segregados, por serem descartados pelos supermercados, frutarias, restaurantes, lanchonetes e residências. Existem em torno de 120 usinas de compostagem no Brasil, mas a maioria delas está desativada por falta de incentivo ou falta de preparo técnico no setor. Além disso, no Brasil, a parcela orgânica dos RSU representa mais de 50% de sua composição, na grande maioria dos municípios, como já citado por outros autores. No entanto, a compostagem, como método de tratamento dos resíduos orgânicos, não é empregada como poderia, sendo compostados somente 1,5% dos RSU em todo o país LAMANNA (2008).

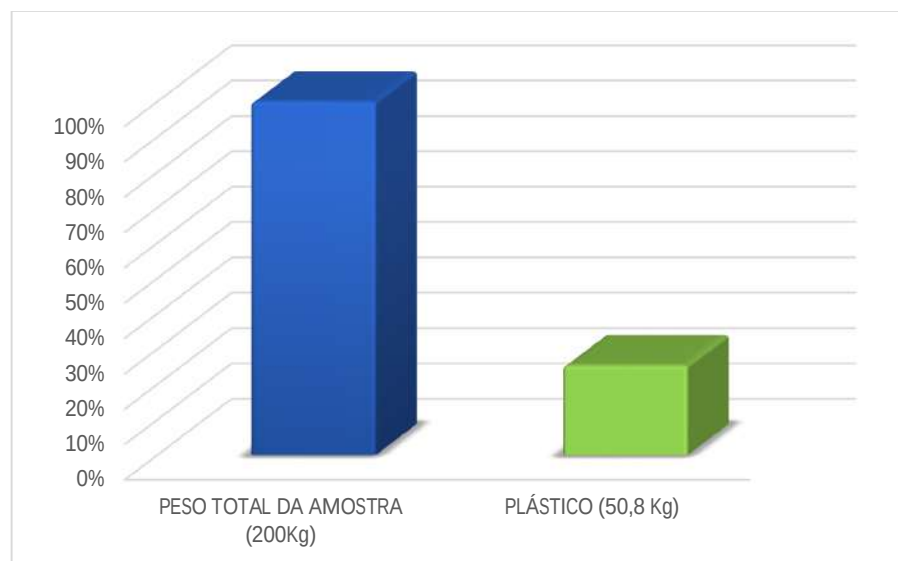


Figura 17 -Fração de plástico Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

Na fração de plástico obteve-se um aumento significativo na quantidade média (25,40 %) gerada neste estudo em relação aos (9,48%) da pesquisa de Coelho et al. (2011).

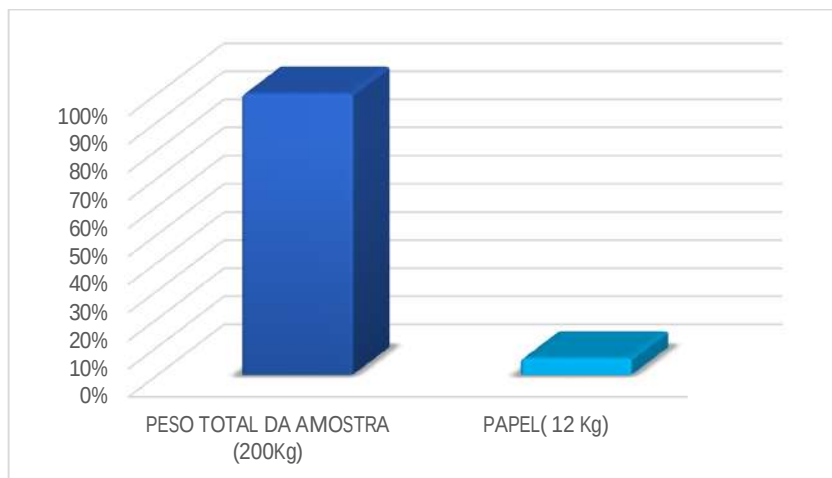


Figura 18 - Fração de papel Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

Em relação a fração de papel/papelão, houve uma redução da quantidade média (6,00%) gerada neste estudo em relação aos (6,92%) da pesquisa de Coelho et al. (2011).

A fração reciclável contribui com 31,40% do total de RSU, como pode ser visto nas Figuras 16 e 17. A fração é composta por diversos tipos de plástico (PEAD, PEBD, PET, PP E PS), diversos tipos de papel (jornal, papel branco, papel colorido e papelão).

Na região central, foi observado que a produção de materiais recicláveis se destaca, mas também sem variação estatística significativa. Isso se deve ao fato de que nesta região existe uma maior concentração de atividade comercial (lojas e escritórios), nos quais a produção de recicláveis realmente é maior do que nas áreas residenciais. Isso se deve ao fato de que a atividade comercial gera uma quantidade maior de papéis, papelão, plástico e outros recicláveis em geral.

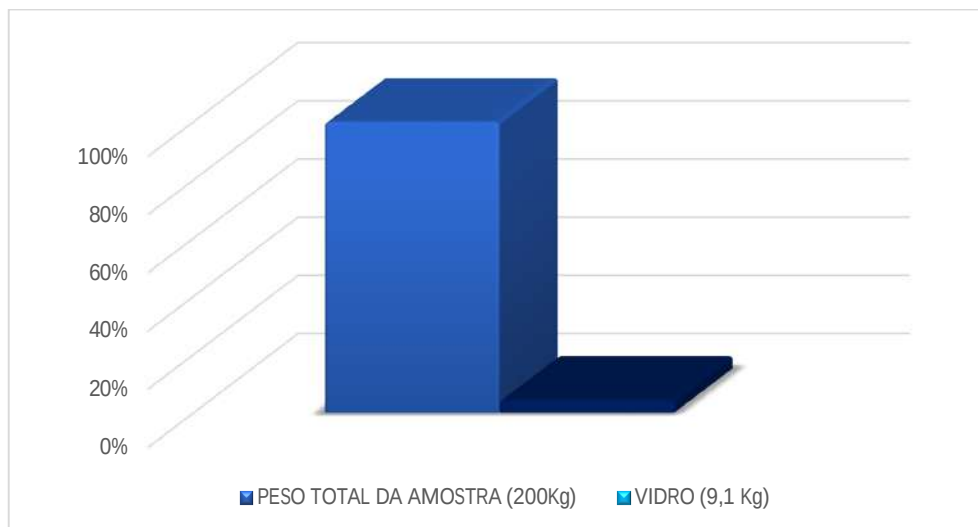


Figura 19 -- Fração de vidro Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

Notou-se um aumento na quantidade média de fração de vidro (4,55%) gerada neste estudo em relação aos (0,27%) da pesquisa de Coelho et al. (2011). O Brasil como um todo, vem nos últimos anos, passando por um crescimento econômico, o que acarreta em uma melhor distribuição e aumento de renda. Com um maior poder aquisitivo, a tendência é o aumento da geração de resíduos como vidros, devido ao uso de maior quantidade de alimentos industrializados.

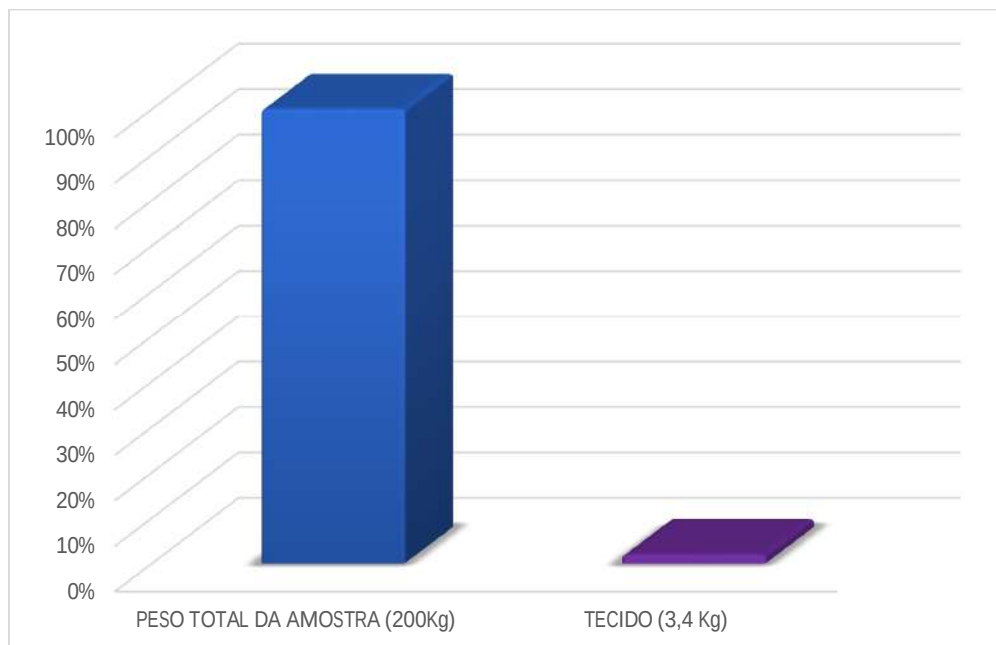


Figura 20 -Fração de tecidos Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

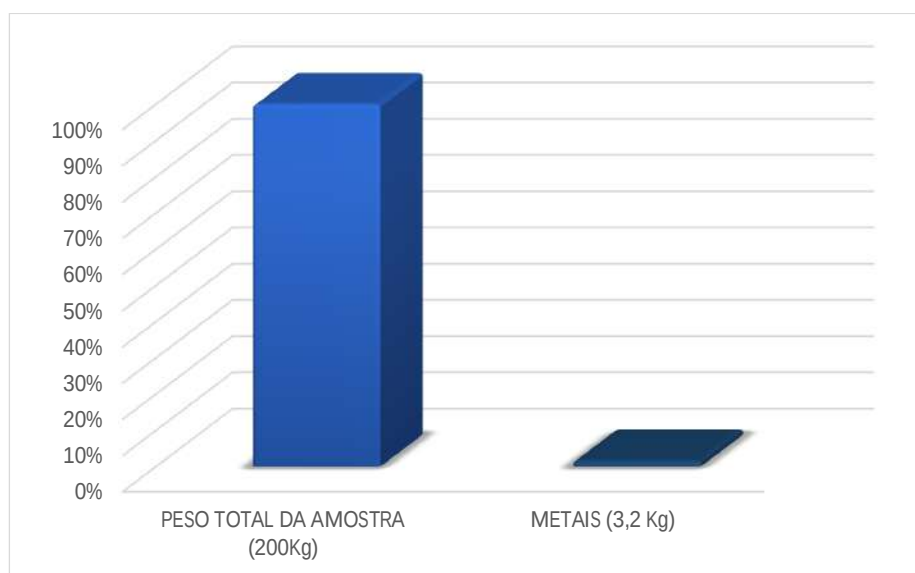


Figura 21 -Fração de metais Resíduos Sólido Urbano de Palmas

Fonte: Autor

A quantidade média de fração de metais (1,60%) gerada neste estudo em relação aos (2,69%) da pesquisa de Coelho et al. (2011), conclui-se que houve uma redução.

Analisando-se os resultados obtidos na caracterização, percebeu-se que as frações que apresentaram o maior percentual em todas regiões, ou seja, as mais representativas, foram a de orgânicos, composta por restos de comida e poda, e a fração de plástico.

Consolidou-se os resultados destas frações, em uma única tabela (Figura 21) para a cidade de Palmas/TO com a representação das frações de orgânicos, recicláveis e outros.

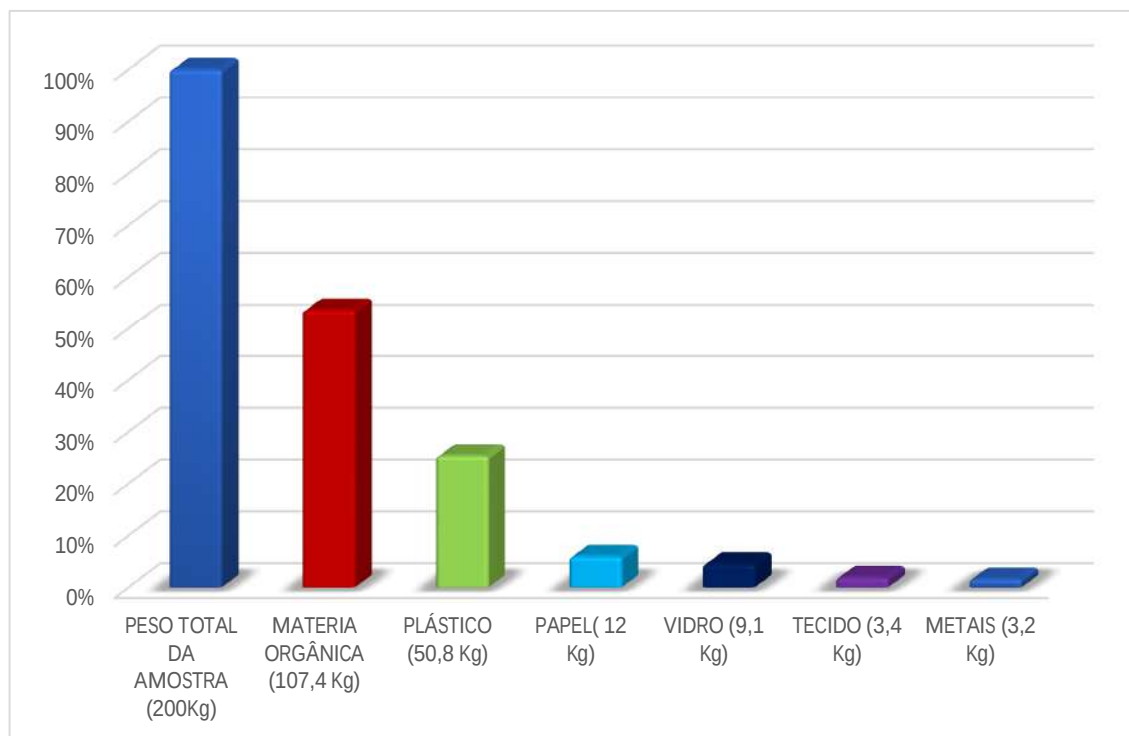


Figura 22 -Frações encontradas na caracterização gravimétrica

Fonte: Autor

A referida composição gravimétrica é bastante diversificada nas diferentes regiões, uma vez que está diretamente relacionada com características, hábitos e costumes de consumo e descarte da população local.

A partir da análise do Figura 10, é possível observar que a fração média de orgânicos representa 53,70% do total de resíduos amostrados no município.

A fração de recicláveis também foi expressiva, representando 37,55% do total de resíduos amostrados. Dentre os recicláveis a fração mais expressiva é o plástico, representando, em média, 25,40% do total de resíduos. Estas análises evidenciam um potencial a ser explorado, além da necessidade de reavaliação da estrutura da coleta seletiva no município.

7.2 Densidade Aparente e teor de umidade

Segundo Barros (2012), a densidade média dos resíduos sólidos soltos no Brasil pode apresentar uma faixa de variação entre 120 e 250 kg.m⁻³. Observa-se, portanto, que o valor obtido, 200 kg.m⁻³ encontra-se abaixo da média nacional, indicando uma grande contribuição da fração de recicláveis e/ou uma menor incidência da fração de orgânicos. Ainda segundo este autor, à medida que a produção de resíduos vai se sofisticando, sua densidade solta média diminui em função do incremento no quantitativo de embalagens e objetos volumosos, somado à diminuição de material orgânico, conforme o padrão de países desenvolvidos. Além disso, um teor de umidade de 49%.

7.3 Estimativa de produção de Resíduos Sólidos Urbanos

Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover os resíduos de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados (MONTEIRO ET AL., 2001). O correto gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos principais desafios dos grandes centros urbanos no início deste novo

milênio. Sendo necessário a realização de uma análise para estimar a produção de resíduos sólidos urbanos para melhor compreender e dimensionar qualquer projeto de gestão de RSU.

Na Figura 22, está sendo apresentado uma análise de produção de RSU no município de Palmas – TO, no período de setembro de 2018 a setembro de 2019 com dados coletados do Aterro Sanitário de Palmas (Marques 2017).

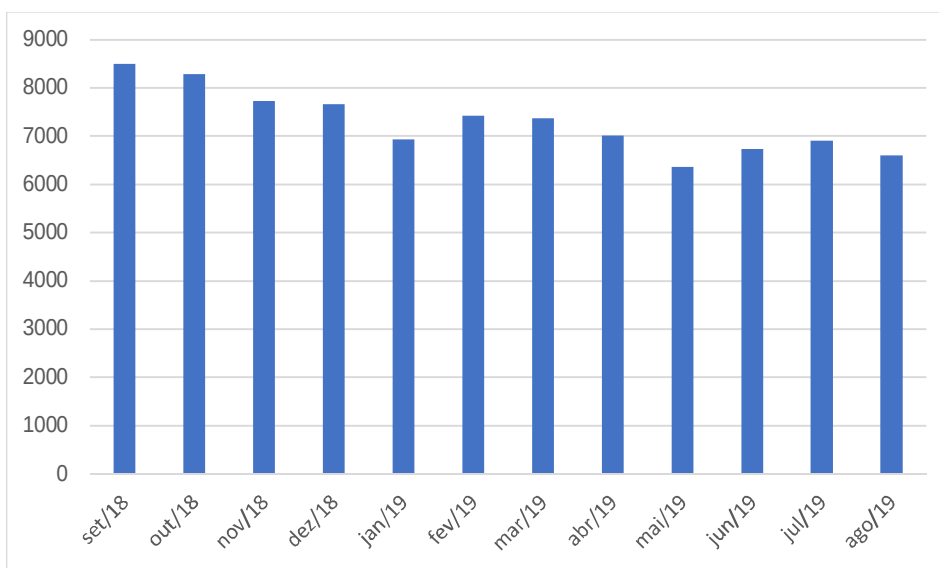


Figura 23 - Estimativa de produção de RSU (Kg/mês) correspondente aos meses de setembro de 2018 a agosto 2019.

Fonte: Autor

8 Conclusão

Através do estudo realizado e analisando os dados obtidos na coleta de resíduos orgânicos, podemos concluir que dos resíduos produzidos, o resíduo de papel representou 6,00%, plásticos representam 25,40%, metais 1,60% e vidro 4,55%. Esses componentes somam 37,55% e representaram a porção do RSU que pode ser reciclada. Os materiais têxteis, que tem como objetivo o reaproveitamento, representaram 1,95%. A matéria orgânica, que também é passível de reaproveitamento através da compostagem, representou 53,70%.

Os elevados percentuais de orgânicos e recicláveis presentes na composição dos resíduos, indicam o potencial de geração do município e a necessidade de uma eficiente gestão dos mesmos. Observa-se ainda a necessidade de reavaliação da estrutura da coleta seletiva proporcionando a integração dos setores, além da implementação de programas de educação

ambiental que sensibilizem a população da importância e necessidade da segregação dos resíduos na fonte. Além disto, devido à fração de material orgânico representar aproximadamente metade de todo resíduo gerado no município, sugere-se a elaboração de estudo de viabilidade técnica e econômica para implementação de uma usina de compostagem no município de Palmas –TO.

Notou-se ainda, o hábito da população de descartar resíduos perigosos (lâmpadas, pilhas, baterias, dentre outros), no lixo domiciliar, o que indica a necessidade de expansão de postos de coleta e de programas de informação e conscientização sobre o correto descarte destes resíduos.

9 Sugestões para trabalhos futuros

Com base no presente estudo, podem ser citadas as seguintes sugestões:

- Repetição do estudo de caracterização gravimétrica no município de Palmas em anos subsequentes de forma a criar uma série temporal de dados. Além disto, recomenda-se a repetição do estudo como ferramenta de avaliação da eficiência da gestão dos resíduos sólidos do município.
- Expansão das amostragens para outros bairros das regiões, a fim de obter-se dados cada vez mais representativos;
- Avaliar as questões sazonais, uma vez que a composição gravimétrica pode variar em períodos de chuva ou estiagem, em função de alterações em alguns parâmetros como umidade, pH, etc;
- Evitar coleta de resíduos em dias posteriores às datas festivas e comemorativas, feriados e férias, devido a alterações do hábito de consumo que ocorrem nestes períodos sendo, portanto, os resíduos gerados considerados não representativos dos padrões de consumo da população. Recomenda-se ainda, evitar coletas em segundas-feiras também pelo fato da alteração do hábito de consumo durante o final de semana;
- Estudos complementares acerca de características específicas das frações majoritárias (orgânicos e recicláveis).

10 Referência bibliográfica

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil** –2018. São Paulo: Abrelpe, 2018.

ALBERTIN, Ricardo Massulo; MORAES, Eliene; NETO, Genaro de Angelis; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos; CORVELONI, Elida; SILVA, Frederico Fonseca da. Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida Paraná. **Revista Agro@ambiente On-line**. V. 4, n.2, p. 118-125, jul-dez 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos Classificação. Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em 08 fev. 2020.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente (Orgs). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 374 p

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010a. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Seção 1. Brasília, terça feira, 03 agosto 2010. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=03/08/2010&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=84>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

_____. Lei nº 12.305, de 02 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. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010a. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html>> Acesso: 14 março 2020.

_____. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.776, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.897, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília,

DF, 05 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>.. Acesso em: 17 de março de 2020.

CARDOSO, Oséias. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Campo Mourão/PR**. 143 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia).Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2004.

CASTILHO JUNIOR, Armando. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água:prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 464 p. (Projeto PROSAB). Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/Prosab_lixo.zip>. Acesso em 29 abr. 2020.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não linear de programação por metas. **Revista Gestão & Produção**. V.9, n.2, p.143-161, agosto, 2002.

CHERNICHARO,C.A.L.etal.. **Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental –ReCESA**. Resíduos sólidos: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos: nível 1 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte: ReCESA, 2007.Disponívelem:<http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/guia_20nucase_lixo_i.pdf>. Acesso em 28 Mar. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL –CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares 2008. Série Relatórios. 2009.

D'ALMEIDA, M. L. O. e VILHENA A. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 357p.

DONHA, Mauro Siqueira. Conhecimento e participação da comunidade no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos:o caso de Marechal Cândido Rondon/PR. 2002. 113 f. Dissertação (mestrado) –Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

FRANCO, C. S. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte no sul de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012. Disponível em: <<Http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/367/1/DISSERTA%c3%87%c3%83o%20caracteriza%c3%a7%c3%a3o%20gravim%c3%a9trica%20dos%20res%c3%adduos%20%20s%c3%b3lido>>

s%20domiciliares%20e%20percep%3%a7%c3%a3o%20dos%20h%c3%a1bitos%20de%20descarte%20no%20sul%20de%20Minas%20Gerais.pdf>. Acesso em: 30 de abril de 2020.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**. São Paulo, SP, 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a14>>. Acesso em: 08 de abr. de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Cidades**: Palmas -TO. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=410430>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

USTI, J. G.; MOLITERNO, M. Geração de energia elétrica por meio de biogás extraído do aterro sanitário Bandeirantes e o mecanismo de desenvolvimento limpo como induzir investimentos socioambientais. 2008. 98 f. Monografia (Especialização em Gestão ambiental e negócios no setor energético) –Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

LELIS, M. P. N. **Compostagem de Resíduos Orgânicos**. In: Curso de Capacitação e Treinamento para Implantação e Gerenciamento de Coleta Seletiva e Centrais de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos. Bituruna, 2007.

LIMA, L. M. Q. Lixo –Tratamento e Biorremediação. 3. ed. São Paulo: HemusEditora, 2004

MAGALHÃES, Deborah Neide de. Elementos para o diagnóstico e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de dores de campos –MG.2008. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Análise Ambiental) –Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

MASSUKADO, Luciana M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal de resíduos sólidos domiciliares. 2008. 204 f. Dissertação (Doutorado em Ciências e Engenharia Ambiental) –Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia Ambiental, São Carlos, 2008. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-18112008-084858/pt-br.php>>. Acesso em: 28 abril 2020.

MCDUGALL, F.R.; WHAITE, P.; FRANKE, M.; HINDLE, P. **Gestión Integral de Resíduos Sólidos: inventario de ciclo de vida**. Primera edición traducida. Caracas: Procter & Gamble, 2004

MATOS, Fernanda; DIAS, Reinaldo: **A Gestão de Resíduos Sólidos e a Formação de Consórcios Intermunicipais**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.4, n.3, p.501-519, set-dez/2011.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual do gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MORAES, Eliane. **Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos de sete municípios da região metropolitana de Maringá, Paraná**. 2011. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011. Disponível em: <<http://www.peu.uem.br/Discertacoes/Eliene.pdf>>. Acesso em 22 abril 2020.

SIMONETTO, Eugenio de O.; BORENSTEIN, Denis. SCOLDSS-Sistema de apoio à decisão aplicado ao Planejamento e distribuição da coleta seletiva de resíduos sólidos. In: Anais ENEGEP 2004: XXIV Encontro Nac. de Eng. De Produção –Florianópolis, SC, 03 a 05 nov. 2004. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10446/000555832.pdf?sequence=1>>. Acesso em 07 maio 2020.

TEIXEIRA, Silvia Claudia Mesquita. **Estratégias de gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2004. 319f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) –Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Ambiente, Porto, 2004. Disponível em: < <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11341>>. Acesso em: 10 de abril 2020.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI JR, A. ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. (Edi.) Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004, p. 156

PARRA, Rogério et al. Capítulo III –Acondicionamento e coleta do Lixo. In: D’ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A (Coord.). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo; IPT/CEMPRE, 2010. 3ª Ed.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Lixão.** Disponível em:
<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-reciclagem/lixao.php>. Acesso em:
10 mar. 2020.

PHILIPPI, Arlindo Jr. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

ZANETI, I. C. B. B.; SÁ, L. M. A educação ambiental como instrumento de mudança na concepção de gestão dos resíduos sólidos domiciliares e na preservação do meio ambiente. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 1., 2002, Disponível em:
<http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/sociedade_do_conhecimento/Zaneti%20-%20Mourao.pdf> Acesso em 12 abr. 2020.p