



CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental

HUMBERTO BONINI RIBEIRO SAMPAIO

**PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO
FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM ESTABELECIMENTO
COMERCIAL DO GÊNERO ALIMENTÍCIO (AÇAI)**

RIBEIRÃO PRETO-SP
2022



CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS
Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental

HUMBERTO BONINI RIBEIRO SAMPAIO

**PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO
FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM ESTABELECIMENTO
COMERCIAL DO GÊNERO ALIMENTÍCIO (AÇAI)**

Qualificação apresentada ao programa de Mestrado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, como exigência parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luciano F. de Novaes

RIBEIRÃO PRETO-SP
2022

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP
- Universidade de Ribeirão Preto -

S192p SAMPAIO, Humberto Bonini Ribeiro, 1989-
Propostas de melhorias para reutilização e disposição final dos
resíduos sólidos de um estabelecimento comercial do gênero alimentício
(Açaí) / Humberto Bonini Ribeiro Sampaio. – Ribeirão Preto, 2022.
81 f. : color.

Orientador: Prof.º Dr.º Luciano F. de Novaes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Mestrado em Tecnologia Ambiental, 2022.

1. Coleta seletiva de lixo. 2. Gestão integrada de resíduos sólidos.
3. Lixo – eliminação. II. Título.

CDD 628

HUMBERTO BONINI RIBEIRO SAMPAIO

**" PROPOSTA DE MELHORIAS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO
FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE UM ESTABELECIMENTO
COMERCIAL DO GÊNERO ALIMENTÍCIO (AÇAI)"**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Tecnologia
Ambiental do Centro de Ciências
Exatas, Naturais e Tecnologias da
Universidade de Ribeirão Preto,
para a obtenção do título de Mestre
em Tecnologia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Luciano Farias
Novaes

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 28 de outubro de 2022

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

LUCIANO FARIAS DE
NOVAES:05040506643

Assinado em nome digital pelo 05040506643
do CPF 05040506643. Autenticado por certificado
de assinatura digital emitido em 2022-10-28
por 05040506643. Certificado válido até 2022-10-28
por 05040506643.

Prof. Dr. Luciano Farias de Novaes
Presidente - UNAERP

Gustavo Almeida
Frata

Assinado em nome digital por
Gustavo Almeida Frata
Data: 2022.10.28 09:25:07 -0300

Prof. Dr. Gustavo Almeida Frata
UNAERP


Prof. Dr. Celso Luiz Franzotti
FATEC

Ribeirão Preto
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar graça e sabedoria para concretizar este Mestrado.

Agradeço especialmente minha família, pelo carinho e a compreensão pelos momentos de ausência, sem este apoio não chegaria até aqui.

Agradeço aos meus amigos, a todos que participaram direta ou indiretamente para a execução de trabalho.

Agradeço também a todo corpo docente da UNAERP, especialmente ao orientador Prof. Dr. Luciano F. de Novaes pela dedicação e apoio para que eu pudesse realizar este trabalho.

RESUMO

A reciclagem no Brasil chegará a um novo patamar se cada morador, indústria ou comerciante assumir a responsabilidade pessoal pelo descarte de seu resíduo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a geração de resíduos sólidos em estabelecimento comercial do gênero alimentício (açai) e propor melhorias para reutilização e disposição final destes resíduos. Para tanto, foram realizadas coletas durante cinco meses de todos os resíduos gerados no estabelecimento, bem como realizada a segregação destes para então realizar a sua caracterização. Após a realização da segregação todos os materiais foram pesados em balança digital. Foi possível constatar que o estabelecimento comercial gera aproximadamente 63,28 kg de resíduos sólidos por mês. Deste total, 13 kg são papelões, 5,25 kg são papéis, 5,06 kg são resíduos orgânicos e 76,67 kg são plásticos. Foi possível notar que os resíduos plásticos apresentam uma geração muito maior do que todos os outros resíduos juntos, detendo o valor de 76,67% de toda geração. Ressalta-se que estes poderiam ser melhores explorados em sua disposição final, pois nenhuma parte dos resíduos orgânicos são destinados para compostagem. Foi possível constatar que a maioria dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento tem como destinação a reciclagem, sendo 65,47 % dos resíduos destinados a esse fim, enquanto que 34,53% do volume total de resíduos gerados são encaminhados para a coleta municipal. Foi possível obter os seguintes indicadores de resíduos sólidos gerados no estabelecimento: 0,172 kg de resíduos sólidos gerados por venda de produto (Açai), 0,095 kg de resíduos sólidos por cliente da loja e R\$ 185,90 gastos no estabelecimento para cada quilograma de resíduo gerado.

Palavras-chave: Coleta Seletiva. Resíduo de Loja de Açai. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Indicadores de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

Recycling in Brazil will reach a new level if each resident, industry or trader takes personal responsibility for the disposal of their waste. Thus, the present work aimed to evaluate the generation of solid waste in a commercial establishment of the foodstuff (açai) and to propose improvements for the reuse and final disposal of these residues. To this end, collections were carried out for five months of all waste generated in the establishment, as well as their segregation to then carry out their characterization. After performing the segregation, all materials were weighed on a digital scale. It was possible to verify that the commercial establishment generates approximately 63.28 kg of solid waste per month. Of this total, 13 kg are cardboard, 5.25 kg are paper, 5.06 kg are organic waste and 76.67 kg are plastic. It was possible to notice that plastic waste has a much higher generation than all other waste together, holding the value of 76.67% of all generation. It is noteworthy that these could be better exploited in their final disposal, as no part of the organic waste is destined for composting. It was possible to verify that most of the solid waste generated in the establishment is destined for recycling, with 65.47% of the waste destined for this purpose, while 34.53% of the total volume of waste generated is sent to municipal collection. It was possible to obtain the following indicators of solid waste generated in the establishment: 0.172 kg of solid waste generated by the sale of product (Açaí), 0.095 kg of solid waste per customer of the store and R\$ 185.90 spent in the establishment for each kilogram of waste generated.

Keywords: Selective Collection; Açaí Store Residue; Solid Waste Management; Solid Waste Indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Coleta de RSU no Brasil 2020.....	16
FIGURA 2 - Classificação dos resíduos, quanto sua periculosidade.....	17
FIGURA 3 - Coleta de RSU no Brasil e Regiões (T/ano) e KG/Hab/ano) 2020.....	21
FIGURA 4 - Coleta Per Capita (kg/hab/ano) 2020.....	21
FIGURA 5 - Processo de Reciclagem do Papel.....	52
FIGURA 6 - Recipientes existentes no interior da Loja Açaí para lançamento dos resíduos sólidos pelos clientes.....	57
FIGURA 7 - Vista interna dos recipientes onde os resíduos são armazenados em sacos plásticos.....	58
FIGURA 8 - Resíduo semanal armazenado em sacos plásticos no estabelecimento comercial.....	58
FIGURA 9 - Resíduos Papel e Papelão gerados no estabelecimento devidamente separado.....	59
FIGURA 10 - Resíduos Plásticos gerados no estabelecimento devidamente separado..	59
FIGURA 11 - Resíduos Plásticos (baldes do açaí) gerados no estabelecimento devidamente separado, os quais são coletados pela cooperativa.....	60
FIGURA 12 - Balança utilizada para realizar a pesagem dos resíduos sólidos.....	60
FIGURA 13 - Disposição das sacolas plásticas na frente do estabelecimento comercial para coleta pública municipal.....	61
FIGURA 14 - Vistas do estabelecimento comercial do ramo alimentício (açaí) onde foi realizado o presente estudo.....	63
FIGURA 15 - Vista interna do estabelecimento comercial do ramo alimentício (açaí) onde foi realizado o presente estudo.....	64
FIGURA 16 - Matéria Prima- Pote onde armazena o Açaí.....	64
FIGURA 17 - Copos para servir o Açaí pelos clientes.....	64
FIGURA 18 - Copos para servir o Açaí pelos clientes.....	65
FIGURA 19 - Copos para servir o Açaí pelos clientes.....	65
FIGURA 20 - Talheres disponibilizados para os clientes para consumirem o Açaí.....	65
FIGURA 21 - Proporção dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial de açaí.....	67
FIGURA 22 - Volume de resíduos por destinação.....	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Quantidade de resíduos gerados por mês.....	66
TABELA 2 - Destinação atual dos resíduos gerados no estabelecimento.....	68
TABELA 3 - Indicadores da geração de resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial (açai).....	69
TABELA 4 - Estimativa da quantidade de resíduos gerados no estabelecimento comercial (açai) para os meses de janeiro a abril do ano de 2022.....	70
TABELA 5 - Quantidade de resíduos gerados estimados por mês na unidade comercial.....	70
TABELA 6 - Destinação dos resíduos gerados no estabelecimento.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	16
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.2.1 Classificação dos resíduos quanto à origem, segundo ABNT-NBR 10.004, de 2004	18
3.2.2 Classificação dos resíduos quanto à periculosidade segundo a ABNT-NBR 10.004 de 2004	18
3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS ALIMENTARES - ABNT-NBR 10.004, de 2004	19
3.4 DESCARTE DOS RESÍDUOS ALIMENTARES	19
3.4.1 Incineração.....	19
3.4.2 Aterro Sanitário	20
3.4.3 Compostagem	20
3.5 OS PLÁSTICOS: SEQUÊNCIA DE MANUFATURA, APLICAÇÕES E MERCADO	22
3.5.1 A sequência de manufatura dos plásticos	22
3.5.2 Análise Local	23
3.5.3 O Destino do Refugo de Material Plástico após seu uso	25
3.5.4 O Destino do Refugo de material plástico após seu uso.....	26
3.5.5 Reciclagem de plásticos.....	30
3.5.6 Leis nacionais e informações sobre a reutilização de material plástico	34
3.6 PAPEL	40
3.6.1 Aspectos relevantes sobre a história do papel	40
3.6.2 Processo de Reciclagem do Papel	41
3.7 ALUMÍNIO – LATA	43
3.7.1 Processo de Reciclagem do Alumínio	45
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NO ESTABELECIMENTO DO GÊNERO ALIMENTÍCIO (AÇAÍ).....	48
4.2. ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UNIDADES COMERCIAIS DE AÇAÍ	52
4.3. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS MATERIAIS PLÁSTICO, PAPEL, PAPELÃO, LATA E RESÍDUOS	

ORGÂNICOS.....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	54
5.2. ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UNIDADES COMERCIAIS DE AÇAÍ	59
5.3. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS MATERIAIS PLÁSTICO, PAPEL, PAPELÃO, LATA E RESÍDUOS ORGÂNICOS.....	62
5.3.1. Destinação dos Resíduos Gerados no Estabelecimento Comercial.....	62
5.3.1.1. Resíduos Orgânicos Gerados no Estabelecimento Comercial.....	62
5.3.1.2. Papel e papelão	62
5.3.1.3. Plásticos.....	62
5.3.1.4 Outros Resíduos.....	63
5.3.2. Propostas de Melhorias Contínuas	63
6 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O local de descarte final para os resíduos sólidos gerados das atividades humanas é uma questão importante para as autoridades municipais em todo o mundo, mas é particularmente grave nos países em desenvolvimento. Nas últimas décadas, a rápida expansão populacional e o avanço tecnológico resultaram em um aumento nos gastos do consumidor e na produção de lixo, que se combinaram para criar um problema crescente de geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), pois estima-se que houve um total de 76,1 milhões de toneladas coletadas pelos serviços de resíduos domiciliares em 2020, o que significa que 92,2% do lixo coletado. Pouco mais de 40 milhões de toneladas de resíduos são coletados anualmente no Sudeste no Brasil, seguido pelo Nordeste, que coleta aproximadamente 16,5 milhões de toneladas, e pelo Sul, que coleta cerca de 8,5 toneladas (ABELPRE, 2021).

Enquanto as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste já alcançaram índice de cobertura de coleta superior à média nacional, as regiões Norte e Nordeste ainda possuem pouco mais de 80%, o que significa que cerca de 20% dos resíduos gerados nos municípios localizados nessas regiões não é atingido pela cobrança regular dos serviços (ABELPRE, 2021).

Ressalta-se que a limpeza pública e a gestão de RSU são da competência dos governos locais. Descartar o resíduo sólido de forma que minimize seu impacto ambiental pode ser difícil, principalmente em cidades menores devido à falta de recursos humanos e tecnológicos qualificados. Os resíduos recolhidos pelos serviços de limpeza pública devem ser entregues a um destino final apenas se não puderem ser reciclados, reutilizados, compostados ou gerados em energia.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010) determina isso: que o resíduo sólido deve ser transferido para aterros sanitários se não houver tecnologias viáveis para seu devido tratamento. Assim sendo, os resíduos sólidos tornaram-se um grave problema ambiental devido ao descarte inadequado, que pode levar à poluição de córregos e rios, que acabam nos oceanos, além de impactar a saúde pública e os aterros sanitários.

Simplificando, a reciclagem é uma coleção de métodos para recuperar elementos utilizáveis de produtos residuais e devolvê-los ao processo de fabricação. Apenas 3% do lixo brasileiro é reciclado, apesar de 30% ter potencial para ser reciclado. A reciclagem de resíduos sólidos urbanos é uma solução fantástica que beneficia o meio

ambiente, a sociedade e a economia (AMARAL; RODRIGUES, 2021).

Papel, vidro, plástico e metal são os recicláveis mais comuns encontrados nos resíduos sólidos urbanos, mas o alumínio tem a maior taxa de reciclagem de qualquer um desses materiais: cerca de 97,9% desses resíduos são reciclados, mantendo o país como líder mundial em reciclagem, seguido pelo Japão com 77,1% e pelos Estados Unidos com 64,3%. Isso se deve ao maior valor de mercado do alumínio do que o valor de outros materiais. Também é possível testemunhar como os fabricantes de embalagens de alumínio delegam sua obrigação a coletores não oficiais e, posteriormente, colhem os frutos desse resultado positivo (AMARAL; RODRIGUES, 2021).

De acordo com a Associação Nacional de Papel Aparistas, a reciclagem de papel tem a segunda maior taxa de reciclagem com 63,4 %. Devido ao seu baixo valor agregado e ao grande volume de resíduo necessário para obter lucro, a reciclagem de plástico é a mais desafiadora devido ao seu enorme efeito ambiental, especialmente nos mares (ANPA, 2021).

Segundo relatório do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana, se os resíduos plásticos fossem reciclados, a economia poderia colher um total de R\$ 5,7 bilhões (SELURB, 2021). O PET é o plástico mais reciclado do Brasil, respondendo por 51% da produção total do país. O plástico compõe uma parcela desproporcionalmente grande do resíduo sólido geral do Brasil, respondendo por 13,5%, ou 10,5 milhões de toneladas, do total de resíduos do país a cada ano. A decomposição desta substância, que é feita a partir de derivados de petróleo, é um processo demorado que pode ter vários efeitos negativos em nosso meio ambiente. O impacto desse material pode ser minimizado simplesmente não usando tanto, como já está sendo feito em países que restringem ou proíbem totalmente o uso de copos plásticos, canudos, embalagens e outros itens descartáveis (ABELPRE, 2021).

Apesar do vidro ser um material 100% reciclável, os números de sua reciclagem no país são erráticos e variam de 45 a 49%. Baixo investimento em matéria-prima e baixo valor para catadores e cooperativas de reciclagem fazem do vidro um material que favorece a reciclagem, com tentativas crescentes de reaproveitamento do material que ainda é insignificante em comparação com a quantidade de vidro produzida a cada ano (ABELPRE, 2021).

São apenas 22 milhões de brasileiros atendidos por programas municipais de coleta seletiva, o que representa 18% da população, demonstrando um grande entrave para a reciclagem no Brasil. As medidas públicas que incentivam a reciclagem devem ser

acompanhadas de ações educativas para conscientizar as pessoas sobre as consequências negativas do descarte inadequado. A reciclagem no Brasil chegará a um novo patamar se cada morador, indústria ou comerciante assumir a responsabilidade pessoal pelo descarte de seu lixo (ABELPRE, 2021).

O tema deste trabalho justifica-se, pois, quando os resíduos não são gerenciados, controlados e monitorados geram grandes impactos ambientais. Por isso, é necessário adotar medidas para a redução da geração de resíduos. Entre essas medidas têm práticas e estratégias sustentáveis de otimização, redução de desperdício, melhoria de processos, que contribuirão para redução de custos e consequente aumento de lucro na sua empresa.

Assim sendo, este trabalho visou investigar como um comércio do ramo alimentício (açai) pode contribuir com a coleta seletiva visando preservar os recursos naturais (matéria-prima, energia e água), a minimização da poluição e a diminuição da quantidade de resíduo sólido que vai para os aterros.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo foi avaliar a geração de resíduos sólidos em estabelecimento comercial do gênero alimentício (Açaí) e propor melhorias para gerenciamento dos resíduos sólidos de um estabelecimento comercial do gênero alimentício (Açaí).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar e quantificar os resíduos gerados no estabelecimento do gênero alimentício (açaí);
- Obter indicadores de geração de resíduos sólidos em unidades comerciais de açaí;
- Estabelecer propostas de melhorias para reutilização e destinação final dos materiais plástico, papel, papelão, lata e resíduos orgânicos gerados na unidade comercial.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduo sólido é definido como qualquer material, substância, objeto ou bem descartado em decorrência da atividade humana na sociedade, independentemente de proceder, se propor a proceder ou se for obrigado a proceder, em estado sólido ou semi-sólido, bem como como gases contidos em recipientes e líquidos cujas características inviabilizem seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou requeiram soluções técnica ou economicamente impraticáveis à luz da melhor tecnologia disponível conforme disposto no art. 3º, XVI da Lei 12.305/ 2010 (BRASIL, 2010).

Na Figura 1 pode-se verificar a quantidade em toneladas de resíduos no Brasil no ano de 2020.

FIGURA 1 - Coleta de RSU no Brasil 2020
(T/ANO E KG/HAB/ANO)



Fonte: ABELPRE, 2021

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A lei 12.305 de 02 agosto de 2010, versa em seu artigo 13, a seguinte classificação quanto aos resíduos sólidos:

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - quanto à 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: os englobados nas alíneas “ a” e “ b” ;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “ b” , “ e” , “ g” , “ h” e “ j” ;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “ c” ;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

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 agrossilvopastoris: 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;

II - Quanto à periculosidade:

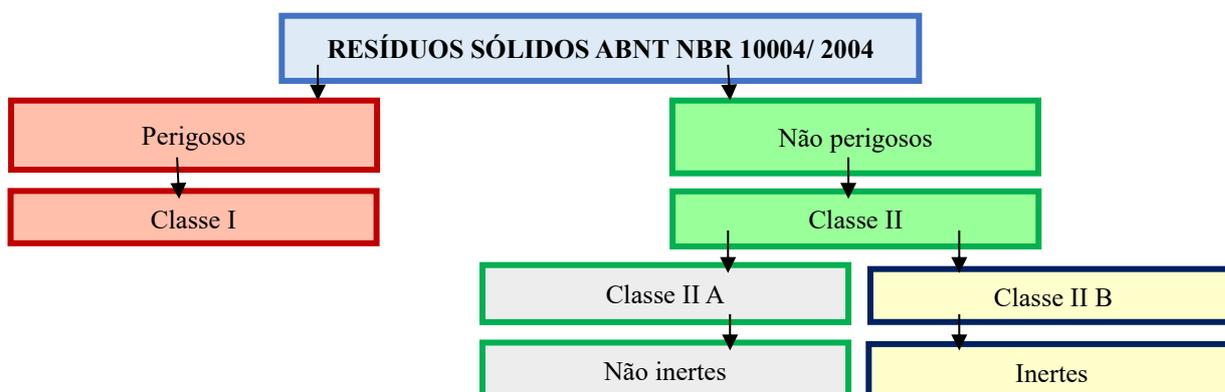
a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “ a” .

Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea “ d” do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Os resíduos sólidos também são classificados de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT-NBR 10.004, de 2004, segundo dois critérios: quanto à origem e quanto à periculosidade, conforme fluxograma apresentado na Figura 2.

FIGURA 2 - Classificação dos resíduos quanto a sua periculosidade



Fonte: Autor, 2022

Na sequência é apresentada a classificação dos resíduos quanto à origem.

3.2.1 Classificação dos resíduos quanto à origem, segundo ABNT-NBR 10.004, de 2004

a) Domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas de Limpeza Urbana

b) Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares Limpeza Urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

c) De Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços: os gerados nestas atividades, excetuados os de limpeza urbana; de saneamento básico; de saúde; construção civil; e transportes.

d) De Serviços Públicos de Saneamento Básico: os gerados nessas atividades, excetuados os de limpeza urbana. Industriais os gerados nos processos produtivos e instalações industriais de Serviços de Saúde

e) 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.

f) Agrossilvipastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.

g) De Serviços de Transporte: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira.

h) De Mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Na sequência é apresentada a classificação dos resíduos quanto à periculosidade.

3.2.2 Classificação dos resíduos quanto à periculosidade segundo a ABNT-NBR 10.004 de 2004

Perigosos: Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.

Não perigosos: aqueles não enquadrados na hipótese anterior.

No entanto, o transporte, manejo, tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos geram gastos financeiros, públicos e privados, que poderiam ser minimizados.

Segundo Legaspe (2005), o resíduo sólido tem alto potencial de reaproveitamento. Segundo ele, o aterro de toneladas de alimentos reforça a mentalidade consumista do atual sistema econômico. Além disso, ele afirma que a sociedade deve ver o lixo como fonte de recursos.

A redução de resíduos sólidos pode ter uma variedade de benefícios, incluindo economia de custos e espaço de armazenamento que pode ser usado para outros fins, redução do efeito ambiental e melhoria da imagem institucional (CRITTENDEN, KO-LACZKOWSKI, 1995).

Na sequência é apresentada a classificação dos resíduos alimentares.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS ALIMENTARES - ABNT-NBR 10.004, de 2004

A ABNT NBR 10.004/04 organiza os resíduos sólidos de acordo com os riscos que oferecem à saúde pública e ao ambiente e com a periculosidade que apresentam. Essa norma classifica os resíduos em Classe 1 (perigosos) e Classe 2 (não perigosos). A Classe 2 se subdivide em 2A (reativos) e 2B (não reativos). Assim, o resíduo alimentar é caracterizado como Classe 2. A classificação toma por base a constituição química e a origem dos resíduos.

3.4 DESCARTE DOS RESÍDUOS ALIMENTARES

3.4.1 Incineração

Este procedimento é normalmente empregado em nações com espaço limitado. Devido ao alto teor de água dos alimentos, ele precisa de uma grande quantidade de energia para queimar. No entanto, outras pesquisas indicam que a queima sustentável é possível pela aplicação de pré-biodegradação anaeróbica (OWEN, 1982). A incineração, por outro lado, produz gases de efeito estufa.

Os principais problemas causados pela incineração são os gases liberados durante o processo de combustão e a poluição do ar por resíduos que passam pelos filtros

não coletados, mas muitas vezes ocorrem mais por mão de obra não qualificada do que pelo processo. Nos países desenvolvidos, a incineração é frequentemente usada como fonte de energia elétrica. Em países como Japão e Suíça, a maioria dos resíduos sólidos é tratada por incineração, com 72% e 88%, respectivamente (JIVAGO, 2018).

3.4.2 Aterro Sanitário

Os aterros sanitários são a forma mais comum de descarte dos resíduos. Entretanto, eles causam problemas ambientais, como a liberação de metano, decorrente do processo microbiológico anaeróbico. Calcula-se que 64% do metano dos aterros seja liberado para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (EPSTEIN, 1997; INÁCIO, 2009).

Além do metano, o dióxido de nitrogênio também contribui para o aquecimento e é liberado pelos aterros. Entre as formas de controle dos gases liberados nos aterros, é a queima dos mesmos para geração de energia. O chorume é um líquido proveniente dos aterros sanitários e com grande capacidade de contaminação do lençol freático. Mesmo com a impermeabilização do solo, há um risco considerável de que ele seja afetado. Por fim, para construção do aterro é necessário desmatar algumas áreas e, por sua vida finita, logo mais áreas serão desmatadas (EPSTEIN, 1997).

Sem um sistema de coleta de chorume, uma parte do líquido permaneceria no aterro e outra parte passaria pelo solo. Portanto, uma cobertura temporária geralmente é coberta com um material argiloso para minimizar a entrada de água da chuva no aterro. Uma camada superior de impermeabilização também é aplicada quando o aterro atinge seu nível máximo de operação (PACHECO *et al.*, 2012).

3.4.3 Compostagem

O aproveitamento dos restos alimentares para fertilizar as plantas é um processo que remonta muitos anos. Então, essa técnica foi estudada e observaram que pH, umidade e a terra eram fatores importantes para a produção de fertilizante, quanto mais lenta a degradação dos produtos, melhor a qualidade dos adubos (EPSTEIN, 1997).

O Governo Federal apoia a prática do reuso dos restos alimentares na Lei

11.445 de 05/07/2007, artigo 7º, deixando nítido o apoio à compostagem.

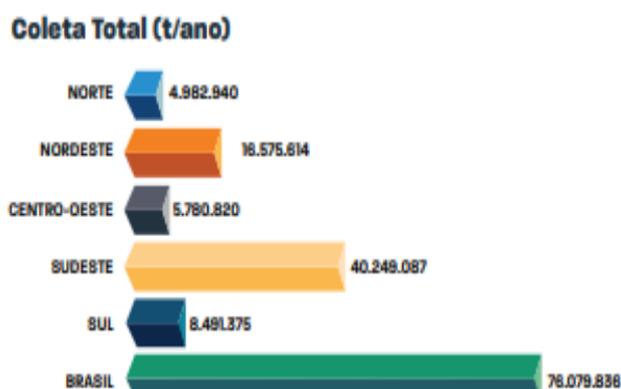
Os resíduos da agricultura, da pecuária, da indústria, do comércio, das residências e do serviço público são usados, quando matéria orgânica, para a compostagem. Os resíduos são divididos em: carboidratos, proteínas, gorduras, hemicelulose, celulose, lignina e minerais. A divisão é baseada em critérios de velocidade da degradação (prontamente biodegradável, lenta e resistente) e mineralização (EPSTEIN, 1997; INÁCIO, 2009).

O excesso ou falta de água atrapalham o bom funcionamento do processo de compostagem, com teor ideal de 40% a 65%. O pH ácido provém das frutas e deixam o processo mais lento, o pH médio (5 a 7) é satisfatório. Alguns autores defendem que o pH ideal para a compostagem é de 6,5 a 9,6, concordando que quanto mais neutro melhor (MILLER, 1993 apud INÁCIO, 2009).

Portanto, para uma compostagem eficiente é preciso boa oxigenação, pH alcalino, umidade, relação carbono-nitrogênio e disposição granulométrica ideal (madeiras e restos de árvores).

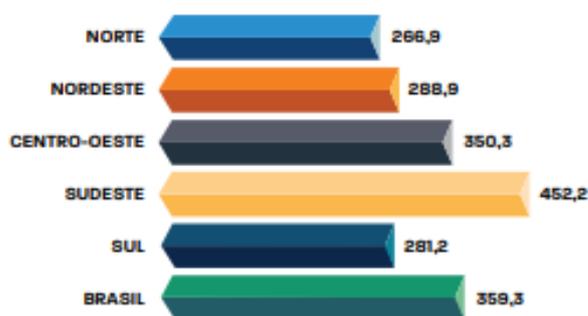
Observa-se na Figura 3 a Coleta de RSU no Brasil e Regiões e na Figura 4 a Coleta *per Capita*.

FIGURA 3 - Coleta de RSU no Brasil e Regiões (T/ano) e Kg/Hab/ano) 2020



Fonte: ABELPRE, 2021

FIGURA 4 - Coleta Per Capita (kg/hab/ano) 2020



Fonte: ABELPRE, 2021

3.5 OS PLÁSTICOS: SEQUÊNCIA DE MANUFATURA, APLICAÇÕES E MERCADO

“Nas últimas décadas, os plásticos revolucionaram as nossas vidas” (THOMPSON *et al.*, 2009). Na primeira página do livro “*Plastics*”, YARSLEY e COUZENS (1945) *apud* THOMPSON *et al.*, (2009) afirmam que “as possíveis aplicações (dos plásticos) são praticamente inexauríveis”. A afirmação é real hoje em dia, haja vista que os plásticos estão presentes em diversos setores da sociedade, seja nas roupas, artigos esportivos, edificações, automóveis, aviões, aplicações médicas, entre muitos outros.

3.5.1 A sequência de manufatura dos plásticos

A sequência de manufatura dos plásticos tem início com a nafta que é obtida a partir processo de refino do petróleo ou do gás natural, utilizada como matéria-prima para se obter eteno, benzeno, propeno e isopropeno, tolueno, orto/para-xileno, xileno misto, buteno, butadieno e outros petroquímicos básicos.

A primeira geração petroquímica é a responsável pela obtenção destas cadeias básicas de hidrocarbonetos, e tal conversão é realizada nas centrais de matérias-primas dos polos petroquímicos. A produção de resinas a partir dos produtos petroquímicos básicos constitui a segunda geração petroquímica. As resinas produzidas são então processadas para a geração de variados produtos nas indústrias de transformação plástica, ou seja, nas empresas da terceira geração petroquímica (SIQUIM/EQ/UFRJ, 2003).

As duas primeiras gerações petroquímicas representam fabricantes de produtos

padronizados e com especificações bem definidas, chamados de *commodities*. Essas indústrias dependem de níveis operacionais altíssimos, processos pouco flexíveis e exigem um alto capital.

As indústrias da terceira geração têm mão de obra intensa intensiva e produzem maior quantidade e variedade de produtos. Desta maneira, seus processos de produção são mais flexíveis, entretanto a escala de produção é menor do que nas outras duas gerações.

Após a produção das resinas, estas devem receber aditivos e plastificantes, tais como pigmentos, corantes, retardantes de chama, antioxidantes, etc., para cumprirem as funções para as quais foram fabricadas, resistirem aos processos de transformação e tornarem-se produtos duradouros (SIQUIM/EQ/UFRJ, 2003).

Existem vários métodos para fabricar produtos plásticos, no entanto há quatro processos que são mais utilizados a extrusão, injeção, sopro e rotação. Utiliza-se cada um de acordo com o que se pretende produzir e a descrição detalhada, que foge ao escopo do presente trabalho, encontra-se no site da *American Chemistry Council* (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2011).

Pode-se classificar os polímeros plásticos em dois grandes grupos que se distinguem por seu comportamento térmico no decorrer do processamento: os termoplásticos e os termofixos. Os primeiros são moldáveis, amolecem quando aquecidos e podem passar por esse processo diversas vezes degradação mínima do polímero. Os termofixos, por sua vez, são o oposto e não são moldáveis a partir de aquecimento.

Os principais tipos de polímeros termoplásticos são: acrílicos, celulósicos, etil vinil acetato (EVA), polietileno tereftálico (PET), poliamidas (*nylons*), polietileno (PE), poliestireno (PS), cloreto de polivinila (PVC), policarbonato e polipropileno (PP) (PARENTE, 2006). Desses, os que têm maior volume de produção e preço relativamente baixo são: PET, PVC, PE (alta e baixa densidade), PS e PP (ANDRADY; NEAL, 2009).

Como já citado, esses diferentes polímeros, são destinados a um leque vasto de aplicações e suas características são bastante distintas.

Uma análise sintética referente à comercialização de materiais plásticos

3.5.2 Análise Local

A Braskem (2010), em seu relatório de sustentabilidade, aponta que a produção brasileira de resinas termoplásticas representa menos de 4% da produção mundial, cabe ressaltar que ela é a maior indústria petroquímica do Brasil e maior produtora de resinas termoplásticas das Américas.

O ano de 2010 atingiu a marca de produção de 5,9 milhões de toneladas de transformados plásticos, um recorde que representa um aumento médio de 4,3% ao ano desde 2000. O consumo aparente (produção + importação – exportação) dos transformados plásticos também foi o maior já registrado no país, marcando cerca de 6,2 milhões de toneladas, das quais se importaram aproximadamente, 616 mil toneladas de transformados plásticos (aproximadamente 10% da demanda interna) e exportaram aproximadamente 311 mil toneladas. A demanda por resinas como igual à produção de transformados plásticos, isto é, 5,9 milhões de toneladas, outro recorde, com uma importação aproximada de 1,4 milhão de toneladas e uma exportação de cerca de 1,2 milhão de toneladas de resinas (ABIPLAST, 2011).

Se a análise for organizada por tipo de resina, a demanda brasileira segue os padrões europeu e americano, o polietileno como mais consumido (2,3 milhões de toneladas), seguido pelo polipropileno (1,475 milhões de toneladas) e depois pelo PVC (1,12 milhões de toneladas).

Os registros da ABIPLAST (2011), ainda apontam que em 2009 existiam 11.465 empresas no setor de transformados plásticos (85% localizadas nas regiões sul e sudeste do país) e o total de empregados em 2010 chegava a 349.453 pessoas, apresentando um aumento de 7,7% em relação ao ano anterior.

É possível verificar que, na comparação com a União Europeia, o Brasil apresenta produção e demanda por plásticos quase 10 vezes menor, enquanto o número de empresas e empregados no setor de transformados é apenas 5 vezes menor.

Em relação aos Estados Unidos, a produção e a demanda brasileiras também são bastante inferiores, entretanto o número de empresas transformadoras é menos que duas vezes menor e emprega três vezes menos trabalhadores. A partir desses dados é pode-se concluir que o Brasil possui potencial para aumento de sua produção de plásticos, o que geraria redução na quantidade de material importado e na melhora da balança comercial do setor que foi negativa em 2010, com importações tanto de resinas quanto de transformados plásticos foram maiores do que as exportações (ABIPLAST, 2011).

3.5.3 O Destino do Refugo de Material Plástico após seu uso

Grande parte dos materiais plásticos vendidos, principalmente as embalagens e outros bens não-duráveis, torna-se refugo em menos de um ano, ou, na pior das hipóteses, após um único uso. “Ainda assim, os refugos plásticos são valorosas fontes de matérias-primas, e podem ser transformados em energia ou em outros materiais poliméricos” (ALSALEM, LETTIERI e BAEYENS, 2010).

Tem sido extremamente difícil encontrar técnicas alternativas para a disposição de refugos plásticos, uma vez que os aterros estão ficando sem espaço e os custos para a criação de novos estão cada vez mais elevados. Os impactos causados pelos plásticos tornam-se ainda mais grave quando o refugo é disposto inadequadamente no ambiente. Conseqüentemente, isso provoca aumento nas técnicas de reciclagem e incineração.

Refugos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades 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 de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Deste modo, a NBR 10004 classifica os refugos em:

Refugos Classe I – Perigosos: aqueles que representam periculosidade, sendo inflamável, corrosivo, reativo, tóxico ou patogênico.

Refugos Classe II – Não Perigosos.

Refugos Classe II A – Não Inertes: não fazem parte da categoria de perigosos nem de inertes, podem ser biodegradáveis, combustíveis ou solúveis em água.

Refugos Classe II B – Inertes: são aqueles que após o ensaio de solubilização não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água (com exceção de aspecto, turbidez, dureza e sabor) (ABNT, 2004).

Consonante à norma citada acima, os refugos plásticos se enquadram na classificação de refugos Classe II, isto é, a categoria dos não perigosos. No entanto, se inadequadamente descartado em rios, encostas, lixões, etc, por exemplo; plásticos são capazes de causar inúmeros danos ambientais (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005).

A maioria não é biodegradável ao contrário, são extremamente duráveis e, portanto, uma grande parte dos plásticos produzidos e descartados hoje existirá no ambiente por muitos anos. Quantidades incontáveis de refugos plásticos, às vezes microscópicos devido a sua degradação incompleta, se acumulam nos aterros e no meio ambiente, se tornando causas de danos ambientais e problemas relacionados ao gerenciamento desse material (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005).

Além disso, devido à imensa variedade de plásticos existentes no mercado e do grande volume descartado, a gerenciamento de refugos plásticos é complexa, e a destinação escolhida irá depender de diversos fatores, como do tipo de polímero ou do produto descartado, dentre outros (HOPEWELL, DVORAK; KOSIOR, 2009).

Segundo a estrutura de gerenciamento de refugos, como sendo: a redução, reuso, reciclagem, incineração e disposição em aterros são as opções adequadas para destinação de refugos plásticos. Esta estrutura aponta como destinação desejável e preferível a redução do uso dos recursos, conseqüentemente isto gera uma redução na produção de refugos. Pode-se entender redução como o ato de reduzir o uso/consumo desses produtos pelo consumidor ou reduzir a quantidade de resina plástica utilizada para fabricar esses produtos na indústria. O reuso de materiais plásticos é uma prática facilitada que decorrente da durabilidade e resistência das resinas, portanto, depende do tipo de polímero. Os plásticos podem ser reutilizados de diversas maneiras e para os mais variados fins (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009).

As exigências ambientais crescem e, da mesma maneira, a reciclagem também tem sido apontada como opção de destinação após a utilização, bem como a incineração. O aterramento representa a última alternativa desejável.

3.5.4 O Destino do Refugo de material plástico após seu uso

Os aterros constituem áreas para depósito do lixo e tem como objetivo isolar os refugos do ambiente ao redor e, principalmente, dos lençóis freáticos. Uma área designada para receber refugos, principalmente refugos sólidos urbanos (RSU), tais como o lodo das estações de tratamento, entulhos de construção civil, refugos domiciliares, entre outros (IBAM, 2001).

Os lixões causam diversos problemas ambientais, contaminação do ar por meio

das emissões de resíduo de matéria orgânica em decomposição e contaminação dos lençóis freáticos e corpos d'água próximos, haja vista que não há qualquer tipo de impermeabilização do solo. Além dos problemas ambientais, a questão social também preocupa, famílias inteiras, catadoras de lixo, habitam esses lugares na tentativa de triar materiais que possam ser vendidos para obter alguma renda, é um problema de ordem social, saúde pública, dado que esses indivíduos entram em contato com agentes contaminantes e muitas vezes se expõem a condições desumanas de sobrevivência (CEPEA, 2004).

Dado a ausência da coleta dos líquidos percolados, é ideal que se implemente um aterro controlado em áreas com lençol freático profundos (mais de três metros do fundo do aterro) e, para remediar o chorume mantê-lo retido nas camadas internas do terreno. Uma camada superficial provisória deve ser feita de material argiloso e uma camada impermeabilizante superior assim que o aterro atingir sua cota máxima de operação (IBAM, 2001).

Os aterros sanitários de construção mais recente necessitam, para a devida proteção ambiental, estudos avançados de geologia e engenharia para a implementação de técnicas e tecnologias avançadas e que visem à mitigação dos principais impactos ambientais causados pela disposição de refugos sólidos urbanos nos aterros (SANTOS, 2010).

A implementação de um aterro começa pela escolha de área adequada, depois da obtenção de licença, então, um projeto executivo, e enfim o aterro poderá ser efetivamente implementado (IBAM, 2001).

Um aterro sanitário é necessariamente composto pelos seguintes elementos:

- a) Elementos operacionais:
 - Células de resíduo domiciliar e hospitalar (caso o Município não possua outra destinação para este tipo de resíduo especial);
 - Fundo impermeabilizado (obrigatório) e impermeabilização superior (opcional);
 - Sistema de drenagem e tratamento dos líquidos percolados (chorume);
 - Sistema de coleta e incineração (ou tratamento/beneficiamento) do biogás;
 - Sistema de drenagem e distanciamento das águas pluviais;
 - Sistemas de monitoramento da topografia local, além de monitoramento ambiental e topográfico;
 - Pátio para estocagem de materiais.

- b) Elementos de apoio:
- Isolamento vegetal aliado à barreiras e cercas;
 - Estradas para acesso e serviço;
 - Sistema de controle de refugos e balança;
 - Prédio administrativo e guarita na entrada do aterro;
 - Oficina e borracharia.

Há estudiosos que defendem que os plásticos prejudicam os aterros, pois diminuem sua longevidade com seu grande volume, outros negam tal afirmação e dizem não haver evidência de que a disposição de plásticos diminua a vida útil do aterro. Fato é que há muita controvérsia quando o assunto é o impacto dos plásticos nos aterros\.

Dados do The World Bank (1999) apontam variações na proporção de refugos plásticos dentre os refugos sólidos urbanos que dependem da renda dos países. Países de baixa renda registram média de 4% de material plástico em seus RSU, enquanto países de média renda registram 11% e a média registrada em países de alta renda é de 9%.

O processo de incineração visa queimar e descaracterizar o refugo sólido, tornando mais fácil a sua disposição, visto que volume do material reduz drasticamente. Entretanto, a inevitável emissão de gases a partir da combustão dos refugos e a destinação das cinzas formadas provocadas por esse processo, além dos particulados retidos nos sistemas de lavagem dos gases, são aspectos que preocupam. A emissão de dioxinas e furanos é um dos maiores problemas causados pela incineração (VALLE, 1995).

Assim, os investimentos nesse sistema acabam sendo bastante elevados, pois faz-se necessário acoplar um mecanismo de lavagem dos gases, que muitas vezes é mais caro do que o próprio forno de incineração, e toda a operação precisa incluir manuseio e destinação adequados dos rejeitos gerados (ROLIM, 2000, *apud* VALLE 1995).

Nos últimos anos a técnica de incineração com recuperação energética é registrou crescimento, ela será abordada mais detalhadamente no item 3.3, pois é considerada uma forma de reciclagem (energética).

Segundo a EPA (2011b), o termo reciclagem refere-se à coleta de materiais que seriam considerados lixo, separação e processamento em fibras destes materiais, o que permite a fabricação de novos materiais e a sua comercialização.

É possível classificar a reciclagem de plásticos em reciclagem primária, secundária, terciária e quaternária. Maiores detalhes no item 3.3.

- **Reciclagem primária ou re-extrusão**

Consiste em reintroduzir as sucatas e fragmentos de polímeros no ciclo para a produção de produtos de materiais similares. Utilizam-se plásticos com características semelhantes aos produtos originais (AL-SALEM, LETTIERI, BAEYENS, 2010; HOPEWELL, DVORAK e KOSIOR, 2009).

- **Reciclagem secundária, ou mecânica**

É o reprocessamento de materiais poliméricos simples (formados por somente um tipo de resina) utilizando meio mecânicos (AL-SALEM, LETTIERI e BAEYENS, 2010).

- **Reciclagem terciária ou química**

A reciclagem química e a de matéria prima são duas categorias. Tal diferença consiste na utilização do produto final: na reciclagem de matéria-prima, altera-se a estrutura química do material residual para que os produtos químicos resultantes possam ser utilizados para outros fins que não a produção do material original; na reciclagem química, por sua vez, o produto resultante só é usado para a produção de material original (AL-SALEM, LETTIERI, BAEYENS, 2010; HOPEWELL, DVORAK e KOSIOR, 2009).

- **Reciclagem quaternária, ou recuperação energética de refugos**

É um método de reciclagem que tem crescido muito nos últimos anos. A queima dos refugos para gerar calor, vapor ou energia tem representado de modo crescente uma alternativa, seja para a destinação dos refugos urbanos como um todo, seja para os refugos de plásticos. Estima-se que a incineração de refugos plásticos proporcione uma redução de 90 a 99% em volume, diminuindo assim o descarte em aterros. No processo de recuperação de energia, a destruição de espumas e grânulos também destrói CFCs e outros

agentes nocivos (AL-SALEM, LETTIERI, BAEYENS, 2010; HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009).

3.5.5 Reciclagem de plásticos

A reciclagem mecânica primária consiste em re-processar o refugo plástico resultante do próprio processo produtivo ou do processo de reciclagem, porém não se aplica, via de regra, aos plásticos pós-consumo (utiliza-se a reciclagem mecânica). Esse método visa o processar materiais semi-limpos e com propriedades semelhantes, isto dificulta o uso da reciclagem primária em plásticos pós-consumo. Segundo a *British Plastics Federation* (2011), pouquíssimas empresas de transformados não fazem a reciclagem de seu refugo de plástico no Reino Unido, tratando cerca de 250.000 a 300.000 toneladas de plásticos reciclados no país todos os anos (AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2010) trazem, informações semelhantes, de que o Reino Unido gera cerca de 250 mil toneladas de refugo de plástico por ano, destes, aproximadamente 95% são reciclados pelo processo de reciclagem mecânica primária.

Esses processos permitem a que se obtenha novas substâncias químicas que podem ser reincorporadas à sequência de manufatura, o topo material utilizado ditará o de processo para a reciclagem.

Esse processo de reciclagem geralmente é indicado para resíduos formados por misturas de diversos materiais, mas é mais eficiente quando os materiais chegam limpos e puros, facilitando, assim, a obtenção de produtos de melhor qualidade. Por isso, como na reciclagem mecânica, pode ser necessária a utilização de um pré-tratamento do refugo com a finalidade de atender a especificação de um determinado processo de reciclagem (HOBBS; HALLIWELL, 2000).

A reciclagem química é um processo que exige uma quantidade grande de refugo e aplicação alta de capital para que o reprocessamento seja economicamente viável. Essas limitações estão também relacionadas ao tamanho das usinas de reciclagem, pois as plantas ocupam necessariamente um grande espaço. A fim de ilustrar a importância da necessidade de grandes quantidades de polímeros para esse tipo de reciclagem, a produção de uma planta de pirólise da BASF (na Alemanha) teve que ser interrompida por falta da quantidade mínima de refugo de polímero necessária para manter a unidade funcionando, de 150.000 toneladas/ano (SASSE; EMIG, 1998). Na aplicação desta técnica no setor de materiais poliméricos, os compostos químicos produzidos por reciclagem química são

obtidos por um processo de despolimerização. O que resulta do processo pode ser utilizado na produção dos polímeros originais, de novos polímeros ou de insumos petroquímicos básicos, após isso podem sere incorporados ao *pool* de produtos de refinarias ou centrais petroquímicas (SASSE; EMIG, 1998). Desta maneira, a reciclagem química não resulta exatamente na redução do consumo de matéria-prima.

Os processos de despolimerização podem ser conduzidos por solvólise (despolimerização com auxílio de solventes, como a água – hidrólise, álcoois – alcoólise, dentre outros), por métodos térmicos (degradação das cadeias induzida pelo aumento da temperatura, como nos processos de pirólise e de gaseificação) ou por reações com reagentes capazes de promover a degradação das macromoléculas, na presença ou ausência de catalisadores (como na hidrogenação ou oxidação degradativa) (MACKEY, 1995; SCHEIRS, 1998; DAVE; JOSH, 2010; SINHA, PATEL; PATEL,2010; ADRADOS *et al.*, 2011).

Mesmo que não possa ser aplicada de maneira eficaz aos produtos de poliadição (obtidos por adição de monômeros, com auxílio de uma espécie ativa, como nas poliolefinas).

A reciclagem por pirólise também exige elevado teor de plástico na corrente de alimentação nos fornos de tratamento e a presença de água reduz consideravelmente a eficiência do processo (por exigir alta quantidade de energia para vaporizar a água). Desta forma, rejeitos úmidos não são os mais indicados para os tratamentos térmicos.

Tudo isso faz considerar que não há possibilidade de se elaborar uma solução universal para os processos de reciclagem química, pois eles dependem do cenário em questão e podem ter como resultado diferentes níveis de integração com o processo de manufatura de plásticos e de produtos petroquímicos. Ainda são necessários avanços técnico-econômicos para que a reciclagem química se torne viável, pois ela apresenta perspectivas relevantes para o futuro e tem sido objeto de pesquisas em desenvolvimento de diversas empresas.

Como em muitas técnicas de reciclagem as vantagens econômicas são limitadas, a utilização dos refugos plásticos para produzir energia tem ganhado papel de destaque de vinte anos para cá. A incineração (ou reciclagem energética, quando se utiliza a energia liberada pela combustão dos refugos) consiste na técnica de destruir os refugos por ação do calor, produzindo idealmente dióxido de carbono e água (outros produtos indesejados de combustão), bem como calor (BRUNNER, 1994).

Mesmo contestada por causa da emissão de poluentes (como o dióxido de carbono

que contribui para o efeito estufa), a reciclagem energética pode ser uma alternativa aproveitável para disposição de refulos, além de apresentar benefícios significativos, segundo Brunner (1994): (I) reduz imediatamente o volume e massa dos refulos sólidos urbanos (85-90% em volume); (II) a planta de incineração pode ser construída próximo das fontes geradoras do RSU, isso reduz custos com transportes; (III) a venda de energia pode compensar o custo de implantação e operação; (IV) as emissões gasosas resultantes das plantas de incineração podem ser controladas, conforme exigências da legislação.

O poder calorífico dos plásticos, como apresentou a Tabela 4, é bastante alto, isto torna-o uma fonte de energia bastante conveniente. “Calcula-se que a incineração de refulos plásticos proporcione uma redução de 90-99% em volume, diminuindo, assim, o descarte em aterros” (MAGRINI; OLIVEIRA, 2011).

No entanto, pode-se citar os problemas causados pela incineração que são alvo e origem das críticas a este processo: (I) alguns materiais não deveriam ser incinerados, pois apresentam alto valor agregado, não servem como bons combustíveis ou geram gases nocivos à saúde ou ao ambiente; (II) práticas operacionais pobres e a presença de cloro no RSU podem levar a emissões significativas de dioxinas e furanos, compostos que são tóxicos e nocivos; (III) a dificuldade em controlar as emissões de metais resultantes da incineração de refulos inorgânicos que contêm metais pesados (tais como o arsênio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel etc.); (IV) os incineradores demandam investimentos operacionais e de capital bastante elevados; (V) normalmente são necessários combustíveis complementares para alcançar as elevadas temperaturas exigidas para a combustão” (MAGRINI; OLIVEIRA, 2011).

Diversos países usam a incineração como alternativa para tratar o RSU. Segundo LIU, LIU e LI (2006), Na China é a opção de tratamento implementada com maior frequência é a incineração. De acordo com o site New Energy Foundation (NEF, 2011), o país com o maior número de plantas de incineração de refulos é o Japão, a soma era de mais de 1900 plantas de incineração de refulos no fim da década de 90, com geração combinada de 843 MW, energia o bastante para garantir o abastecimento de uma cidade de trezentos mil habitantes (o que atesta que a utilização do refulo plástico para a geração de energia é ainda muito baixa). Em 2010 os japoneses ajustaram sua meta de geração de energia por incineração de refulos para 4.170 MW.

Um fator limitante à incineração é o teor de água contido nos refulos, pois vários estudos mostram redução dramática da eficiência de combustão devido ao aumento da umidade dos refulos (por causa do alto calor latente de vaporização da água), bem como a sua influência na emissão de gases como o CO,

SO₂, NO e NO₂ (SUKSANKRAISORN; PATUMSAWAB; FUNGTAMMASAN, 2010).

Qual o processo que traz mais vantagens na hora de processar o refugo plástico? Esta é a principal pergunta na esfera da sustentabilidade, a resposta seria incineração com recuperação energética, a reciclagem mecânica ou a reciclagem química? MORRIS (1996) analisou a conservação de energia das diferentes técnicas e pôde verificar que a quantidade de energia economizada na reciclagem mecânica é maior do que a que é produzida na incineração de RSU em 24 de 25 tipos de refugo. Isto ocorre porque o aquecimento do RSU consome aproximadamente 15% da energia intrínseca disponibilizada pela queima dos materiais. Assim, sob tal perspectiva, é muito difícil apontar a técnica de reciclagem energética como uma solução apropriada para o refugo plástico após sua utilização.

O processo de reciclagem mais utilizado é o da reciclagem mecânica, no entanto só pode ser realizado em produtos que contenham apenas um tipo de resina (só poliestireno ou só polipropileno, por exemplo).

Tal processo só é possível se contar com programas de coleta seletiva e logística reversa, para que se possa destinar às usinas recicladoras a maior quantidade de plásticos possível.

Em escala industrial, a reciclagem mecânica envolve uma série de tratamentos e etapas de preparação que são explicadas a seguir por Parente (2006):

-Separação: Os plásticos passam por uma triagem e são separados manualmente por tipo de acordo com o aspecto visual ou identificação, tal processo depende da competência das pessoas envolvidas nesta etapa. O objetivo é separar materiais diferentes, metálicos, tampas de garrafas, produtos compostos por mais de um tipo de plástico, etc. O material proveniente de coleta seletiva, estará limpo em comparação com aquele que proveniente de aterros e lixões, assim, sua reciclagem é mais fácil.

-Moagem: Consiste na redução do tamanho do material que é transformado em fragmentos menores, como grânulos, pó ou flocos.

-Lavagem: o material é lavado com água para retirar os contaminantes, depois deve receber um tratamento para sua possível reutilização ou descarte como efluente.

-Aglutinação: Uma vez lavado e seco, o material passa por um aglutinador, onde é compactado para reduzir volume que será enviado ao processador final. Uma massa

plástica se forma devido ao atrito dos fragmentos plásticos com as paredes do equipamento, por meio da elevação da temperatura do conjunto. (PARENTE, 2006).

- Processamento: a última etapa do processo é a que forma os pellets que serão mandados para as indústrias transformadoras. A massa plástica vai ser fundida e homogeneizada na extrusora. “Na saída do processo, encontra-se um cabeçote de onde saem filamentos contínuos que serão resfriados em água. Em seguida, um granulador irá picotar esses filamentos, formando grãos de plásticos, os pellets” (PARENTE, 2006).

3.5.6 Leis nacionais e informações sobre a reutilização de material plástico

Abordar o assunto reciclagem no Brasil é preciso, traçar um panorama das políticas de refugos sólidos, haja vista a ausência de uma lei específica referente à reciclagem de plásticos. Desta forma, é possível apresentar evolução dessas políticas em ordem cronológica, como seguirá.

A Lei nº 6.938/81 instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, ela foi pioneira em dispor sobre preservação ambiental e conservação dos recursos naturais brasileiros, e, mesmo abordando esta última sob a ótica da exaustão dos recursos, não aborda a disposição de refugos ou reciclagem.

A lei dos agrotóxicos de 1989, Lei nº 7.802, sofreu alteração e foi substituída pela Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000, adicionando a reciclagem de embalagens no art. 6º da antiga lei, definindo que as embalagens de agrotóxicos e afins “devem ser projetadas e fabricadas de forma a impedir qualquer vazamento, evaporação, perda ou alteração de seu conteúdo e de modo a facilitar as operações de lavagem, classificação, reutilização e reciclagem” (inciso I). Também instituiu o sistema de logística reversa (adotando outra nomenclatura), tonando obrigatória a devolução, por parte dos consumidores, das embalagens vazias aos produtores e comerciantes (§ 2º, adicionado pela Lei nº 9.974/2000) e dar-lhes destinações adequadas, com vistas à reutilização, reciclagem ou inutilização (§ 5º, acrescentado pela Lei nº 9.974/2000).

A Política Nacional sobre Educação Ambiental (Lei nº 9.795/99) foi criada no intuito de incentivar crianças e professores no desenvolvimento de consciência ambiental, tal consciência é imprescindível para fomentar a reciclagem com os princípios que tratam de respeito à sustentabilidade (art. 4º, II, e art. 5º, V), e à abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais (art. 4º, VII). Entre os objetivos, é possível destacar o estímulo à consciência em relação aos problemas ambientais e sociais,

a indução à preservação do equilíbrio ambiental como parte do exercício da cidadania, bem como o fomento da integração da ciência e tecnologia (art. 5º, III, IV e VI).

A edição do Decreto nº 5940/2006 que institui a separação dos refugos recicláveis descartados pelos órgãos públicos federais e a destinação destes às cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Embora esta medida mostre maior relevância para a reciclagem de papel, dado sua utilização em grande número nas repartições, o Decreto destina-se a qualquer material reciclável utilizado em entidades públicas.

A Lei nº 11.445/2007 estabelecia diretrizes nacionais para o saneamento básico. Para o escopo desta tese, mencionaremos apenas os dispositivos referentes a refugos sólidos, iniciando pelo seu art 7º onde se define a coleta, transporte, triagem para fins de reuso e reciclagem, tratamento e disposição final dos refugos. Além disso, a legislação estabelece a criação de que um Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) pela União AM conjunto com Ministério das Cidades, que abranja do manejo de refugos sólidos.

Mais tarde, as garrafas pet já utilizadas tiveram seu uso liberado em embalagens de alimentos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), sancionando a Resolução RDC nº 20, de 26 de março de 2008. O objetivo era estabelecer os requisitos gerais e os critérios de avaliação, aprovação/autorização e registro de embalagens de PET elaboradas com proporções variáveis de PET virgem (grau alimentício) e de PET já utilizado, reciclado e descontaminado (grau alimentício), em materiais direcionados ao contato com alimentos.

Tal medida gerou impacto significativo, com a permissão para as empresas autorizadas reciclarem parte grande do material que até então eram descartados e dispostos em depósitos e aterros sanitários ou na natureza.

A Resolução da Agência teve como base o surgimento de novas tecnologias capazes de limpar e descontaminar esse tipo de material, como o super-clean (processos sofisticados de limpeza mais profunda do material, para limpar o material reciclado que já foi lavado e fornece-lo características similares à resina virgem. Os principais processos utilizados são: tratamentos a alta temperatura, tratamento à vácuo ou com gases inertes, e tratamento da superfície com gases não perigosos) e bottle-to-bottle (produtos que, após reciclados, são utilizados para a mesma função do pré-consumo (TRIANTAFYLLOU *et al.*, 2002; WELLE, 2011)

No Anexo dessa Resolução consta todo o regulamento técnico sobre as embalagens de PET já consumidas, recicladas e destinadas a entrar em contato com alimentos.

Em 2010, o Congresso Nacional instituiu a Política Nacional de Refugos Sólidos (PNRS), de acordo com a Lei nº 12.305/2010 gerando alteração na Lei no 9.605/98 referente às diretrizes nacionais para o saneamento básico. Segundo o Decreto nº 7.404/2010, que regulamentou a Lei 12305/10, tal política “articula-se com as diretrizes nacionais para o saneamento básico e com a Política Federal de Saneamento Básico, nos termos da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, com a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005 (normas gerais de contratação de consórcios públicos), e com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999”, já citadas.

A nova lei de refugos sólidos divide-se em 4 tópicos: disposições gerais, a política nacional de refugos sólidos, diretrizes aplicáveis aos refugos sólidos, e disposições finais e transitórias.

Quanto às disposições gerais, o art. 1º são apresenta os princípios, objetivos e instrumentos dessa Política, que objetiva o gerenciamento e gerenciamento integrado dos refugos sólidos, além da responsabilidade de quem os gera e do poder público, dispendo também dos instrumentos econômicos aplicáveis quando do seu descumprimento.

No art. 3º, entre as definições consta a de reciclagem, disposta no inciso XIV:

Reciclagem: processo de transformação dos refugos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa

Outros artigos importantes da citada lei estão dispostos no Capítulo II, “Dos princípios e objetivos da PNRS”. No art. 6º, que trata dos princípios, cabe ressaltar os incisos IV, VII e VIII, que abordam o desenvolvimento sustentável, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de existência dos produtos e o reconhecimento do refugo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, que gera trabalho e renda e promove cidadania. O art. 7º discorre sobre os objetivos, tendo destaque os incisos II, que trata de não produção, da redução, da reutilização, reciclagem e tratamento dos refugos sólidos, também sua disposição final em ambientalmente adequado; III, estímulo da adoção de práticas sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; XI, define a prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis; XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada

pelo ciclo de vida dos produtos; XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gerenciamento ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos rejeitos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético; XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

O art. 8º discorre sobre os instrumentos auxiliares para o seu cumprimento, destacando-se nos incisos III, IV, VI e VIII, os de maior relevância para a reciclagem:

- Coleta seletiva, sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- Incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativas ou formas alternativas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- Cooperação técnica e financeira entre as esferas pública e privada para desenvolver pesquisas produtos, métodos, processos e tecnologias de gerenciamento, reciclagem, reutilização, tratamento de rejeitos e disposição final adequada de rejeitos;
- Educação ambiental.

O Título III, que propõe diretrizes para rejeitos sólidos, se divide em 6 capítulos: disposições preliminares, planos de rejeitos sólidos, responsabilidades dos geradores de resíduo e do poder público, rejeitos perigosos, instrumentos econômicos, e proibições.

O art. 9º trata da disposição dos rejeitos sólidos repetindo o descrito no II do art. 7º, que enfatiza que os atos estão dispostos por ordem de prioridade, qual seja: a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos rejeitos sólidos e disposição final dos resíduos em ambiente adequado.

No art. 15 consta que a União deve elaborar o PNRS coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, com atualização a cada 4 (quatro) anos, contendo no mínimo o inciso III, que traça metas de redução, reutilização e reciclagem, com o intuito de redução da quantidade de rejeitos e resíduos encaminhados para disposição final em ambiente adequado.

O art. 17 traz as mesmas obrigações, em nível estadual. Os Estados têm o dever de desenvolver e implementar planos para rejeitos sólidos em suas microrregiões, regiões metropolitanas ou conglomerados urbanos, estabelece que o plano microrregional tenha consonância com o plano estadual e estabeleça soluções integradas para a coleta seletiva, a recuperação e a reciclagem, o tratamento e a disposição final dos RSUs considerando as peculiaridades microrregionais, conforme o parágrafo 3º do referido artigo.

Para os Municípios, a Seção IV do Capítulo II, referente aos planos municipais de gerenciamento integradas de refugos sólidos, cabe destaque para o § 1o, inciso II do art. 18, que promove a prioridade de acesso aos recursos da União para os municípios com programas de coleta seletivos com a participação de catadores (pessoas físicas de baixa renda) e cooperativas.

O art. 19 trata do conteúdo mínimo dos planos de gerenciamento, ainda para os municípios. Cabe enfatizar os X e XI, versando sobre programas e ações de educação ambiental para promover a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de refugos sólidos; no que se refere ao envolvimento dos grupos interessados, cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver. E, como para os Estados, o XIV prevê que se elaborem metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, intuindo a redução na quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final em ambiente adequado.

O plano de gerenciamento tem em vista os geradores de refugos, como descrito no art. 21, metas e procedimentos para a minimização da geração de refugos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, a reutilização e reciclagem (VI); e, se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31 (VII).

A Seção II do Capítulo III trata da responsabilidade que se compartilha entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. O art. 30 versa sobre a responsabilidade compartilhada em relação ao ciclo de vida dos produtos, com foco na sustentabilidade (I e IV), na diminuição da produção e no aproveitamento dos refugos sólidos em seu ou em outros processos de produção (II e III) e no estímulo do desenvolvimento de mercado, da produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis.

O art. 32 (parágrafo 1º, inciso III) é muito relevante para plásticos, já que, aproximadamente 40% da produção referem-se ao setor de embalagens, as embalagens devem ser fabricadas com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem, devendo os responsáveis assegurarem que tenham tal destino.

É interessante para o setor de plásticos que seus fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes tenham responsabilidade na implementação de um sistema de logística reversa, que garanta o retorno dos produtos após sua utilização, sem que dependa dos serviços públicos de limpeza urbana e do manejo dos refugos sólidos. As embalagens

de agrotóxicos estão incluídas no art. 33, que estabelece essas diretrizes, bem como pneus, óleos lubrificantes e produtos eletrônicos. De acordo com o parágrafo 1º, esses sistemas são estendidos a produtos fabricados com embalagens plásticas e a logística reversa age como instrumento que auxilia na chegada de tais produtos ao processo de reciclagem. Cabe aos responsáveis auxiliar nesse processo, seja disponibilizando postos de entrega de refugos reutilizáveis e recicláveis e/ou selando parcerias com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1º (parágrafo 3º, II e III, respectivamente). Todos são responsáveis pelo funcionamento da logística reversa, os consumidores, os comerciantes e fabricantes, em consonância aos parágrafos 4º, 5º e 6º.

A lei impõe certas responsabilidades aos consumidores, assim é nos municípios que possuem programas de coleta seletiva. Nesse caso, o art. 35 estabelece que cabe aos consumidores separar o refugo sólido de outros tipos de refugo gerados, dispor adequadamente os que podem ser dirigidos à reciclagem ou reuso para coleta ou devolução.

O art. 36 (§1º) institui ao poder público municipal o estabelecimento sistemas de coleta seletiva, o dever da preocupação com a reutilização e reciclagem de refugos sólidos provenientes dos serviços públicos de limpeza e viabilizar a logística reversa de produtos (I, II e III), além de priorizar as associações de catadores formadas por pessoas de baixa renda.

A lei também dispõe sobre instrumentos econômicos que venham a facilitar o financiamento das medidas apresentadas, com o intuito de incentivar a sua implementação.

Como consequência, o BNDES criou em 2010 o Programa Proplástico, que visa apoiar o desenvolvimento da sequência de manufatura do plástico. O programa tinha como objetivos:

- Aumentar a produção de transformados plásticos, equipamentos, moldes e embalagens no setor de plásticos, além da reciclagem;
- Estimular a melhoria dos padrões de qualidade dos produtos, e a produtividade das indústrias aqui instaladas;
- Colaborar para a redução do déficit comercial do segmento;
- Renovar e modernizar o parque industrial no setor de transformados plásticos;
- Incentivar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, baseados no desenvolvimento tecnológico;

- Contribuir para o fortalecimento da empresa brasileira no que concerne à esfera econômica, comercial, administrativa, financeiro e tecnológico;
- Apoiar o uso de fontes renováveis de energia, as atividades de melhoria dos aspectos ambientais e sociais do país, como a reciclagem de produtos plásticos.

O apoio financeiro se daria através de subprogramas socioambientais, de inovação, fortalecimento das empresas, produção e modernização e renovação de bens de capital, e visa apoiar empresas pertencentes à cadeia do plástico como fornecedores de equipamentos, produtores, distribuidores e recicladores (BNDES, 2008).

3.6 PAPEL

3.6.1 Aspectos relevantes sobre a história do papel

Símbolos, imagens e textos foram gravados em pedra ou metal desde o início da história humana para servir como registro de eventos. Ao contrário da tradição oral, a transmissão pictórica dos registros não se extinguiu com o tempo. Durante séculos, o papel foi empregado para documentar a história da humanidade. Provavelmente três milênios antes de Cristo, o papiro - planta endêmica dos pantanais egípcios - foi empregado pela primeira vez para gravura (CARVALHO, 2001).

O papel, como é conhecido agora, remonta ao século II na China. Cai Lun (Ts'ai Lun), um oficial da corte, proclamou pela primeira vez sua criação ao imperador Ho Ti no ano 150. Milhões de indivíduos foram afetados pela inovação desde então.

A fabricação de papel foi revolucionada por melhorias em sua composição química, o que permitiu sua produção em massa em larga escala. O equipamento havia sido atualizado e agora era altamente automatizado e produtivo (ALEXANDRE, 2012).

O papel pode ser usado de várias maneiras. Impressão (livros, jornais, revistas), escrita (cadernos, folhas soltas, cartões de férias), embalagens (alimentos, remédios, roupas e uma infinidade de outros itens) e funções higiênicas fazem uso desse material versátil (guardanapos, lenços e absorventes). Entre suas muitas outras aplicações estão selos, papel-moeda, filtros de café, entre outros (CARVALHO, 2001).

As fibras celulósicas do papel velho podem ser recuperadas e utilizadas na produção de papel novo através do processo de reciclagem de papel. Apesar de não ser um processo isento de resíduos, a fabricação de celulose virgem e o descarte de papel velho são sempre limitados. Os papéis não podem ser reciclados infinitamente sem se

deteriorar em sua qualidade. Por isso, eles só podem ser reciclados para uma finalidade diferente, e talvez menos nobre, após cada uso (ALEXANDRE, 2012).

Para o bem da ecologia, a reciclagem de papel é essencial. A celulose em certas espécies de árvores é usada para fazer papel. A reciclagem de papel ou a compra de papel reciclado é bom para o meio ambiente, pois as árvores não são cortadas quando usamos papel reciclado. Não devemos ignorar o fato de que milhares de pessoas no Brasil trabalham em cooperativas de catadores e recicladores de papel, o que gera uma quantidade significativa de dinheiro. A separação e a coleta seletiva de papel são processos críticos no processo de reciclagem de papel. As áreas de descarte de papel podem ser encontradas em diversos ambientes, incluindo locais de trabalho, condomínios e outros conjuntos habitacionais (CARVALHO, 2001).

3.6.2 Processo de Reciclagem do Papel

Entende-se por reciclagem, a coleta e reprocessamento de recurso virgem para ser transformado em produtos secundários, visando reduzir a retirada de matérias primas da natureza (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Uma vez que o papel tenha sido separado de detritos estranhos, ele é colocado em uma solução de detergentes e solventes para remover qualquer tinta restante. A polpa é criada a partir do papel. Uma sucessão de lavagens remove quaisquer impurezas remanescentes. Para torná-lo branco, a pasta é combinada com cloro. Os seguintes materiais podem ser reciclados: caixas de papelão; jornais; revistas; impresso; fotocópias; rascunhos; papéis timbrados; cartões; e papel de Fax (LEON, 2015).

Os materiais não recicláveis incluem: papel higiênico e laminado, papel metálico, copos descartáveis encerados e não recicláveis, papel carbono, fotos, etiquetas adesivas e papel vegetal (ROSA *et al.*, 2005).

Como a vontade política ambiental é essencialmente inexistente, é importante investir criativamente no processo de tomada de decisão para que a vontade social a gere.

Na usina de reciclagem de papel, as entregas de aparas (fardos) passam por verificação de qualidade e são classificadas (LEON, 2015).

O hidrapulper mói o papel com água industrial depois de desagregado e a bomba puxa a massa de papel para outras etapas no estoque de sucata, conforme Fluxograma 2.

Passo 1 - turbo tiraplástico (retirada de plástico);

Passo 2 - processo de centrifugação para retirada de impurezas (areia, prego, etc);

Passo 3 - processo de refino da massa aditivos são adicionados à massa: sulfato de amônio, amido de mandioca, etc;

Passo 4 - Caixa de entrada da máquina de papel;

Passo 5 - Mesa formadora (vácuo retira umidade excedente)

Passo 6 - Prensa acerta gramatura do papel

Passo 7 - O papel passa pelos rolos

Passo 8 - Chega até a enroladeira

Passo 9 - Forma-se o rolo de papel

Passo 10 - O rolo é transportado por ponte rolante até a rebobinadeira

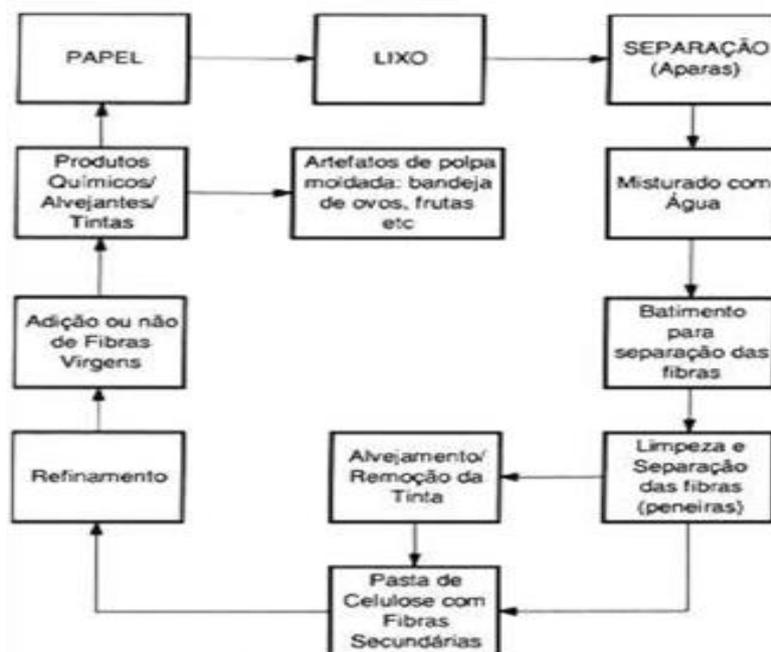
Passo 11 - O papel é rebobinado conforme formato da bobina

Passo 12 - A bobina de papel acabada vai para o controle de qualidade

Passo 13 - Vai para o estoque, podendo ser vendida ou vai para a cartonagem, transformando-se em chapa de papelão, a fim de ser industrializada como caixas de papelão.

Na Figura 5 é apresentado o processo de reciclagem do papel:

FIGURA 5 - Processo de Reciclagem do Papel



Fonte: Instituto de Biociências, 2022

3.7 ALUMÍNIO – LATA

O uso de alumínio foi registrado desde 6000 aC. Na Pérsia, havia oleiros que usavam argila e alumina, agora chamada de 1alumina. Cerca de três mil anos depois, essas argilas contendo alumina eram de grande valor para os povos babilônicos e egípcios, que as usavam para fazer remédios, corantes para tecidos e cosméticos. O alumínio como o conhecemos hoje começou a ser comercializado em meados do século XIX. (Castro, 2006).

Segundo Castro (2006, p. 35), “As primeiras aquisições do material mais próximo do alumínio na época só ocorrerão muito tempo depois, quando os países ocidentais alcançarem a modernização industrial. Humphrey Davy foi o idealizador da façanha, ele fundiu ferro na presença de alumina em 1809.”

Em 1821, o francês Pierre Berthier descobriu a bauxita perto da vila de Les Baux, no sul da França. Quatro anos depois, em 1825, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted isolou o metal cloreto de alumínio como o conhecemos hoje, fazendo um progresso surpreendente. Em 1854, Henri St. Clair de Ville obteve o alumínio quimicamente pela primeira vez e, no ano seguinte, exibiu o primeiro lingote de alumínio na Exposição de Paris, pois o metal era mais leve e moderno que o ferro (CASTRO, 2006).

A produção de alumínio começa com a extração da bauxita, sendo que o maior consumo mundial de alumínio está concentrado em embalagens, com cerca de 25%, transporte com cerca de 22% e construção civil com cerca de 20%. (PUC-RIO, 2013) A bauxita está distribuída principalmente em zonas de clima tropical e subtropical, e as principais fontes de bauxita são Austrália, Brasil, Guiné e Jamaica. Este é um minério avermelhado contendo alumina como componente (ABAL, 2013).

A bauxita passa por um processo de mistura com uma solução de soda cáustica, que é então moída, através da qual o metal se torna uma pasta muito densa. A lama passa por um processo de digestão, depois por um purificador e espessante, seguido de filtração, precipitação e calcinação para produzir alumina.

Os lingotes de alumínio são formados pela fusão da alumina em um processo totalmente industrial. O material passa uma corrente elétrica em um forno especial revestido de carbono a uma temperatura de 960°C (ALBRAS, 2013).

No próximo tópico, verificaremos como surgiram as latas e também como se dá o processo da reciclagem do alumínio.

Em 1775, o exército de Napoleão estava morrendo de fome e doenças, e ele não tinha meios de armazenar alimentos durante a guerra. A história das conservas começa aqui, com a França dando um prêmio ao Franco por criar uma maneira de armazenar mantimentos. Já em 1810, Nicholas Appert recebeu um prêmio do próprio Napoleão e publicou um livro intitulado "O Livro de Todas as Famílias: A Arte de Preservar Alimentos Através dos Anos", em seu livro, ele fala sobre a grande aceitação de lugares para armazenar todos os tipos de alimentos. Não demorou muito para que o parisiense Nicholas Appert começasse a ter sucesso na preservação de alimentos ao selar garrafas com rolhas. Amostras de alimentos preservadas dessa maneira são enviadas ao mar por cerca de 4 meses. Dos 18 itens enviados em embalagens de vidro, todos permaneceram frescos. Na Inglaterra, Peter Durand obteve do rei George III a patente para a fabricação de latas de flandres para armazenamento de alimentos. Após 15 anos nos Estados Unidos, Thomas Kensett patenteou uma lata de folha de flandres e ficou conhecido como o "pai" da indústria do estanho. Segundo alguns historiadores, isso é algo que aconteceu antes do desenvolvimento da indústria de conservas. (ABRALATAS, 2004)

Fabricadas há mais de um século e meio, as latas inicialmente utilizavam o aço como matéria-prima. E eram pesadas. Em meados da década de 50 do século XX, surgiram os primeiros desenvolvimentos para a produção de latinhas de alumínio na Europa, especula-se que a primeira latinha foi produzida em 1958, a pedido de uma cervejaria Suíça (ABRALATAS, 2004).

As latas de alumínio atualmente pesam menos de 15 gramas, a primeira nos EUA pesava 85 gramas, o que foi uma grande evolução, além de ser mais leve na embalagem, era mais maleável e podia usar menos matéria-prima para fazer latas. Os alimentos são produzidos apenas em escala industrial, são fabricados pela Reynolds Metals nos Estados Unidos e as latas são usadas para armazenar bebidas carbonatadas.

Então, em 1967, a Royal Crow começou a usar fábricas de alumínio para Coca-Cola e Pepsi, e o impacto na indústria de embalagens foi muito grande desde então, quando a lata foi dividida em duas etapas: um corpo e uma tampa. Com forte apelo, pode ser impresso em 360°, conferindo à lata um ótimo apelo visual e potencializando a venda do produto nela contido. Em 1985, as latas de alumínio já eram as mais vendidas e populares do mercado (ABRALATAS, 2004).

Segundo AbRALATAS (2004), "Hoje, o mundo produz mais de 200 bilhões de latas, e os maiores fabricantes são Ball Corporation, Crow Cork & Seal, Metal Container

Corporation e Rexam Beverage Can in North America”. Em 1988, a Metalúrgica Matarazzo foi pioneira na produção de latas de aço para consumo de bebidas no Brasil. As latas eram de folha-de-flandres e encomendadas pela cervejaria Skol Internacional Bier (atual Skol Cerveja Pilsen). Mas foi por meio da importação da cervejaria que as latas de alumínio chegaram aos consumidores em 1989 para atender a demanda nacional.

A Alcan Alumínio do Brasil Ltda é a primeira indústria a desenvolver projetos de pesquisa técnica no Brasil. A planta foi instalada em Pindamonhangaba-SP e trouxe para o país um laminador a quente, o primeiro da América Latina para a produção de chapas para fabricação de latas (ABRALATAS, 2004).

3.7.1 Processo de Reciclagem do Alumínio

A reciclagem sempre foi uma forma de reduzir a quantidade de resíduos que as pessoas geram e uma opção para reduzir os resíduos sólidos. Quando um material termina sua vida útil, o processo de reciclagem é sempre uma forma de restaurá-lo como um produto equivalente ou similar. O alumínio é o principal material do qual falamos de reaproveitamento, sua maior vantagem é que pode ser reaproveitado muitas vezes sem perder suas características originais. As latas de alumínio surgiram no Brasil em meados da década de 1990 e hoje são encontradas em bares, supermercados e residências.

Conforme citado por Castro (2001, p. 88), “A indústria do alumínio economiza muita energia com a reciclagem, o que permite ao país economizar 1% de energia elétrica anualmente. Só para comparação, quando o 'horário de verão' é estabelecido, o consumo diminui cerca de 0,5%”.

A reciclagem do alumínio gera empregos para várias famílias envolvidas no processo, desde a coleta da lata até a conversão final da sucata. O alumínio é recuperado a partir de resíduos de produtos descartados após o uso, como latas de bebidas, utensílios domésticos, esquadrias, etc. O alumínio é considerado o processo de reciclagem mais benéfico atualmente, e está tão difundido e implementado no Brasil que o país é líder mundial na reciclagem de latas de alumínio. O processo de reciclagem do alumínio utiliza aproximadamente 95% menos energias do que o consumo total da produção de matéria-prima virgem (CALDERONI, 2003).

Segundo Castro (2001, p. 88) “O ciclo virtuoso da qualidade do alumínio e das latas leva empresários, catadores, comerciantes, escolas e diversos outros setores da sociedade a aderirem à cadeia, transformando o Brasil em um campeão da reciclagem”.

Os consumidores e todo o mercado foram conquistados pelas latas de alumínio, que possuem uma ampla gama de qualidades e benefícios que se firmaram no cenário sustentável, reduzindo o consumo de energia elétrica e protegendo o meio ambiente. A famosa lata é uma das protagonistas do sucesso da reciclagem no Brasil.

Devido às suas propriedades, o alumínio tornou-se um material versátil e é utilizado na indústria de diversas formas. Devido à baixa toxicidade e condutividade térmica do alumínio, considerando que as bebidas geralmente são bebidas geladas e acabam por proporcionar conveniência e comodidade aos consumidores, as diferenças ou vantagens do alumínio o tornam cada vez mais desenvolvido e utilizado na indústria de bebidas. A impermeabilidade e opacidade fazem com que o material não permita a passagem de umidade, luz e oxigênio de forma que não estrague o produto, pois é um metal nobre e limpo e permite a aplicação de diversos tipos de tintas, também com grande durabilidade. A principal característica é a capacidade de reciclar, quase todo o alumínio é reaproveitado, pois as perdas são ínfimas, ou seja, considera-se que 100% do alumínio pode ser reaproveitado (CALDERONI, 2003).

A reciclagem de latas de alumínio traz enormes benefícios para as empresas, pois pode economizar muita energia: afinal, reciclar uma tonelada de latas de alumínio requer 5% da energia necessária para produzir o mesmo número de latas de alumínio por meio de um processo primário. Isso significa que a eletricidade economizada por lata de alumínio é equivalente à eletricidade consumida por uma TV ligada por três horas. O alumínio é o material reciclável mais valioso atualmente (FARHA, 2010).

Utilizando as mais puras ligas metálicas, essas sucatas são recicladas e retornam à produção de latas na forma de lâminas e depois voltam às fundições de autopeças. Quando os frascos são armazenados de forma inadequada em aterros sanitários e misturados ao lixo, podem ser contaminados com orgânicos, fazendo com que o frasco tenha excesso de umidade (oxidando-o), areia e outros materiais que dificultam a reciclagem. A tinta na embalagem enlatada será destruída após ser colocada em um forno de fundição acima de 660 graus Celsius, para que não afete a reciclagem (CALDERONI, 2003).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem, as latas agora podem ser colocadas no ponto de venda, vendidas, consumidas, recicladas, transformadas em latas novamente, enchidas e substituídas em cerca de 33 dias. Para o meio ambiente, leva o equivalente a 100 anos para se decompor. As latas são descartadas em aterros após o consumo e, felizmente, a grande maioria é recolhida por meio de

programas de incentivo à reciclagem de empresas, cooperativas, catadores, supermercados e outros.

Dezenas de domicílios ganham a vida coletando latas e vendendo-as para os galpões de prensagem, o que resultou na famosa sacola de reciclagem, que foi vista por todos na mídia e vendida para uma empresa de reciclagem de alumínio (FARHA, 2010).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para realização de cada etapa do trabalho desenvolvido está apresentada a seguir.

4.1. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NO ESTABELECIMENTO DO GÊNERO ALIMENTÍCIO (AÇAÍ)

Foi realizada a coleta diariamente dos resíduos gerados no estabelecimento comercial durante o período de 5 meses consecutivos (maio, junho, julho, agosto, setembro).

Em cada coleta foi estabelecido o seguinte procedimento:

- Todo resíduo gerado no estabelecimento já é disposto separadamente pelos clientes em recipientes existentes intitulados como resíduos orgânicos e resíduos recicláveis desde o início, conforme apresentado na Figura 6;

FIGURA 6 - Recipientes existentes no interior da Loja Açaí para lançamento dos resíduos sólidos pelos clientes



Fonte: Autor, 2022

- Em cada recipiente existente no estabelecimento comercial o resíduo sólido foi armazenado em sacos plásticos, conforme apresentado na Figura 7. Assim, a cada dois

dias consecutivos foi realizada a retirada dos referidos sacos plásticos.

FIGURA 7 - Vista interna dos recipientes onde os resíduos são armazenados em sacos plásticos



Fonte: Autor, 2022

- No período de uma semana, foi unificado todo o resíduo do período em sacos plásticos, conforme apresentado na Figura 8;

FIGURA 8 - Resíduo semanal armazenado em sacos plásticos no estabelecimento comercial



Fonte: Autor, 2022

- Na sequência os referidos sacos plásticos foram abertos e os resíduos foram separados manualmente conforme sua caracterização, sendo estas: papelão, plástico, papel, lata e orgânico. Nas Figuras 9 a 11 são apresentadas vistas dos resíduos separados conforme sua caracterização;

FIGURA 9 - Resíduos Papel e Papelão gerados no estabelecimento devidamente separado



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 10 - Resíduos Plásticos gerados no estabelecimento devidamente separado



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 11 - Resíduos Plásticos (baldes do açai) gerados no estabelecimento devidamente separado, os quais são coletados pela cooperativa



Fonte: Autor, 2022

- após a separação foi realizada a pesagem de cada resíduo com balança digital, conforme apresentada na Figura 12;

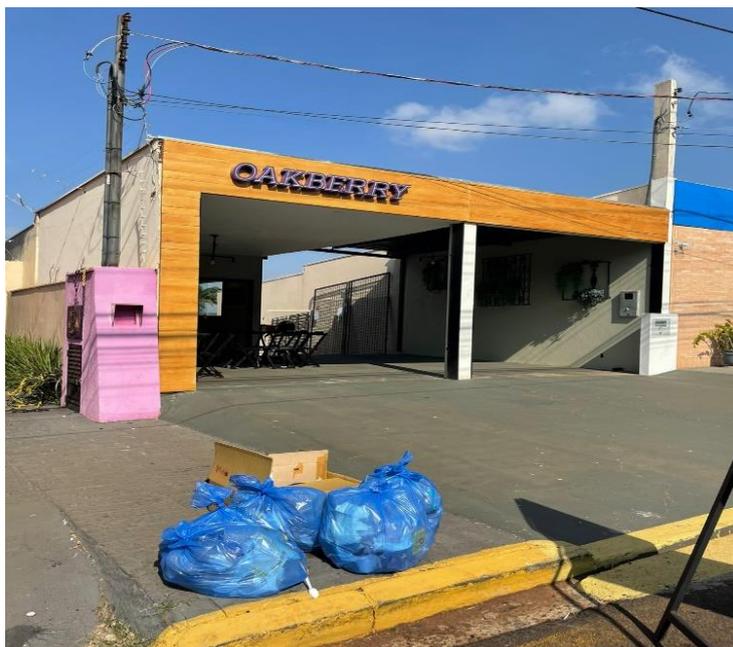
FIGURA 12 - Balança utilizada para realizar a pesagem dos resíduos sólidos



Fonte: Autor, 2022

- Depois de pesados os resíduos foram novamente dispostos em sacolas plásticas e encaminhados para coleta pública municipal, sendo estes dispostos na frente do estabelecimento comercial, conforme apresentado na Figura 13;

FIGURA 13 - Condicionamento para a coleta regular das sacolas plásticas na frente do estabelecimento comercial para coleta pública municipal



Fonte: Autor, 2022

- Os baldes plásticos que fazem parte dos resíduos do estabelecimento foram lavados manualmente e na sequência disponibilizados para coleta da cooperativa de reciclagem que realiza uma vez ao mês. Assim, estes resíduos são armazenados separadamente em um cômodo do estabelecimento (empilhados um sobre o outro) conforme apresentado na Figura 11.

4.2. ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UNIDADES COMERCIAIS DE AÇAÍ

De posse dos levantamentos obtidos na etapa anterior, foi possível realizar estimativa dos indicadores de geração de resíduos.

Os dados quantitativos foram registrados em formulário elaborado em planilha eletrônica, para formação do banco de dados. Estes foram analisados por meio de estatística descritiva, com cálculo de porcentagem e médias aritmética diária, semanal e mensal do quantitativo de resíduos gerados.

Assim sendo, as informações foram transcritas e categorizadas em formato de tabela, com o objetivo de dar significado ao processo descritivo. As observações sistemáticas foram utilizadas para confirmar evidências existentes na literatura em torno do tema em discussão.

Na sequência são apresentadas as fórmulas utilizadas para calcular os indicadores de geração de resíduos monitorados no estabelecimento comercial:

$$QGC = \frac{QMS}{NC} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

QGC = quantidade média gerada por cliente (kg/cliente);

QMS = quantidade em massa gerada no estabelecimento semanal (kg/semana);

NC = número de clientes atendidos durante a semana (cliente/semana).

$$QGV = \frac{QMS}{NV} \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

QGV = quantidade média gerada por venda (kg/venda);

QMS = quantidade em massa gerada no estabelecimento semanal (kg/semana);

NV = número de vendas atendidos durante a semana (venda/semana).

$$VFR = \frac{VF}{QMS} \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

VFR = valor financeiro pago pelo cliente por quilo de resíduo (R\$/kg de resíduo);

VF = valor financeiro arrecadado semanalmente no estabelecimento nas vendas junto aos clientes (R\$/semana);

QMS = quantidade em massa gerada no estabelecimento semanal (kg/semana).

4.3. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS MATERIAIS PLÁSTICO, PAPEL, PAPELÃO, LATA E RESÍDUOS ORGÂNICOS

Para elaboração de critérios para reutilização e disposição final dos materiais plástico, papel, papelão, lata e resíduos orgânicos o presente trabalho baseou em informações técnicas encontradas nas normas brasileiras (NBRs), bem como nas literaturas específicas de resíduos sólidos. De posse deste conhecimento preliminar foram elaborados documentos para elaboração dos referidos critérios para reutilização e disposição final dos resíduos gerados no estabelecimento comercial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

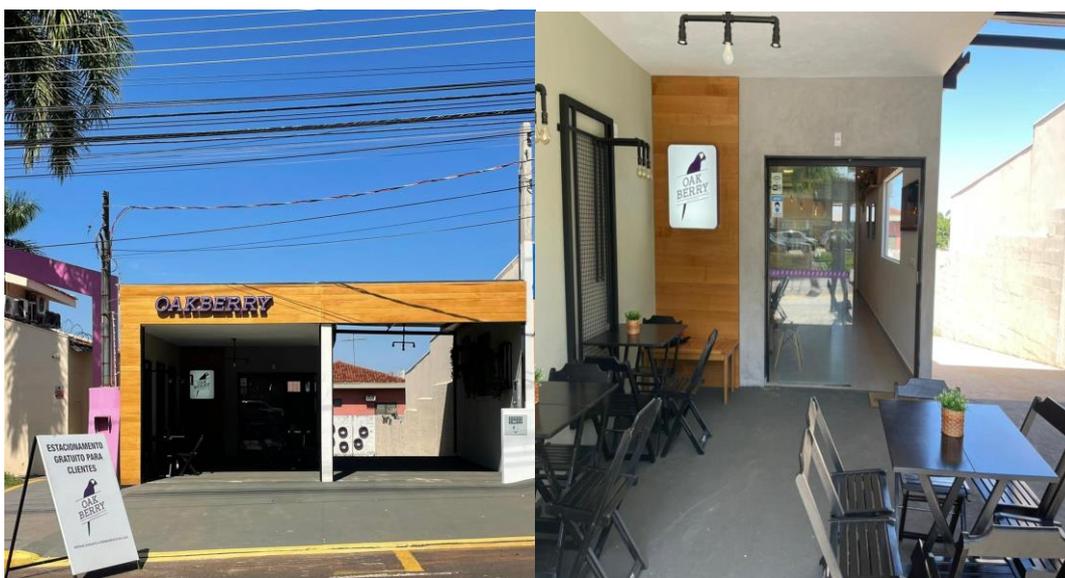
5.1. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Segundo dados da Embrapa, a movimentação da indústria de extrativismo e comercialização da “superfruta” — como também é chamado o açaí — tem como resultado anual mais de R\$ 40 milhões em receitas. O consumo de açaí aumenta a cada ano em 15%, e estima-se que apenas na capital do Pará, Belém, que é um dos maiores produtores da fruta, se consuma cerca de 300 mil toneladas anualmente (SEBRAE, 2022).

Loja de Açaí é um ponto de venda *sorbet* de açaí, fruta roxa, semelhante à jabuticaba, retirada em cachos da palmeira conhecida como açaizeiro. O uso e consumo de derivados da fruta originária da região norte do Brasil virou mania entre os praticantes de atividades físicas porque vale por uma refeição. Rica em minerais e vitaminas, é também muito calórica e deve ser evitada pelos sedentários. É um ótimo repositor de perdas energéticas, por isso é mais indicado para consumo depois de atividades físicas (SEBRAE, 2022).

Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas vistas do estabelecimento comercial do ramo alimentício (açaí) onde foi realizado o presente estudo.

FIGURA 14 - Vistas do estabelecimento comercial do ramo alimentício (açaí) onde foi realizado o presente estudo



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 15 - Vista interna do estabelecimento comercial do ramo alimentício (açai) onde foi realizado o presente estudo



Fonte: Autor, 2022

Nas Figuras 16 a 20 são apresentadas as principais matérias primas utilizadas no estabelecimento que são disponibilizadas para o consumo do alimento junto aos clientes.

FIGURA 16 - Matéria Prima - Pote onde armazena o Açai



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 17 - Copos para servir o Açai pelos clientes



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 18 - Copos para servir o Açaí pelos clientes



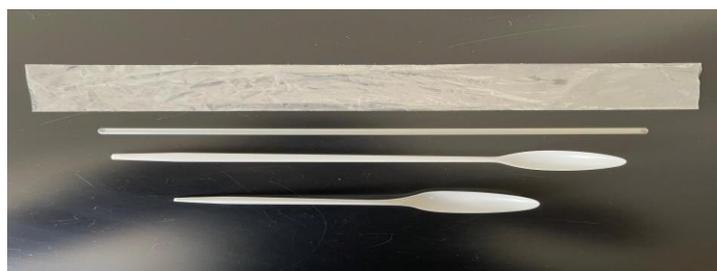
Fonte: Autor, 2022

FIGURA 19 - Copos para servir o Açaí pelos clientes



Fonte: Autor, 2022

FIGURA 20 - Talheres disponibilizados para os clientes para consumirem o Açaí



Fonte: Autor, 2022

Na Tabela 1 são apresentadas as quantidades de resíduos gerados no estabelecimento, por tipo de resíduo, durante o mês de maio do ano de 2022.

TABELA 1 - Quantidade de resíduos gerados por mês no estabelecimento comercial de Açai em estudo

Mês	Quantidade mensal (kg/mês)					
	Papelão	Papel	Alumí- nio	Orgânico	Plástico	Total
MAI	12,32	5,00	0,25	4,80	72,40	94,77
JUN	13,57	5,55	0,30	5,47	79,64	104,53
JUL	14,77	6,00	0,38	6,00	88,33	115,48
AGO	17,71	7,20	0,40	6,91	104,26	136,48
SET	20,46	8,30	0,42	7,97	120,18	157,33
TOTAL	78,83	32,05	1,75	31,15	464,81	608,59
MÉDIA	15,77	6,41	0,35	6,23	92,96	121,72

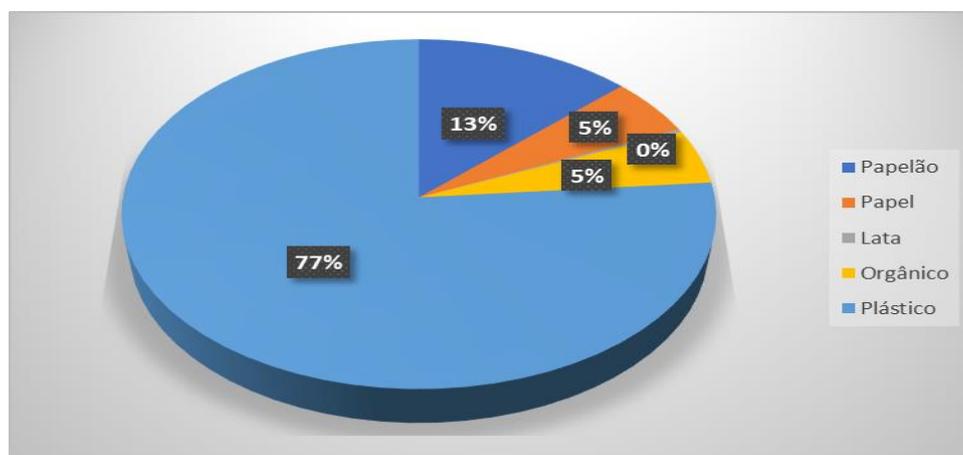
Fonte: Autor, 2022

Como mostra na Tabela 1, ao longo de 5 meses, foram gerados aproximadamente 608,59kg de resíduos no estabelecimento.

Ao analisar a geração por tipo de resíduo, percebe-se que o resíduo plástico representa o principal resíduo gerado na loja, ou seja, o resíduo é predominantemente de Classe II-A (não-inertes).

A Figura 21 é apresentada a proporção em porcentagem dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial de açai.

FIGURA 21 - Proporção dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial de açai



Fonte: Autor, 2022

Conforme apresentado na Figura 21 é possível notar que os resíduos plásticos apresentam uma geração muito maior do que todos os outros resíduos juntos, detendo o valor de 77% de toda geração.

Também é possível observar que a quantidade de resíduo orgânico é relativamente pequena, sendo responsável por apenas 5% de resíduos mensais. Este resíduo é justificado pelas sobras de matéria prima utilizada para consumo dos clientes, tais como cascas das bananas e cabeça do morango. Tais resíduos podem ser avaliados para serem utilizados no processo de compostagem, pois a sua separação é facilmente realizada.

Em termos de disposição final, pode-se concluir que as maiorias dos resíduos possuem potencial de serem reciclados, o que é a opção mais sustentável. Durante a pesagem no estabelecimento comercial, pode-se constatar que existe uma grande quantidade de resíduos sólidos que podem ser reciclados.

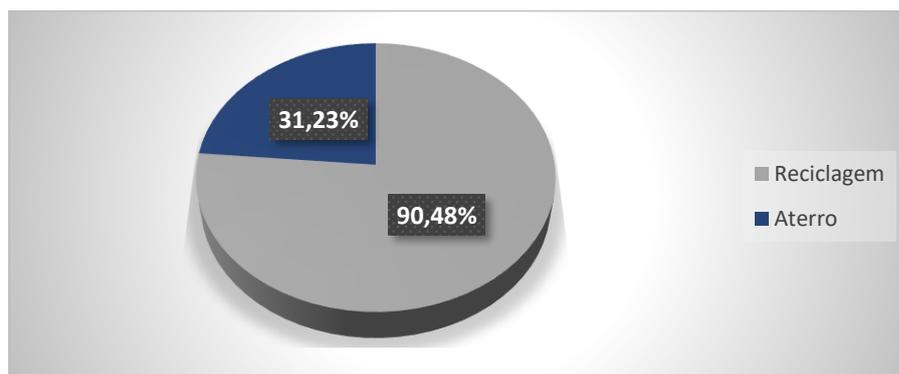
Na Tabela 2 são apresentadas as destinações finais atuais dos resíduos gerados no estabelecimento comercial em estudo. Observa-se que os resíduos plásticos já são coletados separadamente por empresa particular que passa com frequência semanal no estabelecimento para realizar a coleta seletiva.

TABELA 2 - Destinação atual dos resíduos gerados no estabelecimento

Mês	Quantidade (kg)	
	Reciclagem	Aterro
Maio	70,49	24,28
Junho	77,58	26,95
Julho	85,81	29,67
Agosto	101,52	34,96
Setembro	117,02	40,31
Total	452,42	156,17
Média	90,48	31,23

Fonte: Autor, 2022

A Figura 22 apresenta o percentual da quantidade em percentagem de resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial conforme sua destinação final. Observa-se que 26% do resíduo sólido gerado no estabelecimento é encaminhado para o aterro sanitário como forma de disposição final.

FIGURA 22 - Volume de resíduos por destinação

Fonte: Autor, 2022

Como mostra na Figura 22, a maioria dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento tem como disposição a reciclagem (papelão, alumínio e parte do plástico), sendo 90,48% dos resíduos destinados a esse fim, enquanto que 31,23% do volume total de resíduos gerados (papel, orgânicos e parte do plástico) são encaminhados para a coleta municipal.

Em média, apenas 31,23% de todo resíduo gerado na loja não possui uma destinação sustentável, porém essa reciclagem é feita por empresas privadas, por parte do poder público nada é feito.

5.2. ELABORAÇÃO DOS INDICADORES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM UNIDADES COMERCIAIS DE AÇAÍ

Conforme já apresentado, no mês de maio foram gerados 94,77 kg de resíduos sólidos no estabelecimento comercial. Neste mesmo mês foram realizadas 550 vendas no estabelecimento. Assim, aplicando a Equação 02, tem-se o indicador de 0,172 kg/venda. Ainda no mês de maio teve um faturamento total no valor de R\$ 17.617,54. Considerando que ocorreram 550 vendas no mesmo período, tem-se um ticket médio por venda no valor de R\$ 32,03. Para obter o indicador VFR (Equação 3) foi dividido o valor financeiro total pela quantidade de resíduo sólido gerado no mesmo período. Já para obter o indicador QGC (Equação 1), foi quantificado que o número de clientes atendidos foi igual a 1.000 unidades.

TABELA 3 - Indicadores da geração de resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial (açai)

Indicador	Valor
QGC (kg/cliente)	0,095
QGV (kg/venda)	0,172
VFR (R\$/kg de resíduo)	185,90

QGV = quantidade média gerada por venda (kg/venda);

QGC = quantidade média gerada por cliente (kg/cliente);

VFR = valor financeiro pago pelo cliente por quilo de resíduo (R\$/kg de resíduo);

Fonte: Autor, 2022

De posse do valor do indicador QGV, foi possível estimar a quantidade de resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial nos meses anteriores, conforme apresentado na Tabela 4, pois no balanço contábil do estabelecimento existem registrados os números de vendas realizadas nos referidos períodos.

TABELA 4 - Estimativa da quantidade de resíduos gerados no estabelecimento comercial (açai) para os meses de janeiro a abril do ano de 2022

Mês	Número de Vendas	QGV (kg/venda)	Quantidade de resíduos sólidos mensal (kg/mês)
Janeiro	633	0,172	108,88
Fevereiro	779		133,99
Março	1.023		175,96
Abril	741		127,45
Maio	550		94,77
Junho	588		101,14
Julho	668		114,90
Agosto	769		132,27
Setembro	916		157,55
Total	6.667		1146,91
Média			127,43

Fonte: Autor, 2022

Assim, é possível verificar a importância de se obter os referidos indicadores para estimativas futuras de gerações de resíduos sólidos gerados na unidade comercial de açai.

Desta forma, aplicando a mesma proporção dos resíduos caracterizados como papelão, papel, lata, orgânico e plástico foram estimados os respectivos quantitativos para os meses anteriores, conforme apresentados nas Tabelas 5 e 6.

TABELA 5 - Quantidade de resíduos gerados estimados por mês na unidade comercial

Mês	Quantidade mensal (kg/mês)					
	Papelão	Papel	Lata	Orgânico	Plástico	Total
Janeiro	14,15	5,46	0,20	5,24	83,84	108,88
Fevereiro	17,41	6,67	0,35	6,39	103,17	133,99
Março	22,87	8,79	0,56	8,25	135,49	175,96
Abril	16,56	6,37	0,29	6,09	98,14	127,45
Maió	12,32	5,00	0,25	4,80	72,40	94,77
TOTAL	83,31	32,29	1,65	30,77	493,04	641,06
MÉDIA	16,66	6,45	0,34	6,15	98,61	128,21

Fonte: Autor, 2022

TABELA 6 - Destinação dos resíduos gerados no estabelecimento

Mês	Quantidade (kg)			
	Compostagem	Reciclagem	Incineração	Aterro
Janeiro	0	81,42	0	27,46
Fevereiro	0	100,30	0	33,69
Março	0	131,83	0	44,13
Abril	0	95,37	0	32,08
Maió	0	70,49	0	24,29
Jun	0	66,01	0	38,52
Jul	0	72,98	0	42,5
Ago	0	86,37	0	50,11
Total	0	704,77	0	292,78
Média	0	88,09	0	36,59

Fonte: Autor, 2022

5.3. ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA REUTILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS MATERIAIS PLÁSTICO, PAPEL, PAPELÃO, LATA E RESÍDUOS ORGÂNICOS

De posse dos levantamentos obtidos nos itens anteriores, é apresentado na sequência o resumo dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento comercial do ramo alimentício (açai).

5.3.1. Destinação dos Resíduos Gerados no Estabelecimento Comercial

5.3.1.1. Resíduos Orgânicos Gerados no Estabelecimento Comercial

Um dos pontos que mais chamam atenção é em relação ao destino dos resíduos orgânicos.

Como mostrado anteriormente, 5% dos resíduos gerados no estabelecimento são orgânicos, estimando assim uma média de 6,15kg ao mês. Estes poderiam ser melhor explorados em sua disposição final, pois nenhuma parte dos resíduos orgânicos são destinados para compostagem.

O envio desses resíduos para aterro, tem um impacto enorme, pois sua decomposição pode afetar a qualidade do solo, da água e do ar.

5.3.1.2. Papel e papelão

Assim, sem uma gestão específica, o papel é descartado como resíduo comum e vai direto para aterros sanitários sem nenhuma triagem, eliminando a possibilidade de reciclagem. O papelão, por outro lado, é conhecido como “ouro negro” porque as lojas enviam papelão semanalmente para a gestão de resíduos. A principal fonte de papelão são as embalagens recebidas. A triagem do resíduo começa quando os funcionários da loja abrem as embalagens recebidas dos fornecedores para a utilização dos produtos no estabelecimento. Neste momento, os funcionários já direcionam as embalagens de papelão e plástico abertas para a área de gestão de resíduos, efetuando posteriormente para coleta de lixo.

5.3.1.3. Plásticos

Mensalmente, a cooperativa de catadores passa no estabelecimento, pesa e recolhe todos os baldes plásticos previamente lavados. Paga-se R\$1,10 pelo kg do plástico que depois de processado e reciclado é vendido por R\$3,00.

5.3.1.4 Outros Resíduos

Outros resíduos produzidos no estabelecimento não representam níveis de expressão que exijam manejo mais complexo. Por isso, são descartados diretamente em aterros sanitários mediante a coleta de lixo municipal.

5.3.2. Propostas de Melhorias Contínuas

a) Venda de Plástico e Papelão:

Além da doação do papelão e venda do plástico, claramente os resíduos de tecnologia podem ser reutilizados ou passíveis de aplicação de logística reversa, para diminuir o uso de matéria-prima em outros processos.

b) Educação Ambiental para os Colaboradores:

Os esforços para educar os funcionários sobre a necessidade e a importância de desenvolver um plano de gestão de resíduos precisam ser mais explorados. Geralmente, os colaboradores exercem as atividades que lhes são atribuídas sem compreender plenamente o valor e a importância que o consumo consciente e o descarte responsável desses resíduos muitas vezes trazem ao meio ambiente. Essa ação afeta não só a empresa, mas a sociedade como um todo. A capacitação é necessária para capacitá-los e conscientizá-los para que possam construir um ambiente mais sustentável.

6 CONCLUSÕES

Na sequência são apresentadas as conclusões parciais obtidas no presente trabalho.

O estabelecimento comercial do ramo alimentício (açai) gera aproximadamente 121,72kg de resíduos sólidos por mês. Deste total, 15,77 kg são papelões, 6,41 kg são papéis, 0,35 kg são metais, 6,23 kg são resíduos orgânicos e 92,96 kg são plásticos.

Foi possível notar que os resíduos plásticos apresentam uma geração muito maior do que todos os outros resíduos juntos, detendo o valor de 77% de toda geração. O resíduo plástico representa o principal resíduo gerado no estabelecimento comercial, sendo este um resíduo predominantemente de Classe II-A (não-inertes).

Também foi possível observar que a quantidade de resíduo orgânico gerado no estabelecimento é relativamente pequena, sendo constatado o valor de 6,23 kg por mês, o que representa 5% dos resíduos gerados no estabelecimento. Ressalta-se que estes poderiam ser melhores explorados em sua disposição final, pois nenhuma parte dos resíduos orgânicos são destinados para compostagem.

Foi possível constatar que a maioria dos resíduos sólidos gerados no estabelecimento tem como disposição a reciclagem, sendo 63,28% dos resíduos destinados a esse fim, enquanto que 36,72% do volume total de resíduos gerados são encaminhados para a coleta municipal.

Em média, apenas 37% de todo resíduo gerado no estabelecimento não possui uma destinação sustentável, porém essa reciclagem é feita por empresas privadas, por parte do poder público nada é feito.

Foi possível obter indicadores de resíduos sólidos gerados no estabelecimento, tais como:

- QGV = quantidade média gerada por venda (kg/venda) = 0,172 kg/venda;
- QGC = quantidade média gerada por cliente (kg/cliente) = 0,095 kg/cliente;
- VFR = valor financeiro pago pelo cliente por quilo de resíduo (R\$/kg de resíduo) = R\$ 185,90/ kg de resíduo.

Outros resíduos produzidos no estabelecimento não representam níveis de expressão que exijam manejo mais complexo. Por isso, são descartados diretamente em aterros sanitários mediante a coleta de lixo municipal.

REFERÊNCIAS

- ADRADOS, A.; MARCO, I.; CABALLERO, B. M.; LÓPEZ, A.; LARESGOITI, M. F. A.; TORRES, A. Pyrolysis of plastic packaging waste: a comparison of plastic residuals from material recovery facilities with simulated plastic waste. **Waste management**, New York, v. 32, n. 5, p. 826-832, May 2012. DOI: 10.1016/j.wasman.2011.06.016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X11002819?via%3Dihub>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- ALEXANDRE, G. **Redução do material orgânico do lodo final na fabricação de papel tissue através de otimização do processo**. Orientadora: Regina Weinschutz. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28577>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: from re-use to energy and chemicals. **Progress in energy and combustion science**, v. 36, n. 1, p. 103-129, Feb. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.09.001>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- AMARAL, D. S.; RODRIGUES, E. R. **Reciclagem no Brasil: panorama atual e desafios para o futuro**. Disponível em: <https://portal.fmu.br/noticias/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/#:~:text=De%20todo%20lixo%20produzido%20no,social%20e%20o%20desenvolvimento%20econ%C3%B4mico>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- AMERICAN Chemistry Council. Disponível em: <http://plastics.americanchemistry.com/Life-Cycle#production>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A.; 2009, Applications and societal benefits of plastics, **Philosophical transactions of the royal society B**, v. 364, n. 1526, p. 1977-1984, July 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- ANTUNES, P. B. **Direito ambiental**. Rio de Janeiro: GEN, 2011. p. 32.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST). **Aplicações das principais resinas plásticas**. 2011. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos Brasil: geração de resíduos chega a 82,5 milhões ton/ano no Brasil e aumenta 4% com brasileiro em casa durante a pandemia da Covid-19**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: resíduos sólidos – classificação**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO Brasileira do Alumínio (ABAL). **Cresce a reciclagem de latas de alumínio no mundo**. Disponível em: <https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/latinhas-campeas/>. Acesso em: 05 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (ABRALATAS). **A história de sucesso da lata de alumínio no Brasil e no Mundo**. Disponível em: http://www.abralatas.org.br/downloads/book_de_latas-abralatas_2004.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (ABRALATAS). **Desempenho do setor no Brasil. Revista da lata**, edição 2008. Disponível em: <https://www.abralatas.org.br/wp-content/uploads/2013/07/Revista-da-Lata-Desempenho-do-Setor-no-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-2008.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto Federal nº 5.940, de 25 de outubro de 2006**. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.107, de 06 de abril de 2005**. Normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm#:~:text=Art.,pessoa%20jur%C3%ADdica%20de%20direito%20privado. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.445%2C%20DE%205%20DE%20JANEIRO%20DE%202007.&text=Estabelece%20diretrizes%20nacionais%20para%20o,1978%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal 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. Disponível em: <https://sp.abrasel.com.br/noticias/noticias/lei-n-12.305-de-2-de-agosto-de-2010/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política nacional de educação ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.974, de 06 de junho de 2000.** Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9974.htm. Acesso em: 29 abr. 2022.

BRASIL. **Resolução RDC nº 20, de 26 de março de 2008.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre embalagens de polietilenotereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício) destinados a entrar em contato com alimentos”, Brasil. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2008/rdc0020_26_03_2008.html. Acesso em: 29 abr. 2022.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo.** 4. ed. São Paulo: Humanitas, 2003.

CARVALHO, I. A. **Invenção ecológica.** Porto Alegre: UFRGS, 2001.

CASTRO, M. B. de. **A reciclagem de alumínio no Brasil.** Rio de Janeiro: Desiderata, 2006

CENTRO de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). **Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos "aterros sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. 2004. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/-aba-hrefcepea-mmaphpdestaque-estudo-do-potencial-da-geracao-de-energia-renovavel-proveniente-dos-aterros-sanitarios-nas-regioes-metropolitanas-e-grandes-cidades-do-brasil-a-b.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CRITTENDEN, E.; KOLACZKOWSKI, I. **Waste minimization: a practical guide**. Reino Unido: Institution of Chemical Engineers, 1995.

DAVE, P. N.; JOSHI, A. K. Plasma pyrolysis and gasification of plastics waste: a review. **Journal of scientific and industrial research**, v. 69, n. 3, p. 177-179, Mar. 2010. Disponível em: [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/7375/4/JSIR%2069\(3\)%20177-179.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/7375/4/JSIR%2069(3)%20177-179.pdf). Acesso em: 10 abr. 2022.

ENVIRONMENTAL Protection Agency (EPA). **Recycling**. 2011. Disponível em: <https://www.epa.gov/recycle/recycling-basics>. Acesso em: 22 abr. 2022.

EPSTEIN, E. **The science of composting**. Florida: CRC Press LLC, 1997. 225p.

EUROPEAN COMMISSION. **Plastic waste in the environment: revised final report**. Apr. 2011. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.

HOBBS, G.; HALLIWELL, S. Recycling of plastics and polymer composites. **Polymer recycling**, n. 5, p. 23–29, Jan. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292867537_Recycling_of_plastics_and_polymer_composites. Acesso em: 22 abr. 2022.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. **Philosophical transactions of the royal society B**, v. 364, n. 1526, p. 2115-2126, July 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>. Acesso em: 22 abr. 2022.

INACIO, C. de T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM. 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

INSTITUTO de Biociências (IB). Disponível em: <https://www.ib.usp.br/coletaseletiva/saudecoletiva/reciclaveis.htm>. Acesso em: 12 abr. 2022.

JIVAGO, D. **Incineração de lixo**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ecologia/incineracao-do-lixo/>. Acesso em: 13 jun. 2022

LEGASPE, L. R. **O uso racional das sobras orgânicas urbanas na transformação alimentação humana, ração animal e adubo na CEAGESP São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis: ICTR, 2004. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/14/14-104.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

LEON, M. P. P. de. **Reciclagem sustentável e suas contribuições para um mundo melhor**. 2015. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/reciclagem-sustentavel-e-suas-contribuicoes-para-um-mundo-melhor/130254>. Acesso em: 05 jun. 2022.

LIU, Z. Q.; LIU Z. H.; LI, X. L. Status and prospect of application of municipal solid waste incineration in China. **Applied thermal engineering**, v. 26, n. 11/12, p. 1193-1197, Aug. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.07.036>. Acesso em: 05 jun. 2022.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 21. ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

MACKEY, G. A review of advanced recycling technology. **ACS Symposium Series**, v. 609, p. 161-169, May 1995. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-1995-0609.ch014#>. Acesso em: 05 jun. 2022.

MAGRINI, A. **Tópicos especiais análise energética e ambiental**: material de aula. Programa de Planejamento Energético, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, 2011.

MAGRINI, A.; OLIVEIRA, M. C. B. R. **Programa de planejamento energético**. Rio de Janeiro: UFRJ. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, 2011.

MILARÉ, É (coord.). **Ação civil pública**: Lei nº 7.347 - reminiscências e reflexões após 10 anos de aplicação. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1995. p.147-148.

NEW Energy Foundation (NEF). **New and renewable energy in Japan**. 2011. Disponível em: <https://www.nef.or.jp/english/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

OWEN, C. H. A. **Copper deficiency and toxicity, acquired and inherited in plants, animals, and man**. New Jersey: Noyes Publication, 1981.

PACHECO, E. B. V. *et al.* **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PARENTE, R. A. **Elementos estruturais de plástico reciclado**. Orientador: Libânio Miranda Pinheiro. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-19072006-095941/publico/2006ME_RicardoAParente.pdf. Acesso em: 26 abr. 2022.

PLASTICS Europe. **Plastics: the facts 2011**. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2011. Disponível em: <https://plasticseurope.org/fr/wp-content/uploads/sites/2/2021/11/2011-Plastics-the-facts.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

PRADO, L. R. **Crimes contra o ambiente**: anotações à Lei 9605/1998. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1998.

RIBEIRO, J. A. *et al.* **A reciclagem como uma ação econômica, social e ambiental**. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009.

ROSA, B. N. *et al.* **A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente**. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre, ABEPRO, PUCRS, 2005. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep1004_1116.pdf. Acesso em: 12 abr. 2022.

SANTOS, G. G. D. dos. **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos**: o caso da incineração e da disposição em aterros. Orientadores: Alessandra Magrini, Claudio Fernando Mahler. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/guilherme_santos.pdf. Acesso em: 12 abr. 2022.

SASSE, F.; EMIG, G. Chemical recycling of polymer materials. **Chemical engineering technology**, v. 21, n. 10, p. 777-789, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4125\(199810\)21:10%3C777::AID-CEAT777%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4125(199810)21:10%3C777::AID-CEAT777%3E3.0.CO;2-L). Acesso em: 12 abr. 2022.

SCHEIRS, J. **Polymer recycling: science, technology and application**. 7. ed. New York: Wiley-Blackwell, 1998.

SILVA, José Afonso da. **Curso de direito constitucional positivo**. 42. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

SILVEIRA, A. *et al.* A responsabilidade penal da pessoa jurídica e a Lei dos Crimes Ambientais. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 8, n. 141, 24 nov. 2003. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=4504>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SISTEMA de Informações Sobre a Indústria Química da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (SIQUIM/EQ/UFRJ). **Prospectiva tecnológica da cadeia produtiva de transformados plásticos. Prospectiva tecnológica da cadeia produtiva de embalagens plásticas para alimentos**. Rio de Janeiro: Secretaria de Tecnologia Industrial, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (STI/MDIC), 2003. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5499313-Prospectiva-tecnologica-da-cadeia-produtiva-de-transformados-plasticos.html>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SOARES, V. Plástico: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%: o uso do material revolucionou a indústria, mas também gerou acúmulo de lixo.

Correio Brasiliense, 22 jul. 2017. Disponível em:

https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml. Acesso em: 12 abr. 2022.

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímero.

Química Nova, v. 28, n. 1, fev. 2005, p. 65-72, 2005. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SUKSANKRAISORN, K.; PATUMSAWAB, S.; FUNGTAMMASAN, B. Co-firing of Thai lignite and municipal solid waste (MSW) in a fluidized bed: effect of MSW moisture content. **Applied Thermal Engineering**, v. 30, n. 17/18, p. 2693-2697, Dec. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.07.020>. Acesso em: 12 abr. 2022.

THE WORLD Bank. **What a waste**: solid waste management in Asia. Washington, D.C., May 2009. Disponível em:

<https://web.mit.edu/urbanupgrading/urbanenvironment/resources/references/pdfs/WhatAWasteAsia.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

THOMPSON, R. C.; MOORE, C. J.; SAAL, F. S.; SWAN, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. **Philosophical transactions of the royal society B**, v. 364, n. 1526, p. 2153-2166, July 2009.

Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>. Acesso em: 12 abr. 2022.