

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA**

VANESSA KEROLIN ARAUJO MEIRELES

**GESTÃO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS
PRODUZIDOS PELO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS:
TECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE**

MANAUS – AM

2016

VANESSA KEROLIN ARAUJO MEIRELES

**GESTÃO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS
PRODUZIDOS PELO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS:
TECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE**

Linha de Pesquisa: Dinâmicas Socioambientais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, sob orientação do Professor Dr. João Tito Borges.

MANAUS – AM

2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M514g	<p>Meireles, Vanessa Kerolin Araujo Gestão e tratamento dos resíduos plásticos produzidos pelo polo industrial de Manaus: tecnologias e sustentabilidade / Vanessa Kerolin Araujo Meireles. 2016 104 f.: il. color; 31 cm.</p> <p>Orientador: João Tito Borges Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>1. Resíduos. 2. Plásticos. 3. Polo Industrial de Manaus. 4. Gestão Ambiental. 5. Tratamento de Resíduos. I. Borges, João Tito II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
-------	--

APROVADA EM: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bosco Ladislau de Andrade

Profa. Dra Karime Rita e Souza Bentes

Profa. Dra. Kátia Viana Cavalcante

[...] o manejo ambientalmente saudável dos resíduos se encontra entre as questões mais importantes para a manutenção da qualidade do meio ambiente na Terra e, principalmente, para alcançar um desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável em todos os países. (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1995 [1992], p. 341) In: **Agenda 21, capítulo 21.**

DEDICATÓRIA

À minha família que apesar de humilde sempre valorizou os estudos. Ao meu pai que sempre sonhou ver os filhos formados e à minha mãe que trabalhou arduamente para dar suporte nos estudos dos filhos.

AGRADECIMENTOS

A jornada de busca do conhecimento é árdua e pesada. Abrir mão de necessidades presentes em busca de um sonho não é fácil, mas é amenizado ao lado de pessoas especiais, a quem agradeço de todo coração;

Ao meu Deus, que me protegeu de todo o mal e colocou em meu caminho pessoas especiais, que contribuíram para o meu sucesso nesta etapa da minha formação;

À agência financiadora da pesquisa, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que por meio da Universidade Federal do Amazonas, concedeu-me a bolsa de estudos para dedicação exclusiva à pesquisa;

Ao meu orientador João Tito Borges, Doutor em Engenharia Civil e profissional dedicado à gestão ambiental industrial, pela paciência e dedicação para realização desta pesquisa;

Aos professores e servidores do Centro de Ciências Ambientais, pela qualidade das aulas e pelo apoio dentro e fora da sala de aula, principalmente aos que foram mais que profissionais se tornando amigos;

À minha turma de Mestrado, que dentro e fora da sala de aulas sempre se mostrou unida, dando apoio uns aos outros, vai o meu maior agradecimento;

A Carlitos Luís Siteie, por me incentivar quando pensava em desistir e pelo apoio moral em todos os momentos;

Finalmente o meu agradecimento mais que especial vai a toda minha família com destaque ao meu pai Edivaldo Meireles, à minha mãe Antônia Lopes e aos meus três irmãos Valéria, Vinicius e Vitor.

RESUMO

O gerenciamento de resíduos sólidos industriais é um problema inerente a todos os processos produtivos, mesmo com o incentivo da legislação brasileira e das normas regulamentadoras o tratamento ambientalmente seguro ainda encontra barreiras gerenciais, técnicas e econômicas. Como é o caso do polo industrial de Manaus (PIM), que possui uma produção diversificada de resíduos sólidos, dos quais os recicláveis carecem de especial atenção devido ao seu valor agregado. A fim de favorecer o desenvolvimento sustentável da produção industrial no Amazonas essa pesquisa apresenta-se com o objetivo de caracterizar a tratabilidade dos resíduos plásticos produzidos pelas indústrias do Polo Industrial de Manaus e promover a sustentabilidade dos processos de tratamento e destinação final. A proposta é oferecer subsídios para que o problema ambiental seja enfrentado baseando-se no sistema de gerenciamento em ciclo fechado “do berço ao túmulo”, ações de gestão industrial que ponderem desde a produção até a destinação final. Utilizando uma metodologia exploratória e descritiva foi realizado o levantamento da gestão de resíduos sólidos do PIM e a influencia da industrialização nesse processo, a fim de analisar as potencialidades das resinas plásticas e o mercado de reciclagem de plásticos, através da matriz de SWOT foram identificados os pontos positivos e negativos do mercado local. Com enfoque na sustentabilidade foram avaliados os aspectos e impactos ambientais dos sistemas de tratamento de resíduos plásticos utilizados em Manaus entre eles: a disposição em aterro, a reciclagem mecânica e a incineração. Como propostas de inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para o tratamento e destinação de resíduos plásticos do PIM recomendou-se o uso da Produção-Mais-Limpa, a Bolsa de resíduos, a Logística Reversa e a Recuperação Energética.

ABSTRACT

The management of industrial solid waste is a problem inherent in all production processes. Even with the Brazilian legislation initiative and regulatory standards, environmentally safe waste treatment still encounters managerial, technical and economic barriers. In the case of the Polo Industrial Manaus (PIM), there is a diversified production of solid waste, including recyclables which require special attention because of their value. In order to promote the sustainable development of industrial production in the Amazon, this research is aimed at characterizing the treatability of plastic waste produced by Polo Industrial Manaus industries and promoting the sustainability of treatment and disposal processes. The proposal is to offer subsidies in order that the environmental problem be addressed based on the management system in a closed cycle "from cradle to grave", industrial management action considered from production to final disposal. A survey of solid waste management at PIM was carried out using an exploratory and descriptive methodology; identifying the influence of industrialization in the process of analyzing the potential of plastic resins and plastic recycling markets. Through the SWOT matrix positives and negatives of the local market were identified. With focus on sustainability, the environmental aspects and impacts of plastic waste treatment systems used in Manaus including: landfill provision, mechanical recycling and incineration were evaluated. As for technological innovation and sustainable alternatives for the treatment and disposal of plastic waste, PIM recommended the use of Production-Plus-Clean, Waste Bag, Reverse Logistics and Energy Recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema de produção em ciclo fechado.....	33
Figura 2- Mapa de delimitação do Distrito Industrial em Manaus.....	35
Figura 3 - Fluxograma de interação de sistemas de produção industrial e gestão de resíduos sólidos.....	57
Figura 4 - Interação entre atividades, aspectos e impactos ambientais.....	59
Figura 5- Fluxograma do processo de reciclagem de resíduos plásticos.....	67
Figura 6 - Fluxograma do ciclo de vida dos produtos do berço ao túmulo.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Crescimento da geração de resíduos entre os anos 2011 e 2013 segundo inventários de resíduos consolidados pela SUFRAMA.....	40
Gráfico 2 - Destinação dos resíduos sólidos entre os anos 2011 e 2013 segundo inventários de resíduos consolidados pela SUFRAMA.....	41
Gráfico 3 - Aplicação do plástico por tipo de resina no Brasil.....	46
Gráfico 4 - Distribuição da aplicação de resinas plásticas por setor da indústria.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração de resíduos do PIM em ton/ano.....	39
Tabela 2 - Identificação de resinas plásticas segundo a composição química.....	45
Tabela 3 - Evolução do mercado brasileiro de produção de termoplásticos em toneladas.....	50
Tabela 4 - Matriz SWOT do mercado de resinas plásticas em Manaus.....	53
Tabela 5 - Parâmetros de avaliação de impacto ambiental.....	60
Tabela 6 - Relação de resíduos recebidos para tratamento, reciclados e destinados a aterro ou incineração da recicladora 1.....	65
Tabela 7 - Levantamento dos aspectos e impactos ambientais da reciclagem de resíduos plásticos.....	68
Tabela 8 - Levantamento dos aspectos e impactos ambientais da destinação final de resíduos plásticos a aterro.....	75
Tabela 9 - Externalidades do processo de incineração.....	80
Tabela 10 - Levantamento dos aspectos e impactos ambientais da incineração de resíduos plásticos.....	83

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC - Agência Brasileira de Cooperação do Ministério de Relações Exteriores
ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS - Acrilonitrila-Butadieno-Estireno
ACV - Análise de Ciclo de Vida
ALC - Áreas de Livre Comércio
AIA - Avaliação de Impactos Ambientais
BD_IR - Banco de Dados do Inventário de Resíduos Sólidos Industriais
CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem
CIEAM - Centro da Indústria do Estado do Amazonas
CNI - Confederação Nacional da Indústria
COGEX - Coordenação Geral de Comércio Exterior
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPA - *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental Americana)
EUA - Estados Unidos da América
FIEAM - Federação das Indústrias do Estado do Amazonas
FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GEE - Gás de Efeito Estufa
GRI - Grupo de Gerenciamento de Resíduos Industriais da SUFRAMA
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDC - Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAAM - Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
ISO - *International Organization for Standardization*
JICA - Agência Japonesa de Cooperação Internacional
NBR - Norma Brasileira Regulamentadora
ONG - Organização Não Governamental
PA - Poliamidas
PC - Policarbonatos
PCI - Potencial Calorífico para Incineração
PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEBD - Polietileno de Baixa Densidade
PELBD - Polietileno Linear de Baixa Densidade
PET - Politereftalato de Etileno
PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PIM - Polo Industrial de Manaus
P+L - Produção Mais Limpa
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP - Polipropileno
PS - Poliestireno
PTFE - Fluoropolímeros
PU - Poliuretanos
PVC - Policloreto de Vinila
RCC - Resíduos da Construção Civil
RI - Resíduos Industriais
RS - Resíduo Sólido
RSS - Resíduos de Serviços de Saúde
RSU - Resíduos Sólidos Urbanos
SEMMAS - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMULSP - Secretaria Municipal de Limpeza e Serviços Públicos
SGI - Sistema de Gestão Integrado
SIBR - Sistema Integrado das Bolsas de Resíduos Nacional
SIMPLAST - Sindicato de Indústrias de Material Plástico de Manaus
SINDIPLAST - Sindicato da Indústria de Material Plástico
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SPVEA - Superintendência de Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus
TAC - Termo de Ajustamento de Conduta
UNCED - *United Nations Conference on Environment and Development*

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	14
2.	Objetivos.....	17
2.1.	Objetivo Geral.....	17
2.2.	Objetivos Específicos.....	17
3.	Metodologia.....	18
4.	CAPÍTULO I.....	21
4.1.	Industrialização e gestão sustentável dos resíduos sólidos.....	21
4.2.	Gestão de resíduos sólidos do polo industrial de Manaus.....	34
5.	CAPÍTULO II.....	43
5.1.	De resinas a resíduos: o mercado de plásticos.....	43
6.	CAPÍTULO III.....	55
6.1.	Levantamento de aspectos e impactos ambientais de sistemas de tratamento de resíduos plásticos.....	58
	a) Reciclagem mecânica.....	62
	b) Disposição em aterro.....	70
	c) Incineração.....	78
6.2.	Inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para o tratamento e destinação de resíduos plásticos aplicáveis a Manaus.....	85
	a) Produção Mais Limpa.....	86
	b) Bolsa de Resíduos.....	87
	c) Logística Reversa.....	88
	d) Recuperação Energética.....	92
7.	Conclusão.....	95
	Referências Bibliográficas.....	98

1. INTRODUÇÃO

A poluição gerada pelos resíduos sólidos industriais é um problema ambiental global, devido à complexidade de sua composição, o que motivou a discussão sobre os problemas ambientais gerados por esses resíduos e a necessidade de buscar um equilíbrio entre o consumo de recursos naturais, a produção industrial e a qualidade ambiental. Neste contexto surgem o paradigma do desenvolvimento sustentável e a gestão ambiental preocupados com a qualidade de vida das “gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem a suas necessidades” (RELATÓRIO BRUNDLAND, 1987 *Apud* SEIFFERT, 2007). Dessa forma esses dois conceitos propõem que a sociedade venha a encontrar alternativas proativas para o controle econômico, social e ambiental em seus processos e tratar as sobras e resíduos da produção industrial de forma a amenizar os passivos ambientais.

Partindo de Simião (2011) e Kipper (2013), pode-se afirmar que os Sistemas de Gerenciamento de Resíduos foram criados com o intuito de diminuir os impactos ambientais inerentes às atividades industriais, em busca de sistematizar as etapas desde a geração até o tratamento ou destinação final dos mesmos. De maneira a identificar, controlar, e minimizar, os impactos ambientais causados pela geração de resíduos industriais.

O conflito existente entre a gestão integrada de resíduos sólidos e a sinergia com atividades industriais potencialmente poluidoras é um desafio a ser vencido, para se atingir patamares de sustentabilidade. A dicotomia entre a produção industrial e a proteção ao meio ambiente é um ponto extremamente sensível para o desenvolvimento sustentável, visando à melhoria da qualidade ambiental e a proteção da saúde humana. Dentro do atual cenário que nos encontramos parar de gerar resíduos é impossível, pois os resíduos são inerentes às atividades humanas, mas é possível além de reduzir a geração, tratar de maneira adequada minimizando os impactos ao meio ambiente.

O tratamento adequado dos resíduos industriais gera oportunidades de negócios, que podem dar solução para milhares de toneladas de resíduos produzidos anualmente, que por muitas vezes, não recebem um tratamento eficiente e ecologicamente correto impactando a qualidade socioambiental da região.

Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente em 2010 apontam que o Brasil perde cerca de R\$ 8 bilhões por ano quando

deixa de reciclar todo resíduo reciclável que é encaminhado para aterros e lixões nas cidades brasileiras (IPEA, 2010).

Por sua vez, dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE)¹ apontam que, em 2013, a coleta, triagem e o processamento dos materiais em indústrias recicladoras geraram um faturamento de mais de R\$10 bilhões (CEMPRE Review, 2013).

Os resíduos recicláveis, em especial o plástico, são considerados subprodutos, pois possuem valor econômico agregado e uma cadeia de produção (reciclagem) que envolve fatores sociais, ambientais e políticos. Com uma cadeia de reciclagem sistematizada para geração de nova matéria-prima, evita-se a perda econômica e danos ao meio ambiente por disposição inadequada de resíduos e extração de novos recursos naturais.

Segundo a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) e a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), (2010), em Manaus mesmo passível de reciclagem, parte do resíduo plástico produzido pelo Polo Industrial de Manaus (PIM) não é reciclado, sendo destinado a aterro ou incineração, contribuindo para intensificar os impactos ao meio ambiente. Segundo o inventário de resíduos referente ao ano de 2013 da SUFRAMA, 43% dos resíduos industriais gerados pelo PIM foram tratados, 32% foram reciclados e 25% foram encaminhados para disposição final. Diante desse quadro surgem as questões: porque o resíduo passível de reciclagem não é reciclado? E se não é reciclado, que tratamento recebe? Quais os critérios de seleção dos resíduos que são encaminhados para disposição final?

Como objeto de estudo, foi abordado o tratamento dos resíduos plásticos produzidos pelo Polo Industrial de Manaus que, de acordo com o IPEA (2010), representa aproximadamente 13% da produção total de resíduos do país, sendo este um resíduo inerte com grande potencial para recuperação.

A gestão adequada de resíduos plásticos faz a transformação de material inservível em matéria-prima para a produção de novos bens, diminuindo a pressão sobre o consumo de recursos naturais, os impactos ao uso do solo para disposição de resíduos em aterros, problemas de saúde pública e poluição das águas.

O PIM é um grande gerador de resíduos plásticos e conhecer o processo de destinação destes resíduos é uma oportunidade de melhoria para o sistema de gestão de resíduos industriais de Manaus. Além de identificar as falhas operacionais dos processos de gestão, a proposta deste estudo é promover a discussão sobre a urgente necessidade de melhorias nos

¹ Associação empresarial brasileira dedicada à promoção da reciclagem e gestão integrada de resíduos.

processos de gestão, gerenciamento e destinação dos resíduos do PIM, além de propor alternativas que venham a reduzir os impactos deste resíduo ao ambiente. Esta pesquisa se apresenta como instrumento do conhecimento para que entes públicos, privados e atores envolvidos na gestão ambiental da cidade possam conhecer com maior detalhe como funciona a destinação de resíduos plásticos e quais os fatores que influenciam esse processo.

A pesquisa está estruturada em três capítulos: O capítulo I aborda a industrialização e gestão sustentável dos resíduos sólidos, onde se descreve a evolução da industrialização no Brasil com sua influência na geração de resíduos sólidos e o funcionamento da gestão de resíduos sólidos do polo industrial de Manaus, com a caracterização da área de estudo. O segundo capítulo trata o plástico como matéria-prima e sua transformação em resíduo sólido para o mercado de reciclagem. E por fim, no terceiro capítulo, fez-se o levantamento dos aspectos e impactos ambientais dos sistemas de tratamento de resíduos plásticos utilizados em Manaus (reciclagem mecânica, aterro e incineração), com propostas de inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para o tratamento e disposição final de resíduos plásticos do polo industrial de Manaus.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a tratabilidade dos resíduos plásticos produzidos pelas indústrias do Polo Industrial de Manaus e a sustentabilidade dos processos de tratamento e destinação final.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1 - Apresentar as influências da evolução da industrialização brasileira na geração de resíduos sólidos e como é realizada a gestão dos resíduos sólidos do Polo Industrial de Manaus-AM;

2- Analisar as potencialidades das resinas plásticas e o mercado de reciclagem de polímeros.

3- Avaliar a sustentabilidade das técnicas de reciclagem, disposição final em aterro e incineração dos resíduos plásticos industriais de Manaus e propor inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para gestão de resíduos do PIM.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva. Baseada em Gil (2008), que a descreve como “*pesquisas exploratórias desenvolvidas com o objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato*”. Esse tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

Com uma perspectiva qualitativa, destaca-se o uso do estudo de caso como procedimento técnico para investigação. O estudo de caso possui um aspecto abrangente, pois encadeia uma lógica própria desde o planejamento à análise de dados, podendo ser de um único caso ou múltiplos (YIN, 2013).

Segundo Gil (2008), o delineamento de um estudo de caso se baseia na formulação do problema, seguido da definição da unidade-caso, a quantidade, com a elaboração do protocolo, a coleta dos dados com a posterior avaliação e análise, finalizando com a preparação do relatório.

O levantamento bibliográfico foi feito inicialmente para perceber o contexto que se encontra o tema e as diferentes abordagens sobre o assunto. A pesquisa bibliográfica é também conhecida como fonte de evidências, dados secundários ou dados de papel por Yin (2010), recomendando o uso conjugado de documentos para validação da pesquisa ou uso de “*múltiplos dados secundários (Ludke e André, 1986)*”. Foram consultadas as seguintes obras: Bartholomeu e Caixeta-Filho (2011); Boff (2012); Candian (2007); Costa (2015); Filho e Berté (2008); Fraxe *et al* (2011); Leff (2011); Léna e Nascimento (2012); Maimon (1996); Milanez (2002); Oliveira (202); Rivas (2008 e 2014); Rolim (2000); Sanchez (2008); Santomauro (2015); Sant Anna (20015); Seiffert (2007); Toccheto, (2009); Veiga (2010); Zanin, e Mancini (2009); Zanta (2003); e outros.

Foram consultados documentos secundários (relatórios, inventários, licenças ambientais e outros) assim como documentos descritivos produzidos por órgãos ambientais e associações ligadas ao tema: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST); Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE); Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia (IPAAM); Ministério do Meio Ambiente (MMA); Instituto de Inteligência

Socioambiental Estratégico da Amazônia (PIATAM); Sindicato de Indústrias de Material Plástico (SINDIPLAST); SUFRAMA; e outros.

Por se tratar de uma pesquisa também descritiva, caracterizou-se o fenômeno para estabelecer relações entre as diversas influências do fluxo de geração do resíduo plástico até o tratamento ou disposição final.

Os dados bibliográficos e documentais foram obtidos em publicações acadêmicas, *sites* de organizações reguladoras, órgãos responsáveis pela gestão de resíduos sólidos industriais na cidade de Manaus e nas empresas de tratamento de resíduos plásticos entre os anos de 2014 e 2016.

A estimativa da geração de resíduos do PIM foi baseada nos dados disponibilizados pelo inventário anual de resíduos sólidos industriais do polo industrial de Manaus, fornecido pela SUFRAMA com base nos anos 2011 (publicado em 2012) e 2013 (publicado em 2014). As informações sobre resinas e resíduos plásticos foram obtidas em relatórios e documentos empresariais elaborados por indústrias de transformação de plástico.

Para análise do mercado de reciclagem de plástico industrial de Manaus foram utilizados dados secundários dos sindicatos, associações e organizações nacionais que regulam e fazem a gestão do mercado de resinas plásticas (virgens e recicladas), assim como informações e dados locais obtidos em campo. Como instrumento de análise foi utilizado a matriz de *SWOT*, desenvolvida nas escolas de administração dos Estados Unidos nos anos 60 com o objetivo de identificar os fatores que promovem a competitividade de mercados ou organizações. (AZEVEDO e COSTA *Apud* GHEMAWAT, 2000).

A matriz de *SWOT* identifica os pontos fortes (Strengths) e fracos (Weaknesses) da atividade de reciclagem e as iminentes ameaças (Threats) e oportunidades (Opportunities), permitindo ao pesquisador descrever o cenário atual de uma organização e avaliar os pontos de melhoria que necessitam de atenção especial para o desenvolvimento organizacional.

As empresas licenciadas na cidade de Manaus para tratamento e destinação final de resíduos plásticos são fiscalizadas pelo órgão ambiental regulador do estado do Amazonas, o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), onde foi realizado levantamento das licenças ambientais de empresas recicladoras e de incineração de resíduos plástico vigentes em 2015. A partir da lista de empresas licenciadas para as atividades de interesse escolheu-se as mais influentes e que absorvem uma grande parcela de resíduos plásticos produzidos no PIM. Por se tratarem de empresas privadas, as mesmas foram identificadas apenas com o

pseudônimo do tratamento que realizam Recicladora 1, Recicladora 2 e Incineradora 1. O aterro de Manaus, por ser do município, gerido pela Secretaria Municipal de Limpeza Pública (SEMULSP) forneceu os dados de entrada de resíduos e manutenção do aterro durante visita técnica.

Com a seleção das empresas e liberação do uso de informações, através do termo de consentimento livre e esclarecido, autorizado pelos responsáveis técnicos para fornecimento de dados foi realizado o trabalho exploratório nas empresas de tratamento de plástico. O delineamento da pesquisa se deu com a abordagem de *Survey*² através do levantamento de campo e observação direta das atividades, sem interferência. As visitas técnicas foram realizadas com o acompanhamento dos responsáveis da área ambiental para coleta de dados primários, nessa ocasião, foram abordadas informações sobre: levantamento socioeconômico e ambiental do processo produtivo da empresa, quantidade de resíduo recebido, número de funcionários envolvidos, procedimentos de trabalho, tecnologias aplicadas ao processo de tratamento do plástico, entre outros.

A partir da descrição dos processos de tratamento foi possível identificar os aspectos e impactos ambientais das principais atividades desenvolvidas no processo. Foram então reconhecidos os impactos econômicos e sociais positivos das atividades de tratamento de resíduos, tais como: geração de emprego, movimentação econômica, recuperação de resíduos, e outros, mas para esta análise desta pesquisa foram destacados os impactos negativos que caracterizam cada atividade. Utilizou-se como metodologia de análise a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) desenvolvida por Sánchez (2008), para descrever e classificar os impactos ambientais decorrentes de processos de engenharia e atividades humanas.

Após identificação e classificação dos mais significativos impactos dos sistemas de tratamento de polímeros disponíveis em Manaus, foram sugeridas tecnologias e alternativas sustentáveis que podem amenizar os impactos e melhorar a gestão de resíduos industriais do Polo Industrial de Manaus.

As alternativas tecnológicas e sustentáveis sugeridas para gestão dos resíduos sólidos de Manaus, são técnicas já difundidas no mercado brasileiro, mas que no decorrer da pesquisa identificamos como pontos positivos que se inseridos nos processos industriais do PIM podem melhorar significativamente a qualidade dos sistemas de gerenciamento de resíduos.

² As pesquisas deste tipo caracterizam-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. À medida que as próprias pessoas informam acerca de seu comportamento, crenças e opiniões, a investigação torna-se mais livre de interpretações calcadas no subjetivismo dos pesquisadores. (GIL, 2008).

4. CAPÍTULO I

4.1. INDUSTRIALIZAÇÃO E GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A geração de resíduos é fruto da vida social humana e passou a causar modificações no ambiente a partir do sedentarismo humano, quando populações antes nômades, passaram a estabelecer residência fixa e por consequência acumular resíduos (IBDC, 2005). Os resíduos que antes eram em maioria orgânicos como: resto de alimentos, pele de animais e excrementos, foram modificados conforme a evolução da vida em sociedade e acompanham, até hoje, o progresso da industrialização.

Para Eigenheer (2009); Velloso (2008) e Luiz *et al* (2010), os resíduos sólidos representam um dos problemas ambientais mais antigos da humanidade, que se mostra ainda hoje como uma das grandes preocupações da modernidade. A geração de resíduos tem aumentado significativamente nas últimas décadas, devido o crescimento populacional, a intensificação da industrialização, o consumo de bens não duráveis, entre outros fatores.

A geração de resíduos industriais no Brasil está entrelaçada com a história de desenvolvimento do país, desde os ciclos econômicos de exploração extrativista em larga escala, pecuária, mineração, até a consolidação da indústria. De acordo com Andrade (2014), foi a partir de 1930 que a industrialização por meio de um processo histórico-social através da indústria fabril se tornou economicamente predominante no país.

Segundo o IBGE (2010) nos anos 50, quando o crescimento industrial ganhou maiores proporções, a população brasileira era de cerca de 51.944.397 habitantes, dos quais 36% estavam em áreas urbanas, enquanto 64% viviam em zona rural.

Arbix (2000), afirma que foi durante o governo de Getúlio Vargas (1930 -1945), que a indústria brasileira teve grande incentivo e impulsionou o crescimento do país. Com a intenção de fortalecer a indústria nacional foram criadas leis, incentivos fiscais, regulamentação do mercado de trabalho, medidas protecionistas e investimentos em infraestrutura.

Para Côrtes (2011), o processo de industrialização no país não se deu de maneira homogênea, a princípio foram feitos investimentos principalmente nos centros urbanos do

sudeste do país, em atividades ligadas ao setor cafeeiro e outras atividades com o uso de baixa tecnologia, como setor têxtil, alimentício, além de fábricas de sabão e velas. Esses investimentos incluíam urbanização, criação de portos, rodovias, ferrovias, geração de energia elétrica, entre outros. Em 1956 no governo de Juscelino Kubistchek, após medidas alfandegárias, muitas indústrias internacionais instalaram-se no Brasil, influenciando o crescimento da economia brasileira, da população e da produção industrial.

A economia e a população do país cresceram sem que houvesse, paralelamente, a ampliação da capacidade de gestão dos problemas acarretados pelo aumento acelerado da concentração populacional nas cidades. Os polos de atração econômica viram-se desestruturados para atender a demandas cada vez maiores por moradia, transporte, emprego, escolas e serviços de saúde para uma população que não parava de migrar para aglomerados sem estrutura urbana de saneamento básico.

De acordo com o IBGE (2010), a população brasileira em 2010 chegou a 190.732.694 pessoas, um crescimento de mais de 150% da população em comparação a 1950. Com o crescimento da população a necessidade de acesso a recursos naturais para produção industrial e a geração de resíduos aumentaram em proporção direta.

Por isso Balter (2015) afirma que nos últimos anos a economia brasileira cresceu acompanhada do aumento do poder aquisitivo, do consumo e, por conseguinte dos danos ao meio ambiente. Medidas de facilidade de crédito e acesso a seguros sociais e programas de auxílio para complementação da população de baixa renda aumentaram o consumo de produtos industrializados. O consumo, por sua vez, é o fator preponderante para a extração de matéria-prima, processamento, produção, distribuição, geração de resíduos, tratamento e disposição final. O aumento do consumo influencia todas as fases de extração de recursos naturais, produção e pós-consumo de um material. O crescimento da geração de resíduos sólidos no Brasil não foi acompanhado de planejamento e gestão adequada, gerando historicamente um passivo ambiental significativo.

A intensa geração de resíduos sólidos superou até mesmo o crescimento populacional mundial. No século XX, a população mundial cresceu menos que o volume de lixo por ela produzido. Nas últimas décadas do século XX, a população do planeta aumentou 18% e a quantidade de lixo sobre a terra passou ser 25% maior (RIBEIRO e MORELLI, 2009).

Para Barros (2013), a preocupação com os impactos ambientais da geração de resíduos sólidos teve início no em 1976, com a criação da Lei de Conservação e Recuperação de

Recurso (*Resource Conservation and Recovery*) pela *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental Americana- EPA) nos Estados Unidos da América, uma legislação com o objetivo de enfrentar o enorme e crescente volume de resíduos sólidos gerados pelo país (EUA). Medidas semelhantes foram mundialmente difundidas por meio de conferências internacionais de proteção a vida e ao meio ambiente.

Documento do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (IPEA, 2010) refere que a intensificação da industrialização no país e o crescente apelo ambiental internacional, desde a conferência de Estocolmo, em 1972, fizeram o Brasil se comprometer a investir em ações de controle e minimização dos impactos ao meio ambiente. O resultado disso foi maior rigidez no controle de ações potencialmente impactantes ao meio ambiente, a fim de atenuar a poluição industrial através da criação de leis, normas, padrões de qualidade, gerenciamento de riscos ambientais, estabelecimento de indicadores de sustentabilidade e promoção de políticas públicas.

Considera-se poluição industrial “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio-ambiente, causadas por qualquer forma de energia ou de substância, sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos despejados pelas indústrias, em níveis capazes, direta ou indiretamente, de: prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a outros recursos naturais” (BRASIL, nº 76.389, de 1975).

Com a ação predatória do crescimento industrial brasileiro, estudar os agentes impactantes deste crescimento tornou-se um fator decisivo para avaliar a sustentabilidade socioambiental da produção econômica do país, e um dos agentes que merece especial atenção é a questão dos resíduos sólidos.

Hoje o Brasil possui uma rigorosa legislação ambiental para a gestão e o tratamento de resíduos, instrumentos de regulação para o controle dos impactos ao meio ambiente e regulação das atividades potencialmente poluidoras. O problema é, muitas vezes, a fragilidade na aplicação e fiscalização dessas leis o que torna ineficiente o controle ambiental.

A Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988), principal instrumento de regulação do país, trata as questões ambientais como universais ao descrever no Artigo 225 que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A Política Nacional do Meio Ambiente, lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), foi a primeira lei brasileira a prever punição para o causador de um dano ao meio ambiente e define o “princípio do poluidor pagador”. Que alega que cada gerador é responsável pela manipulação e destino final de seu resíduo, sendo obrigado a indenizar danos ambientais que causar, independentemente da culpa, impondo ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar prejuízos causados.

A Lei de Crimes Ambientais nº 9.605 (BRASIL, 1998), é uma das mais importantes quanto à responsabilização dos agentes impactantes, pois dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e trata de forma administrativa, civil e criminal os impactos cometidos ao meio ambiente por pessoas físicas e jurídicas. No Art. 54 criminaliza a poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora, estando o responsável sujeito a pena de reclusão, de um a quatro anos, e multa. A lei considera o potencial de poluição de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, detritos, óleos ou substâncias oleosas, que são proibidos de serem lançados diretamente no ambiente.

São considerados como crimes ambientais crimes contra a fauna, a flora, poluição, crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural e crimes contra a administração ambiental e infrações administrativas. A gestão inadequada dos resíduos sólidos encaixa-se como crime de poluição, pois tem potencial que provocar danos à saúde humana, mortandade de animais e destruição significativa da flora. Lei De Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

Em 2010 foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS Lei nº 12.305, (BRASIL, 2010), que representa um grande progresso para o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. Além de deliberações, contém instrumentos importantes para permitir o avanço e o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados à má gestão dos resíduos sólidos.

Na PNRS é prevista a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, assim como a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos.

A política nacional de resíduos sólidos prevê a criação de medidas de desoneração tributária para produtos recicláveis e reutilizáveis, além de linhas de crédito para financiamento e implantação de projetos de produção mais limpa. Setores produtivos que

gerenciam adequadamente seus resíduos também serão beneficiados. A política também institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na logística reversa dos resíduos.

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

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda estabelece a diferença entre resíduo e rejeito (lixo). Descrevendo os resíduos como passivo de reciclagem e com valor agregado em cadeias de produção. E define rejeito, ou lixo, como descarte final dos processos de tratamento, material que não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

A palavra lixo vem do latim *lix*, que significa cinzas e resíduo vem de *residuu*, que em latim, significa sobra de terminada substância. Etimologicamente é demonstrada a diferença entre as definições e seu significado, e assim devem ser tratados na prática do gerenciamento de resíduos.

Ribeiro e Morelli (2009), consideram lixo como todo e qualquer material sólido que sobra das atividades humanas, ou proveniente da natureza, que já não atende as necessidades para que foi criado. O que se joga fora, o que é sujo, inútil, velho, que perdeu sua utilidade e não pode ser reciclado e que julgam não ter mais qualquer valor comercial.

De acordo com Barros (2013) a *Environmental Protection Agency* Norte Americana (EPA) classifica os resíduos (materiais) industriais em três categorias, com o objetivo de fomentar a reciclagem de resíduos gerados no próprio processo de produção, sem passar por nenhum processo de recuperação para uso, como segue:

- Resíduos usados como matéria-prima: material utilizado diretamente como matéria-prima em um processo produtivo;
- Resíduo utilizado como substituto do produto: material diretamente utilizado como um substituto eficaz para um produto comercial;

— Resíduo de retorno para o processo produtivo: material devolvido diretamente no processo de produção, para uso como matéria-prima.

A EPA preconiza que resíduos gerados no processo de produção que possuam suas características originais, não contaminados, são na verdade materiais que devem ser reinseridos no processo. Caso não exista a possibilidade de reinseri-los diretamente, ou se necessitarem de recuperação são considerados resíduos sólidos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-NBR 10.004/2004), norma brasileira de regulamentação dedicada à classificação de resíduos sólidos considera os resíduos sólidos como sendo.

Resíduos em 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT-NBR 10.004, 2008).

Atualmente o consumo de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de resíduos. Entre os anos de 2012 e 2013 a geração de resíduos no Brasil teve um acréscimo de 4,1% na quantidade total gerada. Em 2012 a geração anual foi de 201.058 ton/dia e a média de geração por habitante era de 1,037 Kg/dia, em 2013 a geração anual foi de 209.280 ton/dia e a média de geração por habitante passou a ser de 1,041 Kg/dia (ABRELPE e IBGE, 2013).

A partir da geração dos resíduos, os mesmos devem prioritariamente ser identificados e classificados por meio da sua composição físico-química e da fonte geradora para que possam ser corretamente gerenciados sem causar riscos a saúde humana e perda de qualidade ambiental.

Segundo a NBR 10.004 (2004), os resíduos sólidos são classificados em dois grupos: perigosos (classe I) e não perigosos (classe II, A e B), sendo ainda este último grupo subdividido em não inerte e inerte.

Resíduos perigosos (classe I), apresentam uma ou mais das seguintes características: de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, carcinogenicidade, toxicidade, patogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, representando significativo risco a saúde humana e à qualidade ambiental.

Para Ribeiro e Morelli (2009), os resíduos perigosos são os maiores responsáveis pelas agressões ao meio ambiente, pois são compostos por substâncias que ameaçam os ciclos naturais dos locais onde são despejados, causando a perda de biodiversidade e contaminação do meio ambiente.

Resíduos não perigosos (classe II), são subdivididos entre não inertes e inertes, esses resíduos não apresentam nenhuma das características dos perigosos. Os resíduos não inertes (classe II A) podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, representados principalmente por resíduos orgânicos.

Os resíduos inertes (classe II B) quando submetidos ao contato com água, em temperatura ambiente, não sofrem alterações em seus constituintes, não há solubilização, não alteram a portabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT/NBR, 2004).

Quanto à classificação segundo a fonte de geração os resíduos podem ser divididos nas seguintes categorias, de acordo com a PNRS (BRASIL, 2010).

- Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) implicam em resíduos resultantes das residências (domiciliar ou doméstico), lixo comum, resíduos de poda e capina, resíduos comerciais, os resíduos de limpeza e varrição, de feiras e outros;
- Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA³ e do SNVS⁴. São considerados perigosos por possuir características patogênicas;
- Resíduos da Construção Civil (RCC): 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;

³ Sistema Nacional do Meio Ambiente

⁴ Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

- Resíduos Agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- Resíduos de Serviços de Transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- Resíduos de Mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;
- Resíduos Industriais (RI): os gerados nos processos produtivos e instalações industriais. São muito variados, pois são representados por resíduos perigosos e não perigosos.

Há também de se considerar os Resíduos Sólidos Especiais classificados em função de suas características diferenciadas, que possuem legislação específica para seu tratamento e devem ser passivos de logística reversa. Nos quais se inserem pneus, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes.

Os resíduos industriais merecem atenção especial, pois quando mal gerenciados tornam-se uma grave ameaça ao meio ambiente. O seu gerenciamento deve ser conduzido de forma adequada, seja pelo tratamento, disposição final ou reciclagem. Os resíduos sólidos gerados nas indústrias devem ser segregados de acordo com a NBR-10.004 da ABNT devendo ser tratados e/ou destinados adequadamente de acordo com as suas características.

Resíduos industriais são originados nas atividades dos diversos ramos da indústria, e são bem variados, podendo ser representado por resíduos perigosos e não perigosos. É de responsabilidade dos geradores os cuidados com: gerenciamento, transporte, tratamento e destinação final de seus resíduos, e essa responsabilidade perdura enquanto o resíduo existir.

Resíduo sólido industrial: é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (CONAMA nº 313, 2002).

O aumento expressivo dos danos ambientais causados pela má gestão dos resíduos industriais tem fundamentado a regulamentação e controle da geração de resíduos e seus impactos ao meio ambiente por meio de um maior controle ambiental das indústrias desde a fase de planejamento, até a operacionalização da planta industrial.

Um dos grandes desafios da PNRS é a mudança de cultura nas indústrias negligentes com o gerenciamento de seus resíduos e incentivar atitudes responsáveis que priorizem a segurança e a qualidade ambiental.

Indústrias sem o devido compromisso ambiental tratam os resíduos como rejeito o fim de um recurso que está totalmente alheio ao seu processo de produção ou consumo, como um impacto irremediável. A verdade é que grande parte dos resíduos industriais (não perigosos) podem ser reciclados se forem atendidos pré-requisitos de segregação para evitar a contaminação dos mesmos através da gestão integrada de resíduos. Medidas que diminuem a pressão ambiental no uso de áreas para aterros de resíduos e evitam a poluição ambiental.

Muitas indústrias, ainda hoje, enfrentam dificuldades para atender a legislação ambiental e fazer o gerenciamento adequado de seus resíduos, seja por fatores internos ou externos aos seus processos produtivos entre eles: a diferenciação entre rejeito, resíduos e subprodutos (materiais requalificados por processos ou operações de valorização para os quais há utilização técnica); ausência de dados técnicos e profissionais qualificados em gestão de resíduos industriais; precária base de dados de gestão sobre resíduos; falta de empresas especializadas e licenciadas para o tratamento de resíduos industriais; dificuldade de acesso a tecnologias e equipamentos e o alto custo com logística e processo.

Diante do contexto socioambiental, o grande desafio é produzir de forma consciente conciliando o desenvolvimento econômico, a proteção ao meio ambiente e a responsabilidade social em busca da sustentabilidade.

No século XX após uma série de acidentes ambientais e uma iminente crise econômica e ambiental, a necessidade de mudança de padrões de consumo e produção, deu base para discutir os impactos do consumo humano e a relação do mesmo com a natureza. A percepção dos impactos ambientais causados pela ação antrópica fomentou a necessidade de uma mudança de paradigmas e de repensar de forma harmônica a relação do homem com o planeta, já que a vida humana está diretamente ligada às condições do ambiente. Surgindo assim a necessidade de mudar o modelo de exploração e consumo dos recursos e serviços ambientais.

Em 1973, Strong e Sachs propuseram o Ecodesenvolvimento, como uma política de desenvolvimento alternativo, “desenvolvimento endógeno e dependente de suas próprias forças, tendo por objetivo responder a problemática da harmonização dos objetivos sociais e econômicos do desenvolvimento com uma gestão ecologicamente prudente dos recursos e do

meio". Até então a preocupação era centrada apenas na possibilidade de exaustão dos recursos naturais, havendo a necessidade de abranger outros fatores, o ecodesenvolvimento deu base para a formulação dos preceitos da Sustentabilidade.

A Comissão Mundial da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), em 1987, adjectivou pela primeira vez a sustentabilidade com o termo desenvolvimento. Como sendo o "desenvolvimento que responde às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades". Uma proposta para a manutenção do crescimento econômico e proteção socioambiental que assegurasse as seguintes medidas: a limitação do crescimento populacional, a garantia de oferta de alimentos, a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, o desenvolvimento de tecnologia na busca de fontes de energia renováveis e o adequado manejo dos resíduos industriais.

O desenvolvimento sustentável busca simultaneamente a eficiência econômica, a justiça social e a harmonia ambiental. Mais do que um novo conceito, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança, onde a exploração de recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento ecológico e a mudança institucional devem levar em conta as necessidades das gerações futura (MAIMON, 1996).

Ignacy Sachs, afirmava que o crescimento da produção, ou do valor da produção, é associado ao crescimento econômico, que por sua vez é identificado com o desenvolvimento econômico. Havendo a necessidade de incluir outros fatores ao processo produtivo que depende no mínimo de outros quatro fatores a se considerar um desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade social, ecológica, geográfica e cultural (SACHS, 1993).

Com problemas ambientais decorrentes da ação antrópica a cada dia mais evidentes, a comunidade acadêmica, instituições privadas e a sociedade em geral passaram a perceber, e sofrer consequências dos impactos causados pela interferência humana no meio ambiente, discutindo as questões ambientais com a interface humana no ambiente como agente transformador do ambiente e passivo as transformações do meio.

A problemática ambiental começa a aparecer no contexto das preocupações do homem moderno, a partir da década de setenta, com a advertência da extinção das espécies, os graves problemas da contaminação, a presença de resíduos tóxicos, os depósitos de metais pesados em arrecifes coralinos, a destruição de ecossistemas internos, etc. E é com isso, ao tomar consciência de que a natureza não é inacabável e infinita, que começa a constituir-se o primeiro campo de significações para desencadear um processo de mudança. (GONZÁLES GAUDIANO, 1997 *apud* SANTOS, 2001).

Para Léna e Nascimento (2012), a noção de Sustentabilidade tem duas origens, a primeira na biologia, referindo-se a resiliência, capacidade de recuperação e reprodução dos ecossistemas em face à agressões antrópicas. E a segunda na economia, devido o padrão de produção e consumo instaurado mundialmente diante da finitude dos recursos naturais.

José Eli da Veiga (2010) define resiliência como a capacidade de um ecossistema absorver as tensões ambientais sem, perceptivelmente, mudar seu estado ecológico para um estado diferente.

Sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução, e coevolução. (BOFF, 2012)

A geração de resíduos sólidos industriais representa um nocivo agente de mudança e alteração da qualidade ambiental, e está ligada diretamente aos processos de produção. A sustentabilidade dos processos industriais introduz um novo olhar à produção econômica incorporando aspectos de avaliação ambiental a produção, capaz de frear os impactos ambientais das ações antrópicas e ao mesmo tempo produzir conhecimento.

A sustentabilidade anuncia o nascimento do que ainda não é, a partir do potencial do real, da canalização do possível e da forja da utopia. A sustentabilidade encontra sua razão em sua motivação não nas leis objetivas da natureza e do mercado, mas no pensamento e no saber, em identidades e sentidos que mobilizam a reconstrução do mundo. (LEFF, 2001).

Além da produção de resíduos em parques industriais, medidas de incentivo às pesquisas de tecnologias e empresas de tratamento devem ser consideradas para a sustentabilidade dos processos industriais.

As tecnologias e mecanismos de gestão e tratamento dos resíduos sólidos industriais evoluíram bastante, desde que se perceberam os danos causados a saúde humana e ao meio ambiente pela gestão inadequada dos resíduos. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Brasil (RIO-92), explicitou os interesses econômicos e políticos envolvidos nos problemas ambientais globais. Os resíduos sólidos foram considerados um dos grandes problemas a ser remediado.

O crescente debate internacional e nacional sobre a questão ambiental aumentou a pressão sobre a comunidade empresarial considerando, que os padrões de produção e

consumo estabelecidos eram insustentáveis. Assim, as empresas passaram a entender que, para continuarem funcionando, teriam que integrar, cada vez mais, componentes ambientais às suas estratégias comerciais e seu planejamento estratégico.

Passou-se a exigir das organizações responsabilidade social e ambiental. Neste contexto as empresas e organizações privadas passaram a buscar patamares de “organizações sustentáveis”. O uso de tecnologias limpas, energias renováveis, o tratamento dos resíduos sólidos, o controle dos impactos ao meio ambiente, o consumo racional dos recursos naturais, deveriam fazer parte das linhas de produção.

A disseminação de empresas que buscam apresentar-se ao mercado com um rótulo verde tem potencializado essa mudança de postura das demais empresas, concorrentes de mercado na busca pela conformidade socioambiental. Um exemplo disso é o processo de certificação ambiental, ISO 14.001. Apesar de serem, em tese, de adesão voluntária as certificações ambientais tornaram-se compulsórias para as empresas que desejam manter a concorrência no mercado, uma vez que as certificações ambientais são consideradas barreiras de comércio.

Com a implantação da visão de desenvolvimento sustentável e o surgimento da necessidade da criação de alternativas proativas para o controle ambiental, a Gestão Ambiental Industrial trouxe novos enfoques para os processos produtivos, entre eles a produção em ciclos fechados.

Nos sistemas de produção em ciclo fechado os resíduos são caracterizados como parte da produção, e contabilizado como influência desta produção, nesses casos o tratamento é praticamente uma fase da produção.

Para isso é necessário incluir na análise e planejamento da produção industrial infraestruturas para coleta, reaproveitamento, beneficiamento, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos. O interesse pela reciclagem cresce e os resíduos que antes eram um problema ou um custo para as empresas passam a ter valor de mercado, o que prolonga a vida útil da matéria prima e diminui a pressão sobre os recursos naturais. A figura 1 representada pelo fluxograma de um sistema de produção em ciclo fechado representa a reciclagem como um fator de redução de passivos ambientais advindos do processo produtivo.

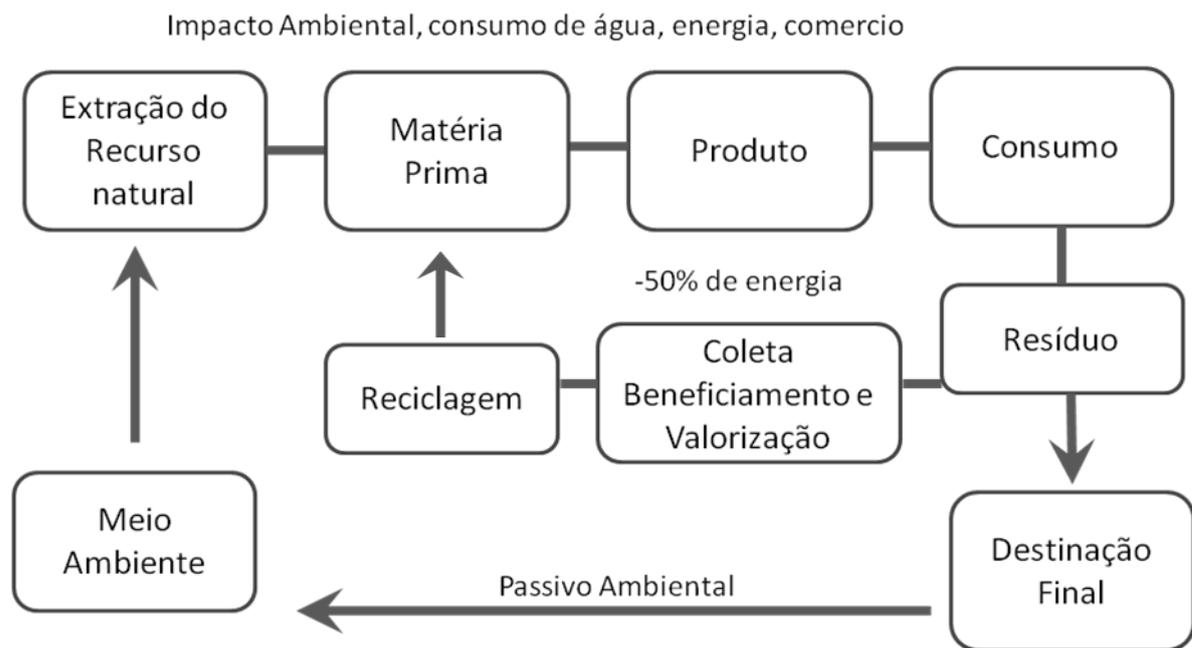


Figura 1: Sistema de produção em ciclo fechado.
 Autora: Vanessa Meireles, 2016.

Através do gerenciamento de resíduos sólidos, é possível fechar o ciclo da cadeia de suprimentos e dessa forma gerar lucratividade, através da redução de custos e consolidação de uma imagem institucional positiva e ambientalmente responsável perante o mercado o consumidor além de oportunizar novos nichos de negócios que geram emprego e renda (FRAXE *et al* , 2011).

A engenharia de materiais através da avaliação do ciclo de vida dos produtos passou a fazer parte dos processos de planejamento e desenvolvimento dos produtos, priorizando a investigação nas linhas de produção como instrumento de apoio à tomada de decisão para avaliação dos impactos ambientais associados ao produto. Ações de *ecodesign* passaram a fazer ainda das fases de planejamento da produção.

A produção sustentável hoje faz parte do progresso mercadológico, apontando soluções que favoreçam o desenvolvimento econômico das corporações e, sobretudo, a manutenção da qualidade ambiental.

4.2. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

O Amazonas, localizado na região norte do país, é o maior Estado brasileiro em dimensões territoriais, 1.570.745 km², com 62 municípios, apresenta uma população de cerca de 3.480.937 habitantes (IBGE, 2010). Encravado na floresta amazônica, maior bioma brasileiro, possui grande riqueza biológica e de recursos naturais, assim como também possui uma imensa riqueza cultural igualmente diversa.

Desenvolver economicamente o Amazonas e preservar os recursos naturais da região sempre pareceu ser uma dicotomia, visto a exemplo de outros estados da região onde o progresso econômico foi acompanhado de intensiva degradação ambiental.

O desenvolvimento do Estado contou com dois grandes ciclos econômicos, que fomentaram a atual estrutura socioeconômica da região. O primeiro foi o ciclo a borracha, entre 1866 e 1920, que levou o Amazonas a visibilidade nacional, atraiu indústrias, comércio, urbanização e migração. Na primeira década do século XX, o Brasil tornou-se o maior produtor e exportador mundial de borracha, graças à produção amazônica. Em 1910, por exemplo, exportou aproximadamente 40 mil toneladas do produto. Com o fim da produção de borracha em larga escala, o Amazonas entrou em estado de estagnação, até o início das atividades industriais na década de 1960.

Andrade (2014) afirma que, a princípio a ideia de desenvolvimento industrial no Amazonas foi apenas espalhar indústrias pelo território, sem levar em consideração as características e potencialidades regionais, infraestrutura, planejamento urbano e outros fatores preponderantes ao desenvolvimento regional.

O início do segundo ciclo econômico do estado se deu em 1957, com a implantação da Zona Franca, que movimentou a economia no estado até hoje. Foi resultado de um projeto desenvolvido para criar um porto de livre comércio, mas que através da Superintendência de Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) foi transformado em Zona de Livre comércio na Amazônia Ocidental, que abrange os Estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima. Com o objetivo de articular o desenvolvimento socioeconômico da região e garantir a preservação da Amazônia.

Segundo o instituto PIATAM (2009), o modelo de Zona Franca desenvolvido na Amazônia Ocidental está dividido em três jurisdições territoriais: Manaus a capital do

Amazonas onde funciona o PIM; Os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Presidente Figueiredo, no Amazonas, onde opera o Distrito Agropecuário da SUFRAMA (DAS); e as Áreas de Livre Comércio (ALCs), presentes em localidades de fronteira da Amazônia ocidental (Acre, Amazonas, Rondônia Roraima) e parte da Amazônia Oriental (os municípios de Macapá e Santana).

A Zona Franca de Manaus corresponde a uma área física de 10.000 km², abrangendo parte dos municípios de Manaus, Itacoatiara e Rio Preto da Eva. As indústrias implantadas na Zona Franca de Manaus recebem incentivo fiscal de até 40%, instituídos com objetivo de reduzir desvantagens logísticas e propiciar condições que alavanquem o processo de desenvolvimento da área incentivada (JICA/SUFRAMA, 2010).

Manaus, a capital do Amazonas, é o centro econômico do Estado, onde está instalado o Distrito Industrial, a cidade possui uma população de cerca de 2.020.301 habitantes (IBGE, 2010). Segundo a SUFRAMA em 2013 as vendas das indústrias instaladas no PIM atingiram cerca de R\$ 81 bilhões.

A figura 2, representa o mapa de delimitação dos bairros Distrito Industrial I e II, onde está instalado o PIM dentro da zona urbana de Manaus.



Figura 2: Mapa de delimitação do Distrito Industrial em Manaus.
 Autora: Vanessa Meireles, 2016.

O Polo Industrial de Manaus (PIM) foi criado, através da Zona Franca pelo Governo Federal do Brasil em 28 de fevereiro de 1967, por meio do Decreto-lei N.º 288. Uma política de desenvolvimento regional adotada pelo governo brasileiro com o objetivo de viabilizar uma base econômica de forma sustentável para a Amazônia, promover o desenvolvimento no interior da Amazônia Ocidental, gerar empregos e receita.

O desenvolvimento industrial em Manaus com a implantação do PIM aconteceu através da verticalização da produção, baseado principalmente em montagem de eletroeletrônicos, que não tem seu processo de crescimento vinculado à utilização mais intensiva da base de recursos naturais locais, especialmente os recursos florestais. Fatores como esse justificam o desenvolvimento econômico do Estado em consonância com a proteção da floresta.

A lógica de produção implantada no Amazonas pelo PIM tem ajudado a proteger os recursos naturais da região, visto que no nosso vizinho estado do Pará cresceu economicamente a partir da exploração dos recursos florestais e minerais, criou-se uma lógica perversa em que o uso da terra e seu processo de valorização estão ligados a uma super exploração dos recursos naturais. Entre os anos 1985 e 2003 as taxas de desmatamento entre Amazonas e Pará, foram extremamente discrepantes representando 4,92 e 31,60 respectivamente (PIATAM, 2009).

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é formado por 555 empresas nacionais e multinacionais que atuam em segmentos como eletroeletrônico, duas rodas, termoplástico, químico, entre outros (SUFRAMA, 2014).

Em 2009 um acordo de cooperação firmado entre a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), Agência Brasileira de Cooperação do Ministério de Relações Exteriores (ABC) e a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) deu início ao projeto de estruturação do Plano Diretor para a Gestão de Resíduos Industriais do Polo Industrial de Manaus, contendo propostas de soluções para o aproveitamento e destinação de resíduos a serem implementados no período de 2011 a 2015.

Em parceria com a Federação das Indústrias do Estado do Amazonas (FIEAM), o Centro da Indústria do Estado do Amazonas (CIEAM), a Câmara de Comércio e Indústria Nipo-Brasileira do Amazonas e o apoio de instituições governamentais ligadas à questão ambiental foram desenvolvidas ações para administrar o resíduos sólidos produzidos pelas indústrias do PIM.

A Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), autarquia vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, é responsável pela administração da Zona Franca de Manaus através da implementação da política de incentivos

fiscais na região e pelo desenvolvimento regional utilizando de forma sustentável os recursos naturais, assegurando viabilidade econômica e melhoria da qualidade de vida da população local.

A Coordenação Geral de Comércio Exterior (COGEX) é a responsável na SUFRAMA pela gestão de resíduos industriais e faz a gestão do Grupo de Gerenciamento de Resíduos Industriais (GRI Group) dedicado à gestão de resíduos industriais produzidos pelo PIM.

Cabe ao Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia (IPAAM) a emissão de licenças para operação das empresas do PIM. Também responsável pela fiscalização e controle operacional dos possíveis impactos ambientais. A SUFRAMA tem o direito de retirar os incentivos fiscais especiais das empresas identificadas pelo IPAAM por não estarem tomando as devidas medidas de proteção ambiental.

O licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras é feito pelo IPAAM órgão estadual do Meio ambiente como determinado na resolução CONAMA nº 237 de 1997, “cabe ao órgão ambiental competente definir, se necessário, procedimentos específicos para as licenças ambientais, observadas a natureza, características e peculiaridades da atividade ou empreendimento e, ainda, a compatibilização do processo de licenciamento com as etapas de planejamento, implantação e operação”.

Licenciamento Ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (CONAMA nº 237, 1997).

O controle das empresas de serviço de tratamento de resíduos também é de responsabilidade do IPAAM, através da concessão de licenças. A atividade de tratamento e destinação de resíduos industriais (líquidos e sólidos) está descrita no anexo I da CONAMA 237 como atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental.

No Brasil, as atividades com potencial de poluição alto devem compulsoriamente possuir licença ambiental (decreto nº 10.028, 1987). Estas licenças não só são requeridas para a instalação e operação de fábricas, mas para a maioria das atividades onde o impacto ambiental é provável, como é o caso de empresas de reciclagem e tratamento de resíduos plásticos.

A SUFRAMA é a responsável por sistematizar o Inventário Anual de Resíduos Sólidos do PIM imposto pela resolução CONAMA nº 313 (2002), a qual exige das empresas brasileiras um inventário de seus resíduos industriais que deve ser entregue a cada ano ao órgão ambiental competente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). As empresas devem descrever não só a quantidade e a natureza dos resíduos que são gerados, mas também a forma de armazenamento, transporte, destinação final e outras informações.

O inventário de resíduos é uma ferramenta importante para os geradores de resíduos (indústrias), para o órgão gestor dos resíduos industriais (IPAAM), e para a Superintendência do Polo Industrial de Manaus e dos Distritos Industriais (SUFRAMA), para a construção de uma gestão adequada de resíduos.

Para aperfeiçoar a entrega e o controle dos inventários, a SUFRAMA desenvolveu em 2010, um sistema de banco de dados do Inventário de Resíduos Sólidos Industriais (BD_IR) para computar, verificar e controlar os dados corretamente. O sistema é composto por planilhas que devem ser repassadas anualmente à SUFRAMA em forma física e digital. Desde 2010 as empresas do PIM estão sendo treinadas para utilização do sistema.

Em 2009 a SUFRAMA identificou 16 lixões ilegais no Distrito Industrial que foram desativados (SUFRAMA, 2014), imagina-se que empresas localizadas no distrito descartem os resíduos irregularmente para diminuir os custos com tratamento. O descarte incorreto de resíduos industriais é crime segundo a lei de crimes ambientais nº 9.605 (BRASIL, 1998).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria, muitos estados brasileiros não dispõem na internet os inventários estaduais de resíduos sólidos industriais o que dificulta o acesso a informações a nível nacional.

Até 2010 existia na SUFRAMA apenas uma base de dados de geração de resíduos do PIM, sem nenhuma gestão ou avaliação para melhorias. Com a criação do GRI Group além da base de dados foram iniciados estudos com o objetivo de sistematizar o controle de resíduos e promover o plano diretor de resíduos do PIM.

A tabela 1 demonstra a evolução da geração de resíduos entre os anos de 2005 e 2010, antes da implantação do grupo de trabalho de resíduos e do plano diretor de resíduos do PIM, executado pela SUFRAMA. Os dados são oriundos dos inventários físicos entregues no órgão regulador, sem tratamento estatístico.

Tabela 1: Geração de resíduos do PIM entre 2005 - 2010 (ton).

ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Geração de Resíduo	59.615,32	102.914,39	103.982,15	92.997,68	125.728,98	759.625,19

Fonte: Relatório de atividades e de inventário anual de resíduos sólidos - SUFRAMA, 2014.

Após o início do tratamento dos dados coletados nos inventários eletrônicos do GRI Group, entre os anos de 2009 e 2010 é perceptível o crescimento abrupto na quantificação dos resíduos sólidos gerados pelo PIM, o que demonstra o quão necessário é sistematizar as informações junto às indústrias.

Segundo a SUFRAMA, em 2011 foram gerados 152.759,56 ton de resíduos sólidos. (considerando 44 inventários). Só de resíduos de plásticos foram geradas 20.399,96 ton/ano (considerando resíduos de: plástico polimerizado em processo, bombonas de plástico não contaminado, isopor e filmes e pequenas embalagens de plástico).

Em 2011 das 435 empresas licenciadas apenas 44 entregaram os inventários de resíduos, um universo de apenas 10%, mas com grande representatividade, considerando que as maiores geradoras do polo de duas rodas e do polo de eletroeletrônicos estão entre os 44 inventários (SUFRAMA, 2012).

Dados do inventário de 2011, publicado em 2012, apontam que dos resíduos industriais gerados pelo Polo Industrial de Manaus 49% recebe tratamento⁵, 47% é reciclado e 4% vai para disposição final⁶.

Em 2012 os dados de geração de resíduos do PIM não foram sistematizados pelo GRI Group, porque a SUFRAMA passava por uma readequação do seu quadro técnico de profissionais e o grupo de resíduos não publicou o inventário anual. A descontinuidade das informações sobre a gestão de resíduos sólidos do PIM é uma das limitações encontradas quanto ao histórico da evolução da geração e destinação de resíduos.

A falta de políticas públicas, de fiscalização e de incentivos para gestão de resíduos de forma sustentável, tem deixado uma lacuna quanto de avaliação do desempenho e de

⁵ Considerou-se como tratamento de resíduos o processo de incineração.

⁶ Considerou-se como destinação final a destinação de resíduos ao aterro municipal.

informações sobre esse problema. Se o Estado não sabe o quanto de resíduos é gerado, qual tipo de resíduos é gerado, e como é feita gestão desses resíduos até o destino final, como é possível então traçar um plano de melhoria, implantar novas tecnologias ou mesmo avaliar os impactos ambientais da geração desses resíduos?

Segundo o inventário de resíduos referente ao ano de 2013, consolidado por meio das 63 fábricas que enviaram os seus inventários de resíduos para a SUFRAMA, foram geradas 819 mil toneladas de resíduos dos quais aproximadamente 94 mil toneladas eram de resíduos plásticos (SUFRAMA, 2014). Dos resíduos gerados em 2013, 43% foram tratados, 32% foram reciclados e 25% foram para destinação final.

Nos dados apresentados no gráfico 1 pode-se evidenciar o crescimento abrupto da geração de resíduos sólidos do PIM. Os dados gerados pelo GRI *Group*, da SUFRAMA, demonstram que ações de redução na geração de resíduos sólidos não têm sido eficientes, ou que externalidades têm influenciado no aumento da geração de resíduos. Visto que o acréscimo de apenas 19 indústrias ao inventário do PIM foram responsáveis por um crescimento de mais de 500% da geração de resíduos.

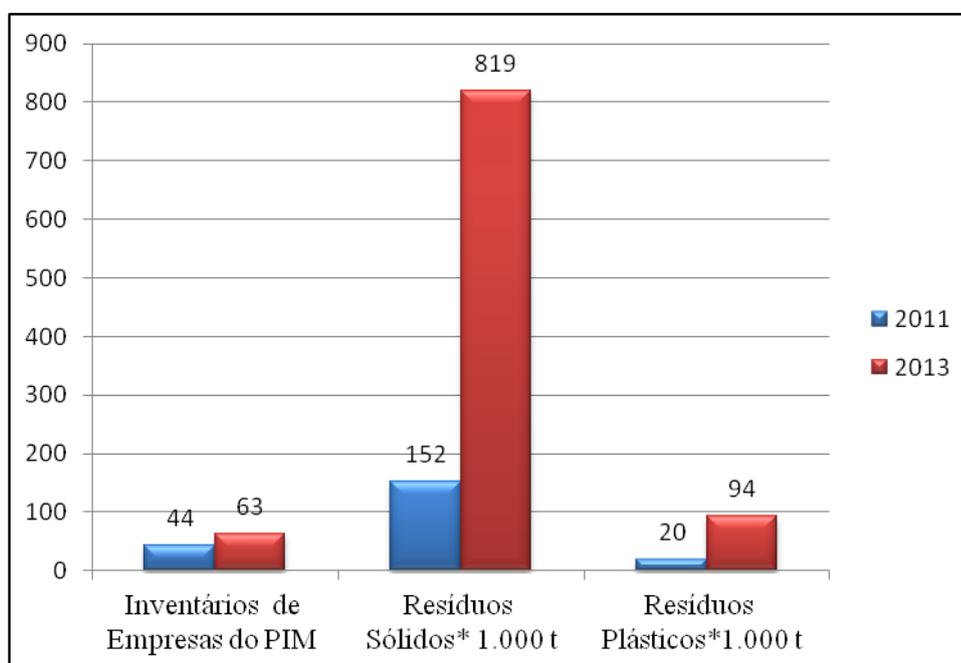


Gráfico 1: Crescimento da geração de resíduos entre os anos 2011 e 2013 segundo inventários de resíduos consolidados pela SUFRAMA.

Autora: Vanessa Meireles, 2016.

O expressivo aumento da geração de resíduos no espaço de apenas dois anos, é alarmante visto do aumento de apenas 30% de indústrias no inventário anual. Isso denota a importância de que os inventários de resíduos sejam mais representativos e confiáveis, o que seria possível com a contribuição de todas 555 indústrias beneficiadas cadastradas. O crescimento da geração de plástico também é alarmante e se compararmos a geração de resíduos do gráfico 1 com a destinação final do gráfico 2, pode-se perceber o quanto tem sido insuficiente os trabalhos dos órgãos de regulação para incentivar que a gestão de resíduos do PIM seja mais sustentável.

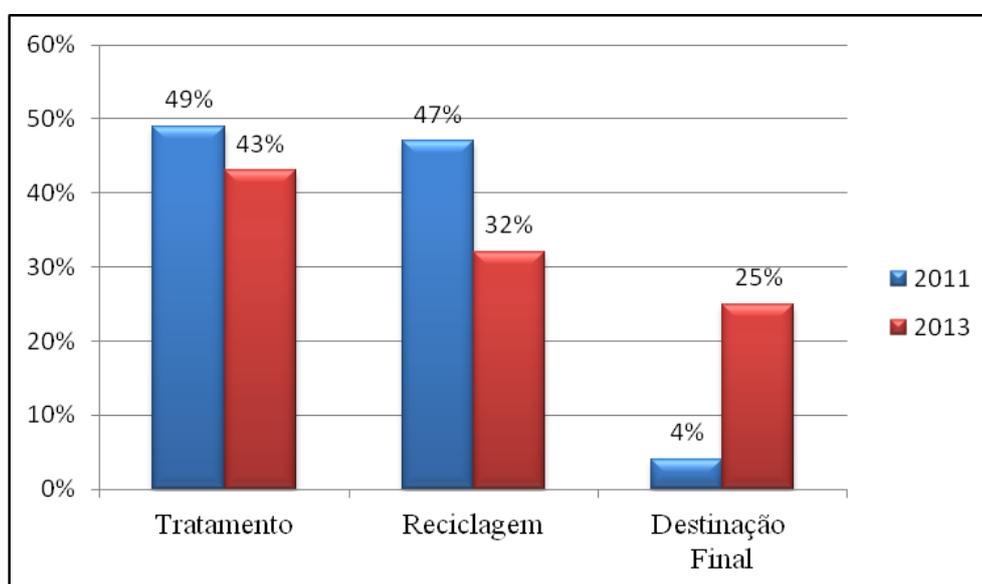


Gráfico 2: Destinação dos resíduos sólidos entre os anos 2011 e 2013 segundo inventários de resíduos consolidados pela SUFRAMA.
Autora: Vanessa Meireles, 2016.

A redução no tratamento e reciclagem dos resíduos sólidos industriais abre precedentes para geração de passivo ambiental no aterro do município, e representa um impacto significativo à vida útil do aterro (que é responsável por receber todo o resíduo sólido urbano da cidade). O envio de 25% dos resíduos sólidos do PIM para o aterro municipal demonstra a falta de alternativas economicamente viáveis para a destinação de resíduos sólidos em Manaus e que a gestão de resíduos das indústrias não tem sido suficientemente eficiente para garantir a reciclagem.

O resultado dessa gestão ineficiente é demonstrado no gráfico 2 com a queda da reciclagem e do tratamento dos resíduos plásticos, o que representa além do crescimento do impacto ambiental pela disposição em aterro, a perda do valor econômico do resíduo.

Considerando as características físico-químicas dos resíduos plásticos, como inerte, não biodegradável e com longo tempo para degradação, a sua disposição em aterro representa um impacto ambiental e econômico negativo ao gerenciamento de resíduos de Manaus.

5. CAPÍTULO II

Conhecer os resíduos sólidos gerados por um processo produtivo é de fundamental importância para o desenvolvimento de políticas econômicas e ambientais que incentivem a gestão ambiental sustentável dos processos industriais, seja ele um processo micro como uma única linha de produção ou um processo macro como um polo industrial com mais de 500 indústrias. A avaliação dos sistemas de gestão de resíduos sólidos permite aos gestores identificar a partir da composição gravimétrica⁷ o potencial de impacto inerente a cada tipo de resíduo.

Por meio da composição gravimétrica é possível identificar os resíduos mais significativos em um processo, para então, avaliar o potencial de impacto dos mesmos, e assim criar medidas de controle que mitiguem os danos socioambientais e recuperem o seu potencial econômico. No caso dos resíduos plásticos recicláveis, serve de mecanismo de incentivo à reciclagem e para determinar as demais tecnologias adequadas para o tratamento.

É importante perceber que os resíduos sólidos possuem uma cadeia pretérita à sua geração, que influencia diretamente o gerenciamento e o tratamento dado a cada classe de resíduos, devido às características físico-químicas, degradabilidade, resistência e outros fatores. Neste capítulo é feita a caracterização do mercado brasileiro de resinas plásticas como uma cadeia de valor desde a produção da matéria prima até o descarte dos plásticos como resíduos (ou materiais) para reciclagem.

5.1. DE RESÍNAS A RESÍDUOS: O MERCADO DE PLÁSTICOS

Desde o século XIX existem registros do uso de resinas naturais com características dos materiais plásticos sintéticos, mas em 1909 foi o marco inicial da história dos plásticos com a invenção da resina baquelite⁸ pelo cientista Leo Hendrik Baekeland.

⁷ Segundo a ABNT- NBR 10.007/2004, a composição gravimétrica é a determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico.

⁸ A baquelite é um polímero sintético produzido a partir de moléculas simples de fenol (benzenol ou hidroxibenzeno) e formaldeído (metanol, também conhecido como formol). É a variedade mais comum de polifenóis (ABIPLAST, 2014).

O plástico entrou no cotidiano da população em geral pós-revolução industrial, depois de inúmeras descobertas e melhorias. Progressivamente passou a substituir outros materiais tradicionais como vidro, madeira, algodão, celulose e metais, facilitando a vida das pessoas com melhorias de forma, ergonomia, peso e utilidade dos objetos. Hoje em dia o plástico é essencial para o progresso e desenvolvimento de pesquisas P&D para indústrias dos mais diversos ramos.

As resinas plásticas são produzidas a partir da nafta, um petroquímico obtido pelo processo de refino do petróleo ou do gás natural, utilizada como matéria-prima para a obtenção da chamada primeira geração petroquímica: eteno, benzeno, propeno e isopropeno, tolueno, orto/para-xileno, xileno misto, buteno, butadieno e outros petroquímicos básicos (GOMES *et al*, 2005).

As resinas produzidas a partir de polímeros petroquímicos básicos constituem a segunda geração petroquímica, e o processamento dessas resinas para a geração de produtos plásticos industrializados é considerado a terceira geração petroquímica (GOMES *et al*, 2005).

Segundo Candian (2007), polímeros são macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores e repetidas identificadas como monômeros. Os polímeros podem ser divididos em termoplásticos (não sofrem reações químicas quando submetidos ao calor) e termofixos (alteram sua composição sob aquecimento).

Os polímeros mais utilizados no Brasil como *commodities*⁹ são: polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliuretano (PU), policloreto de vinila (PVC) e poliéster (SINDIPLAST, 2011). Outros polímeros são fabricados em menor escala, por terem aplicações específicas são denominados plásticos de engenharia ou especialidades. A tabela 2, apresenta as características das principais famílias de plásticos, assim como os símbolos representativos de cada tipo de resina.

⁹ São produtos essenciais ao desenvolvimento humano e que são negociados diariamente numa escala global, e por serem de importância fundamental e mundial, seu preço é normalmente determinado pelo mercado internacional, e varia de acordo com a oferta e a demanda.

Tabela 2: Identificação de resinas plásticas segundo a composição química.

	<p style="text-align: center;">1 - POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET)</p> <p>Os plásticos de PET são transparentes, inquebráveis, impermeáveis e leves. O PET é utilizado principalmente da fabricação de embalagens de produtos alimentícios como água, bebidas carbonatadas, óleos e sucos; produtos de limpeza cosméticos e farmacêuticos. Também está presente em badejas termoformada, filmes metalizados, fibras têxteis e outros.</p>
	<p style="text-align: center;">2 – POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)</p> <p>Material resistente a baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido e com resistência química e mecânica. É utilizado para fabricação de embalagens de alimentos, cosméticos, tampas de refrigerante, potes para freezer, brinquedos, engradados, entre outros.</p>
	<p style="text-align: center;">3 – POLICLORETO DE VINILA (PVC)</p> <p>Por suas características como rigidez, impermeabilidade e resistência a temperatura são utilizados principalmente em tubos, conexões, cabos elétricos e material de construção como janelas, portas e esquadrias. O PVC também pode ser utilizado na fabricação de brinquedos, tecidos, filmes esticáveis, selos e rótulos.</p>
	<p style="text-align: center;">4 – POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD) E POLIETILENO LINEAR DE BAIXA DENSIDADE (PELBD)</p> <p>São flexíveis, leves e transparentes. O PEBD é utilizado na produção de filmes termoencolhíveis como fios e cabos para televisores e telefones, filmes de uso em geral, sacaria industrial, tubos para irrigação, mangueiras, embalagens flexíveis, impermeabilização de papel, camada selante de embalagens tetra-Pack.</p> <p>O PELBD é aplicado na produção de embalagens de alimentos, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos e sacaria industrial.</p>
	<p style="text-align: center;">5 – POLIPROPILENO (PP)</p> <p>Material resistente à mudança de temperatura, rígido e brilhante. Embalagens para alimentos, copos descartáveis, garrações de água mineral, material têxtil, produtos hospitalares descartáveis, tubos para água quente, autopeças e tecido de ráfia.</p>
	<p style="text-align: center;">6 – POLIESTIRENO (PS)</p> <p>Material rígido e leve, utilizado na fabricação de copos descartáveis, eletrodomésticos, produtos de construção civil, autopeças, potes de iogurte. O PS expandido também ser representando em pratos, tampas, barbeadores e brinquedos.</p>
	<p>Demais polímeros.</p>

Fonte: Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos, SINDIPLAST.

Dados da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2011), apontam que o consumo anual médio per capita de plástico no Brasil era de cerca de 30 kg por habitante. Na Europa e nos Estados Unidos, esse consumo girava naquela ocasião em torno de 100 kg/hab.

Segundo a ABIPLAST (2014) a indústria de transformação de plásticos é a sétima maior da economia nacional, com influência em praticamente todas as cadeias produtivas. O plástico está presente na maioria dos produtos industrializados utilizados pela sociedade contemporânea, é utilizado em praticamente todos os setores da economia, fornecendo produtos para os segmentos de eletroeletrônico, cosméticos, farmacêutico, automotivo, brinquedos, alimentício, construção civil, agrícola, utilidades domésticas, higiene, limpeza, calçados, aviação, construção naval e médico-hospitalar.

O gráfico 3, elaborado pela ABIPLAST (2014), representada a distribuição das resinas plásticas mais consumidas no mercado brasileiro, e conseqüentemente as principais *commodities* para reciclagem.

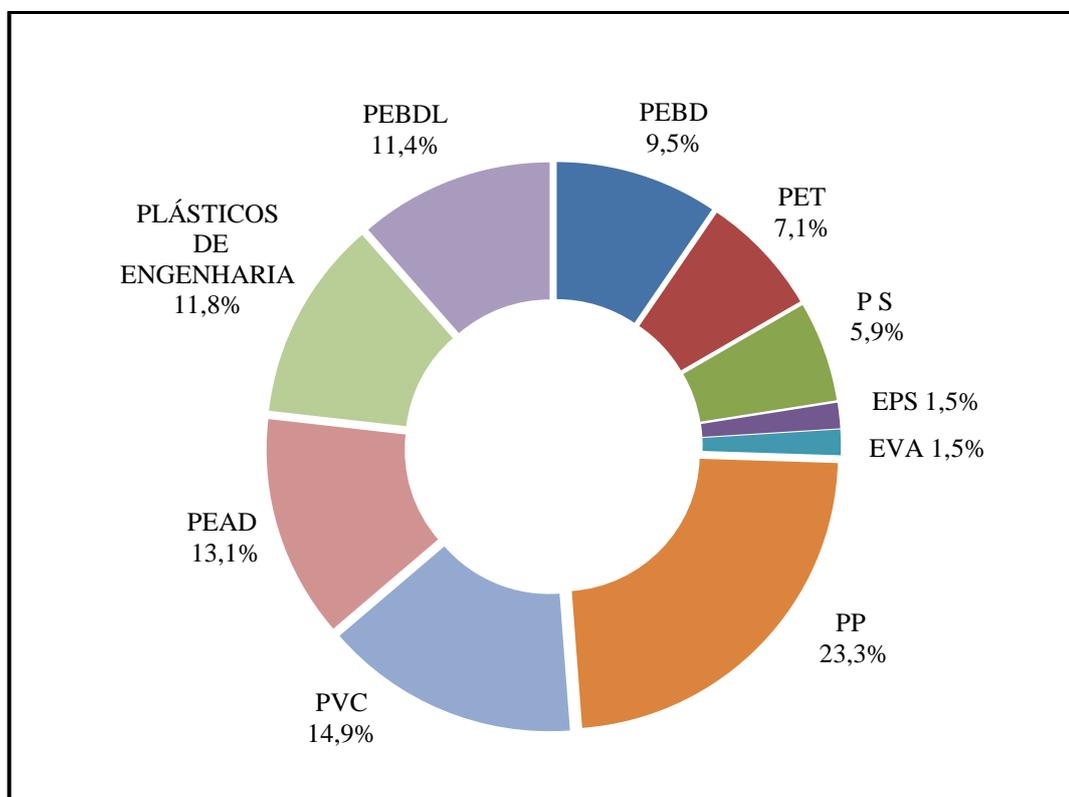


Gráfico 3: Aplicação do plástico por tipo de resina no Brasil.
Fonte: Adaptado de Abiplast, 2014.

Atualmente o polipropileno (PP) é o plástico mais utilizado no mercado brasileiro devido sua versatilidade e resistência mecânica para fabricação de embalagens dobráveis e devido suas características de “baixo custo, elevada resistência química, fácil moldagem e coloração, além da alta resistência a impacto e fraturas” (RODA, 2010). A resina com maior projeção de crescimento é a de plásticos de engenharia impulsionada pela aplicação em automóveis e eletroeletrônicos. Os plásticos de engenharia são resinas transformadas por nanotecnologia para atender a requisitos específicos de um produto, entre os quais se podem destacar as Poliamidas (PA), os Policarbonatos (PC), os Poliuretanos, (PU, TPU, PUR) e os Fluoropolímeros (PTFE). Essas resinas tem o objetivo de atender a parâmetros técnicos que as tornam indicadas (ou não) para aplicações em ligas metálicas ou plásticos de menor rendimento.

O consumo brasileiro de plástico em 2011 foi em torno de 6,2 milhões de toneladas e cresce em média de 5% ao ano, mundialmente representa 2,7% da produção e possui significativa relevância no abastecimento da América Latina (ABIPLAST, 2011).

Presente nas mais variadas linhas de produção o consumo de resinas plásticas no Brasil é diretamente ligado à produção industrial nacional, o gráfico 4 representa a distribuição do uso de resinas plásticas nas principais atividades industriais brasileiras.

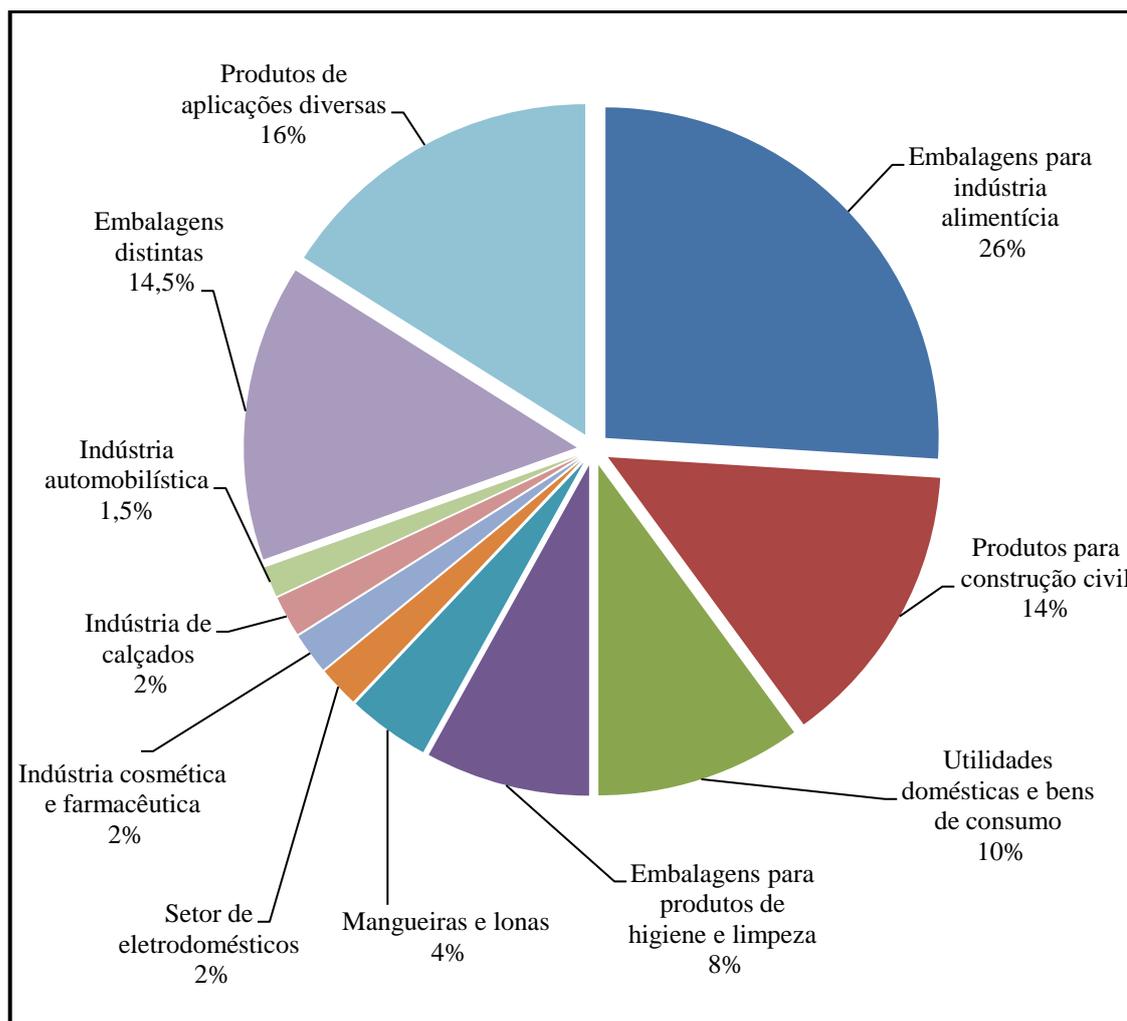


Gráfico 4: Distribuição da aplicação de resinas plásticas por setor da indústria.

Fonte: Adaptado de ABIPLAST, 2011.

Segundo a ABIPLAST, a indústria de transformação de plásticos atualmente é o quarto maior empregador da indústria de transformação brasileira, ficando atrás dos setores de confecção de vestuário e acessórios, abate e fabricação de carnes e fabricação de outros produtos alimentícios. As mais de 11.590 empresas empregavam em 2014 aproximadamente 352.249 empregados, com as mais diversas qualificações. As 127 indústrias do Amazonas eram responsáveis pela absorção de 10.187 funcionários.

A maior concentração de empresas e de empregados do setor de transformação de plástico está localizada nas regiões Sudeste e Sul do país. O fator geográfico influencia relevantemente na instalação dessas indústrias, devido à necessidade de atender ao mercado consumidor local, e os custos com logística e transporte do produto até o consumidor.

A principal matéria-prima para a fabricação dos plásticos são combustíveis fósseis, sendo que 4% da produção mundial de petróleo e gás são usadas como matéria-prima para a produção de plásticos, e outros 3 a 4% são usados como energia no seu processo de fabricação. Por ser dependente de um recurso natural finito a produção do plástico é diretamente dependente do uso racional e sustentável, do petróleo mundial. O que reitera a necessidade econômica, social e ambiental de reinserir o resíduo plástico em um constante processo de reciclagem.

O reprocessamento dos resíduos plásticos através da reciclagem além dos benefícios socioambientais, também proporciona sustento para milhões de pessoas e famílias nos países em desenvolvimento, seja na forma de emprego formal ou atividades econômicas informais (BERG, 2009 - tradução nossa).

Quanto à geração de resíduos plásticos pelas indústrias do PIM foram identificados dois grandes grupos para classificação: plásticos industriais e plásticos domésticos, dando alusão à fonte de geração do resíduo. A fonte de geração caracteriza a qualidade do resíduo plástico de origem industrial que está sendo produzido.

- Plásticos domésticos - produzidos nas áreas administrativas das indústrias, entre eles: copos, pratos, colheres descartáveis, embalagens, garrafas PET, filmes, lonas, sacos e outros. São provenientes da coleta seletiva da empresa onde todos os tipos de plásticos são acondicionados juntos, muitas vezes misturados a outros resíduos. São pouco valorizados para reciclagem devido a contaminação.
- Plásticos de processos industriais - resultantes da produção resinas livres de matéria orgânica, água ou impurezas, resultantes dos rejeitos dos equipamentos de injeção e extrusão, são produzidos em grande escala e saem da linha de produção, direto para a reutilização e/ou reciclagem na própria unidade fabril ou em unidades recicladoras externas. Estes materiais podem apresentar coloração ou aditivos na resina, mas são de boa qualidade para reciclagem.

Por ser um material não biodegradável, de grande consumo em escalas domésticas e industriais, o plástico, após o descarte torna-se um problema ambiental em potencial, se não for destinado adequadamente. Devido à imensa variedade de plásticos existentes no mercado e do grande volume descartado pelas indústrias, a gestão de resíduos plásticos é complexa, e a destinação escolhida irá depender de diversos fatores entre eles: tecnologias disponíveis, qualidade de segregação do resíduo, logística, custos e outros.

O desenvolvimento da cadeia de reciclagem do plástico no Brasil vem acompanhando a crescente demanda por resinas plásticas e concorre com a oferta de matéria prima virgem. A necessidade de consumo de resina plástica nas indústrias brasileiras tem movimentado esse mercado e crescido junto com o mercado de resina virgem. As empresas recicladoras são os principais consumidores de resíduo plástico, essas empresas reprocessam o material, fazendo-o voltar como matéria-prima para a fabricação de novos produtos ou o mesmo produto originário. Além dos ganhos ambientais com a manutenção de uma matéria prima na cadeia de produção, são reconhecidos os ganhos sociais e econômicos com a reciclagem, segundo Barros (2013) é possível economizar até 50% de energia com o uso de plástico reciclado.

Com a atual queda mundial do preço do petróleo, o preço das resinas virgens também se torna menor, a ponto de serem mais baratas que as recicladas, representando um risco ao mercado de resinas recicladas o que pode resultar na inviabilidade das unidades recicladoras (PLÁSTICO EM REVISTA, 2016).

Na tabela 3 é apresentada a produção de termoplásticos de 2012 a 2014, segundo a ABIPLAST. Apesar de 2014 ter sido considerado como um ano de queda no mercado de resinas plásticas, o volume de produção ficou próximo das 6,3 milhões de toneladas, movimentando em torno de R\$ 67,4 bilhões (SANT ANNA, 2015).

Tabela 3: Evolução do mercado brasileiro de produção de termoplásticos em toneladas 2012- 2014 (ton).

RESINAS	2012	2013	2014
Polietilenos	2.440.632	2.498.274	2.328.750
Polipropileno	1.646.618	1.627.147	1.592.491
Poliestirenos	379.514	384.256	378.225
Policloreto de Vinila	758.588	865.671	874.308

Fonte: Adaptado de Santomauro, 2015.

A necessidade de matéria-prima para abastecer o consumo industrial fomenta o mercado¹⁰ de reciclagem de plásticos no Brasil, mesmo assim este ainda não é explorado em sua totalidade, e apresenta imensas possibilidades de desenvolvimento uma vez que resíduos plásticos são um dos mais gerados no Brasil. A pequena presença de recicladoras fora das capitais brasileiras, obriga que cidades interioranas destinem seus resíduos principalmente a aterros, esse é um mercado pouco explorado.

No Brasil, o maior mercado é o da reciclagem primária, a reciclagem de um único tipo de resina separadamente. Um mercado crescente é o da chamada reciclagem secundária, o processamento de polímeros, misturados ou não. Em 2011 cerca de 21,7% dos resíduos plásticos foram reciclados no Brasil, representando aproximadamente 953 mil toneladas por ano (CEMPRE).

Dados disponíveis no *site* da Associação Brasileira da Indústria de Plástico informa o mercado de preços de resinas plásticas no Brasil e faz o controle *on-line* da média de preços no Brasil, e nos mercados internacionais, dos Estados Unidos, Ásia e Europa. Para oferecer às empresas associadas informações sobre o comportamento do mercado de resinas termoplásticas e disponibiliza o Indicador de Preços de Matéria-Prima, que apresenta uma resposta em tempo real sobre a precificação média das principais resinas plásticas.

Segundo o diretor da Abiplast José Ricardo Roriz Coelho, a variação de custos da produção das indústrias de plástico desorganiza toda a cadeia produtiva. “O Brasil não tem investido em inovações tecnológicas na produção de matéria-prima. O mercado brasileiro não exerce concorrência a outros mercados, e mesmo internamente não temos oferta, embora exista demanda” (Coelho, 2015). A estabilidade do mercado brasileiro não estimula a competitividade e, tão pouco, a melhoria de qualidade de produtos ou a redução de preços. No cenário de 2016, com a alta do dólar a exportação é um atrativo para a produção brasileira, mas por outro lado, para atender ao mercado interno é necessário superar a alta carga tributária, o aumento da energia, do transporte, e do custo com a produção e mão de obra.

¹⁰ “O mercado é o ambiente onde os indivíduos trocam suas mercadorias por valor, o mercado, invisível, formado por pessoas que se dividem entre vendedores e compradores, e ambos reagem a incentivos (RIVAS, 2014)”.

Ambiente físico, virtual ou conceitual que aloca recursos por meio de decisões descentralizadas de empresas e famílias quando estas interagem nos mercados de bens e serviços (Nota de aula RIVAS, 2014)

Cada região do país possui acesso diferenciado a tecnologias e inovações, o papel das universidades, sindicatos, associações e centros de pesquisa também é primordial para o desenvolvimento de novas opções, mais sustentáveis, para a destinação de resíduos. Por se tratar de um resíduo com alto valor agregado e uma ampla cadeia de reciclagem, o poder público também deve incentivar através de políticas de incentivo a criação e atração de empresas que absorvam esses resíduos em sua cadeia produtiva para o Amazonas.

Em Manaus uma considerável parcela dos plásticos recicláveis produzidos pelo PIM, é destinada ao aterro, ou à incineração devido às dificuldades das recicladoras absorverem os resíduos de plástico doméstico com baixa qualidade de segregação. O resíduo plástico com presença de matéria orgânica, areia, misturado com papel, ou sujo com outras substâncias, não são bem aceitos pelas recicladoras.

As dificuldades logísticas da cidade de Manaus também influenciam no tratamento do resíduo, a distância da cidade de outros grandes centros comerciais e a dependência do sistema de transporte aéreo e fluvial encarecem a logística reversa. O mercado de tratamento de resíduos é totalmente dependente das empresas instaladas em Manaus, sem a possibilidade de envio de resíduo às empresas de outras regiões, devido aos altos custos de transporte.

Com a dependência do mercado interno de Manaus, os custos aqui praticados são manipulados por um grupo de empresas, que dominam o tratamento de resíduos industriais do PIM. O que é fortalecido pelas exigências da legislação e das necessidades do mercado que só esse grupo consegue atender.

O mercado amazonense de resinas plásticas recicladas apresenta características particulares à região, que devem ser consideradas na avaliação da sustentabilidade deste mercado. Como mecanismo para identificar os pontos positivos e negativos foi realizado através da metodologia da avaliação de *SWOT* o levantamento pertinente ao cenário amazonense de reciclagem de plásticos. A tabela 4 descreve as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do atual mercado segundo a ferramenta de análise.

Tabela 4: Matriz de *SWOT* do mercado de resinas plásticas em Manaus.

Fatores Internos	Strengths (Forças)	Weaknesses (Fraquezas)
	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda do Polo Industrial que necessita de resinas plásticas; • Benefícios fiscais; • Grande número de indústrias de transformação plástica; • Indústrias com certificação ISO 9.001 e ISO 14.001; • Commodities; • Intensa geração de resíduos plásticos; • Minimização dos impactos da geração de resíduos plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de sistematização de dados nos órgãos de regulação; • Falta de estrutura e fiscalização; • Mercado local dependente do mercado internacional; • Baixa eficiência na reciclagem de plásticos domésticos gerados nas indústrias; • Desperdício de resíduo reciclável; • Falta de concorrência para atender as indústrias do PIM; • Consumo de energia e água. • Técnicas rudimentares.
Fatores Externos	Opportunities (Oportunidades)	Threats (Ameaças)
	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria prima disponível; • Mercado pouco explorado; • Tecnologias de separação e recuperação de resinas mais modernas; • Bolsa de resíduos; • Pesquisas técnicas e científicas. • Apelo da sustentabilidade da Amazônia. • Incentivo de indústrias do PIM a centros de P&D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variação dos preços das resinas vírgens; • Pressão de mercados internacionais; • Externalidades; • Dificuldades e custos logísticos; • Restrições de qualidade do produto final.

Fonte: Vanessa Meireles, 2016.

Com a análise da Matriz de SWOT foi possível identificar as falhas de mercado da reciclagem de plásticos e perceber que os fatores internos tem se sobreposto aos fatores externos. O desenvolvimento da reciclagem de plásticos em Manaus depende do desenvolvimento do mercado através da oferta e demanda e resinas plásticas que tende a crescer, e concomitantemente de uma reestruturação desse mercado local com a participação

de outros agentes (recicladoras, Estado, tecnologias e outros) que possam incentivar o livre comércio da reciclagem de resíduos plásticos.

O polo industrial de Manaus é um organismo que ao mesmo tempo oferta e demanda resinas plásticas, a reciclagem do plástico industrial e a reinserção das mesmas no mercado local é um fator para promover a sustentabilidade da Amazônia assim como a sustentabilidade empresarial da reciclagem.

Promover a sustentabilidade empresarial também é um fator de manutenção e regulação do mercado, pois fortalece as instituições e os sistemas de governança que sustentam as empresas, e promovem o desenvolvimento econômico.

6. CAPÍTULO III

Com o contexto socioambiental de impactos globais, o contínuo desenvolvimento industrial e o crescente apelo ambiental, conhecer os processos de produção industrial e principalmente seus impactos (benéficos e adversos) tornou-se uma necessidade para as empresas que buscam desenvolver-se sustentavelmente.

Independente da tecnologia de tratamento, a geração de resíduos sólidos já representa um impacto ambiental, pois a PNRS recomenda a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e por final o tratamento, hierarquicamente como mais indicados para a gestão sustentável. Medidas de produção mais limpa, políticas públicas, legislação ambiental, fiscalização dos órgãos de regulação e outros fatores influenciam essa cadeia.

Na figura 3 são apresentadas as influências de processos que contribuem para a geração e destinação de resíduos industriais. Como influências pretéritas têm-se fatores: econômicos e políticos da dinâmica da produção industrial, assim representado.

- Mercado: que regula a compra e venda de produtos e a demanda por inovações que atendam os consumidores;
- Insumos: elementos essenciais para a produção como equipamentos e tecnologias;
- Legislação e medidas de controle: regulam as atividades de acordo com as normas brasileiras;
- Políticas públicas de incentivo: representadas por incentivos econômicos e fiscais do poder público para o desenvolvimento de empreendimentos;
- Matéria prima (material a ser reciclado) e recursos naturais: como água, combustíveis fósseis, energia, e outros fundamentais para a produção.

O processo produtivo demanda de mão de obra (especializada ou não), que de acordo com a legislação brasileira tem direitos assegurados pelo empregador e a demanda da produção também regula a oferta de empregos. Consequentemente ao final do processo tem-se como resultado o produto a ser encaminhado para venda, e os resíduos, que podem ser amenizados de acordo com o uso de tecnologias internas aos processos. Os resíduos fazem parte dessa produção, e devem ser analisados como um resultado do processo a ser incorporado aos custos dessa produção, e reaproveitado o máximo possível dentro do próprio processo através da reciclagem interna e da reutilização.

O tratamento de resíduos mesmo como serviços externos à indústria de geração devem fazer parte do sistema de gestão da geradora, que é responsável legal pelos resíduos até a destinação final que deve ser constantemente reavaliada em busca por técnicas cada vez mais ambientalmente adequadas. Essa reavaliação compete não somente as indústrias geradoras, mas também aos órgãos reguladores de políticas públicas que devem incentivar a inovação e desenvolvimento tecnológico na região Amazônica.

Os sistemas de tratamento também geram resíduos e impactos ambientais, por isso quanto menor o fluxo entre a geração de resíduos e a destinação final, possivelmente menor será o impacto ambiental causado, pois em cada fase há o consumo de recursos naturais: águas, energia, combustíveis fósseis e outros custos operacionais.

No Sistema de produção industrial e gestão de resíduos sólidos, considerado ideal, (figura 3), a avaliação dos resíduos deve ser considerada do berço ao túmulo, desde a fase de planejamento e desenvolvimento até o produto final e seus impactos. A gestão dos resíduos do PIM, ainda funciona com “tecnologias de fim de tubo” com ações paliativas para os resíduos sólidos, visando apenas à destruição do resíduo.

Os resíduos sólidos do PIM são um problema para sustentabilidade ambiental de Manaus, mas ao mesmo tempo também são um recurso para movimentação de um mercado local que só tende a crescer, o da recuperação de matéria prima e energética. A pesquisa apontou que o uso de inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para o tratamento e destinação de resíduos plásticos podem ser aplicados para solucionar concomitantemente três das principais demandas da sociedade moderna: a destinação de resíduo, a necessidade de matéria prima e o consumo de energia.

Neste capítulo são descritos os sistemas de tratamento de resíduos utilizados para o plástico residual gerado nas indústrias do PIM e através da avaliação dos aspectos e impactos ambientais determinou-se a sustentabilidade desses processos. Como proposta de melhorias para implementação de um sistema de tratamento em ciclo fechado para os resíduos plásticos, foram descritas quatro áreas a serem trabalhadas para manutenção da sustentabilidade do tratamento de resíduos sólidos na Amazônia: a produção mais limpa, a logística reversa, a bolsa de resíduos e a recuperação energética.

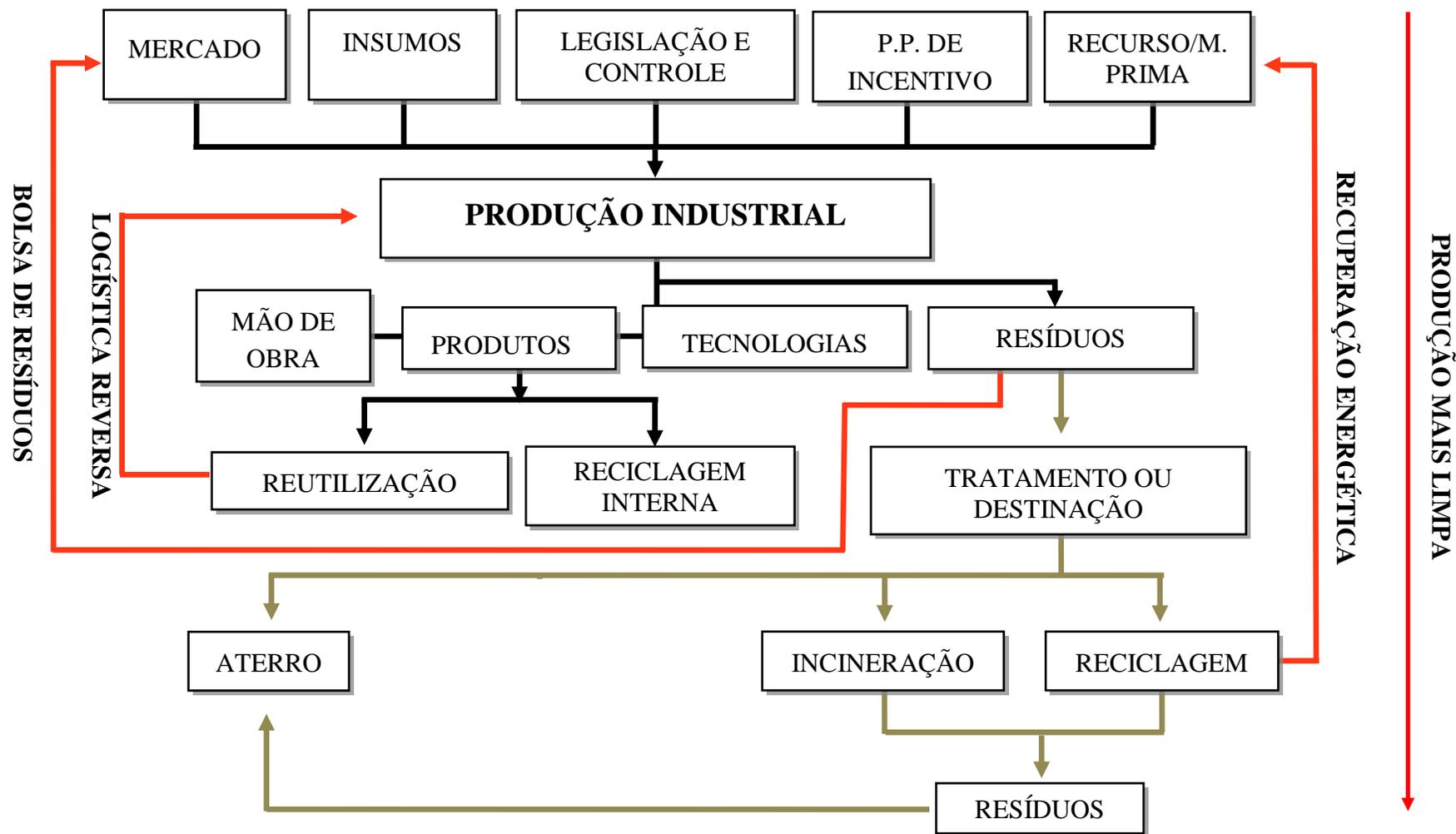


Figura 3: Fluxograma de interação de sistemas de produção industrial e gestão de resíduos sólidos.

Autora: Vanessa Meireles, 2016.

6.1. LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS.

A partir dos levantamentos em campo e do conhecimento da realidade do município, pode-se afirmar que os processos de tratamento e destinação final de resíduos plásticos industriais disponíveis em Manaus se limitam a três sistemas: reciclagem, aterro sanitário e incineração, processos amplamente conhecidos e utilizados por outros mercados.

Há também na cidade o coprocessamento¹¹ de resíduos, porém é realizado por uma única empresa, que recusou-se a participar desta pesquisa. Trata-se de uma tecnologia pouco utilizada para destinação de resíduos, pois o processo considera o resíduo como um combustível, que deve ser de interesse da indústria de cimento e não do gerador de resíduo, e não absorve todos os resíduos.

A sistematização dos dados de tratamento e disposição final de resíduos do PIM, elaborado pela SUFRAMA e pelo IPAAM (capítulo 1), permite observar a sobreposição de uma tecnologia de tratamento em detrimento a outra, e a escolha dessa destinação de resíduos nem sempre é pautada pela sustentabilidade. Os custos de cada tratamento influenciam diretamente a escolha feita por gestores de cada indústria quanto à destinação.

Apesar da reciclagem ser incentivada e suas técnicas amplamente discutidas, nem todas as empresas implantam programas de reciclagem eficientes e de qualidade. Desta forma os gestores dão preferência a processos de disposição em aterro ou incineração, elas atropelam de alguma forma a sequência primordial estabelecida pela PNRS, que concebe a redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final.

A redução da geração de resíduos, a reutilização dos resíduos sólidos e as ações de reciclagem, previstas na PNRS são propostas que evidenciam a prática sustentável de gestão. Após o esgotamento dessas possibilidades passa-se para uma etapa posterior que compreende o tratamento e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Como parte dos resíduos plásticos industriais não são reciclados é preciso indicar alternativas disponíveis para destinação e tratamento dos mesmos, alternativas que sejam

¹¹ RESOLUÇÃO CONAMA nº 264 de 1999 define coprocessamento como, técnica de utilização de resíduos sólidos industriais a partir do processamento desses como substitutos parciais de matéria-prima e / ou de combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento.

econômica e ambientalmente sustentáveis. Desta forma, a avaliação de aspectos e impactos ambientais conforme recomenda a NBR ISO 14.001, permite identificar através das atividades de cada processo industrial os possíveis impactos ambientais e a partir disso traçar medidas de controle ambiental baseadas na legislação e normas regulamentadoras.

Segundo Sánchez (2008) a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é um instrumento utilizado para descrever, classificar e propor medidas que minimizem os impactos ambientais decorrentes de processos de engenharia e atividades humanas.

De acordo com a resolução CONAMA nº 01, a análise dos impactos ambientais de um projeto e de suas atividades deve ser feito através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais (RESOLUÇÃO CONAMA nº 01 de 1986).

A ISO 14.001 (2015), descreve os aspectos ambientais como elementos das atividades produtivas capazes de interagir com o meio ambiente com potencial de causar impactos ambientais.

A interação com o meio ambiente é inevitável, pois as atividades humanas se relacionam com fatores bióticos e abióticos do entorno e sua área de abrangência, influenciando e sendo influenciado por esses fatores. Os impactos ambientais serão exatamente o resultado dessa interação. Por isso identificados os aspectos ambientais como causas e os impactos ambientais como efeitos.

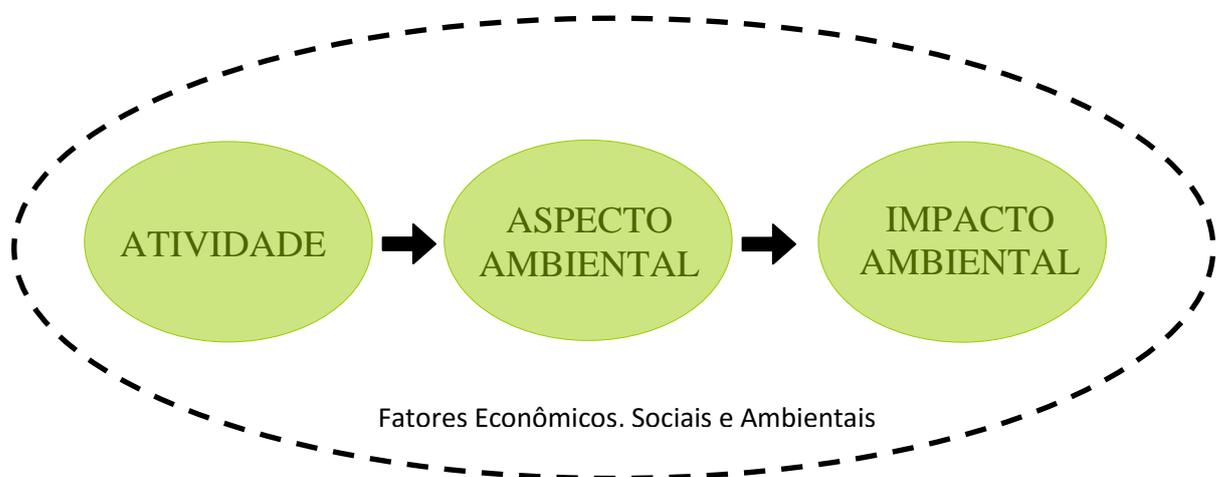


Figura 4: Interação entre atividades, aspectos e impactos ambientais.
A autora: Adaptado de Sánchez, 2008.

A resolução CONAMA, define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. (RESOLUÇÃO CONAMA nº 01 de 1986).

Para Sánchez (2008), impacto ambiental é a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana.

Pode-se entender os impactos ambientais adversos como resultado da poluição que de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Nº 6.938/81), é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que: Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; Afetem desfavoravelmente a biota; Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Também de acordo como a Política Nacional do Meio Ambiente o poluidor pode ser representado por pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.

O levantamento dos aspectos ambientais de uma atividade, assim como a classificação dos impactos ambientais, possibilita prever as possíveis alterações ao meio ambiente e assim traçar medidas que minimizem os danos.

Para classificação dos impactos ambientais gerados pelos sistemas de tratamento e destinação de resíduos plásticos industriais, será utilizada a tabela 5 como matriz de referência para definição dos critérios: efeito, natureza, temporalidade, duração, reversibilidade, magnitude, abrangência, frequência e significância.

Tabela 5: Parâmetros de avaliação de impacto ambiental.

IMPACTOS	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	VALOR
Efeito	Benéfico - A ação beneficia todas as partes ligadas direta ou indiretamente com o empreendimento;	1

	Adverso - Existe a possibilidade de ocorrer um impacto de caráter significativo no meio.	2
Natureza	Direto - A ação atinge a área de influência do empreendimento, ou seja, dentro dos limites da empresa;	1
	Indireto - O impacto vai além do entorno da empresa.	2
Temporalidade	Temporário – O impacto cessa logo após a ação impactante;	1
	Permanente - O impacto perdura por um tempo, mesmo após o término da ação;	2
	Cíclico - A ação apresenta uma sazonalidade.	3
Duração	Curto - A ação permanece num curto espaço de tempo;	1
	Médio - A ação pode ser cessada após um tempo	2
	Longo - O impacto pode ser considerado irreversível.	3
Reversibilidade	Reversível - O local pode voltar a ter a paisagem original.	1
	Irreversível - Após a ação impactante, mesmo com medidas mitigadoras, o local não volta a ter a paisagem original.	2
Magnitude	Pequena – O meio permanece inalterado;	1
	Média - O meio apresenta uma leve alteração quanto à sua paisagem, porém de forma inexpressiva;	2
	Grande - A ação altera toda a paisagem.	3
Abrangência	Local - A ação em uma área pequena, não ocasionando risco de espalhar;	1
	Regional - O impacto estende-se por uma área um pouco maior, em geral, no entorno do empreendimento;	2
	Global - A ação não tem controle afetando assim outras regiões.	3
Frequência	Baixa - Probabilidade de ocorrência é pequena;	1
	Média - Quantidade de vezes que o impacto ocorre, apresenta uma ocorrência considerável;	2
	Alta - Ação impactante repetitiva.	3

Significância	Não Significativa - O impacto provocado não altera a qualidade de vida do meio ou do homem	1
	Moderada - A área lesionada pela ação, quando negativa, pode ser recuperada e quando positiva, apresenta uma melhoria razoável na qualidade de vida.	2
	Significativa - A ação impactante apresenta uma significativa evolução benéfica ao meio ambiente, quando positiva, e uma perda na qualidade de vida quando negativa.	4

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ, 2008.

Quanto maior o impacto causado, maior é a nota atribuída para cada item avaliado, assim, o sistema de tratamento com menor pontuação é considerado o mais sustentável, e mais indicado para receber os resíduos plásticos do PIM. Na sequência serão apresentadas informações sobre os processos disponíveis e uma avaliação dos impactos ambientais de cada um destes processos.

a) **Reciclagem mecânica**

A reciclagem é o reprocessamento, em um novo processo de produção, dos resíduos de materiais para o fim inicial ou para outros fins, mas não incluindo a revalorização energética e a orgânica. O processo de reciclagem é a conversão de embalagens pós-consumo e/ou aparas de conversão industrial, separadas e coletadas, em um produto ou matéria-prima secundária.

Reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. Sendo uma das alternativas para diminuir o impacto ambiental do excesso de resíduos (Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010).

A reciclagem favorece a sustentabilidade tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico e social. Além de reprocessar o resíduo transformando-o em matéria-prima, a reciclagem movimenta a economia e a geração de empregos. Mas nem todos os resíduos são classificados como recicláveis de acordo com sua composição físico-química.

A resina plástica reciclada volta ao cenário de produção industrial, com qualidade condizente ao produto que se deseja fabricar, e com um valor inferior a resina virgem, além de evitar o descarte do resíduo.

O nível de exigência sobre a qualidade do material a ser reciclado vem aumentando, assim como a demanda. As indústrias que trabalham com matéria-prima reciclada exigem para compra dos materiais três condições básicas: escala de produção; regularidade no fornecimento; qualidade do material. Assim, a obtenção de materiais classificados corretamente, limpos e conseqüentemente com maior valor agregado facilita o reprocessamento do plástico e a comercialização do granulado como matéria prima¹² ou insumo¹³.

Uma das dificuldades em se estabelecer uma cadeia economicamente sustentável para a reciclagem do plástico é a falta de estabilidade na produção da matéria prima (sucata plástica) que depende diretamente da geração de resíduos e da qualidade desse resíduo que precisa estar segregado corretamente e livre de contaminantes. A variação do fornecimento de sucata plástica para as empresas de reciclagem influi no preço e desestabiliza a produção de granulado e resina reciclada.

A reciclagem mecânica é a mais utilizada no Brasil em comparação com a química ou energética, devido às facilidades de disseminação do processo. Um dos entraves da reciclagem mecânica do resíduo plástico é a qualidade de segregação, habitualmente o resíduo é uma mistura de diversos polímeros com presença de material orgânico e outros resíduos.

Barros (2013), afirma que por ser um material muito versátil o resíduo plástico pode ser reciclado por 4 maneiras distintas:

1. Reextrusão (primária) é realizada, normalmente, ainda no processo de produção industrial, quando aparas e restos de polímeros são reintroduzidos na extrusão para a produção do mesmo material de origem.
2. Reciclagem mecânica (secundária) é o uso do plástico proveniente de coleta seletiva para reintrodução do material processado mecanicamente em plantas

¹² Substância principal que se utiliza no fabrico de alguma coisa; idade do que está em estado bruto, que precisa ser trabalhado, lapidado; base, fundamento.

¹³ Cada um dos elementos (matéria-prima, equipamentos, capital, horas de trabalho etc.) necessários para produzir mercadorias ou serviços.

industriais de transformação. É feita a partir da trituração dos plásticos já segregados de acordo com sua classificação é o procedimento mais barato e mantém uma boa qualidade do produto. No Brasil é a mais utilizada. Nem todos os plásticos podem ser reciclados mecanicamente devido a grande variedade de plásticos com diferentes composições químicas.

3. Reciclagem química (terciária) converte resíduos plásticos em seus constituintes originais (monômeros), através do aquecimento ele é "quimicamente desmontado" tornando-se um líquido oleoso e a matéria-prima pode então ser utilizada novamente na indústria petroquímica.
4. Reciclagem energética (quaternária) implica na queima de resíduos plásticos em sistemas de incineração com produção de calor, vapor ou energia elétrica. O poder calorífico do plástico é superior ao do carvão e próximo ao produzido pelo óleo combustível.

A reinserção de resíduos na cadeia de produção gera economias no processo industrial, movimenta o mercado gerando oportunidades de negócio e empregos e, sobretudo, minimiza a pressão e os impactos ao meio ambiente. Mas manter essa cadeia do plástico reciclado economicamente produtiva requer grandes investimentos em equipamentos, tecnologia, e principalmente em procedimentos de gestão que impeçam a contaminação e perda da qualidade do resíduo.

O correto manejo dos resíduos sólidos industriais favorece a reciclagem dos resíduos e evita a contaminação, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), é um instrumento da PNRS para garantir a correta gestão individual das instituições, empresas e indústrias geradoras de resíduos potencialmente poluidores. O PGRS deve conter informações sobre: quantidades, manejo, segregação, beneficiamento, transporte, tratamento de destinação final dos resíduos industriais.

Uma das determinações do PGRS é a separação prévia dos resíduos na fonte de geração, para facilitar a reutilização e a reciclagem. Essa prática é definida através da coleta seletiva, que estabelece de maneira simples, prática e de fácil entendimento um código de cores com padrões internacionais para identificação visual dos resíduos conforme sua constituição ou composição;

A Resolução CONAMA nº 275 (2001) determina as diferentes cores para cada tipo de resíduo, que deve ser adotado na identificação de coletores, sacos plásticos de

movimentação e transporte dos resíduos. A prática da coleta seletiva evita a contaminação de resíduos sólidos, a fim de favorecer a reciclagem.

A reciclagem é hoje o método mais eficiente que há na renovação de recursos ambientais, pois proporciona que um determinado material seja recolocado em seu ciclo de vida útil fazendo com que não haja necessidade de captação de novas fontes naturais para produção de novos produtos (FRAXE *et al*, 2011).

Foram identificadas 11 recicladoras de plástico licenciadas pelo IPAAM, para coleta, transporte, beneficiamento, reprocessamento e venda de material reciclado. Grande parte das recicladoras é formada por empresas de pequeno porte que recolhem resíduos da zona urbana da cidade, mas que não possuem aporte e nem estrutura para atender as indústrias do PIM.

Os resíduos plásticos industriais são tratados majoritariamente por uma empresa que segundo a mesma, *“possui a mais variada planta de reciclagem plástica da América Latina”*. Situada no distrito industrial de Manaus, com representações em outros estados brasileiros a recicladora 1 (R1) é a maior recicladora de Manaus a absorve resíduos das maiores indústrias do PIM.

A recicladora 1 possui 325 funcionários que trabalham em horário comercial para atender a demanda direta de 136 indústrias do PIM, além do atendimento indireto de outras empresas. A empresa possui 34 veículos de transporte, dos mais variados tipos para coleta de resíduos.

A tabela 6 apresenta a movimentação de resíduos da recicladora 1 dos últimos 4 anos, e faz uma relação entre a quantidade de resíduos plásticos que entrou na empresa, o que foi reciclado e o que foi perdido e precisou ser incinerado ou destinado ao aterro de Manaus.

Tabela 6: Relação de resíduos recebidos para tratamento, reciclados e destinados a aterro ou incineração da recicladora 1.

PROCESSO	2012	2013	2014	2015
Recebido (ton)	12.915	12.074	13.279	11.373
Reciclado (ton)	11.010	9.682	8.508	7.653
Incineração ou Aterro (ton)	1.905	2.392	4.771	3.720

Fonte: SGI da recicladora 1.

A contaminação dos resíduos na geração ou no transporte é responsável pela perda de cerca de 30% do resíduo recebido. O que não é absorvido para reciclagem é encaminhado para outras empresas parceiras, incineradoras, recicladoras ou para o aterro municipal. Os principais tipos de plástico reciclados na R1 são Polipropileno, Poliestireno, Polietilenos e o ABS (Acrilonitrila-butadieno-estireno).

Os resíduos que chegam à empresa são pesados e encaminhados para triagem. A separação dos resíduos é manual e de acordo com as características físicas visuais para classificação do tipo de plástico o que representa uma dificuldade para a reciclagem. Após triagem e classificação dos plásticos é realizada moagem e limpeza. O material é moído em grandes máquinas que diminuem o diâmetro do material sólido. Em seguida dá-se a lavagem, para retirada de impurezas e sólidos agregados ao plástico. O material limpo passa então no aglutinador, uma máquina centrífuga que retira água e qualquer outra substância da resina plástica, também podem ser acrescentados dessa fase compostos que alterem as características da resina. A resina totalmente vai para extrusora, equipamento que aquece o termoplástico, transformando-o em filetes de plásticos que são resfriados em água e posteriormente são triturados em grânulos. Os grânulos são embalados, pesados, identificados e armazenados na expedição. A figura 5 representa as fases do processo de reciclagem, para vários tipos de polímeros, conforme o que foi constatado na recicladora 1.

O plástico reciclado na R1 além do Amazonas atende o mercado de plásticos de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Alguns tipos de plásticos apresentam barreiras no processo de reciclagem, um plástico pouco valorizado no mercado local é o isopor (poliestireno), muito utilizado em embalagens dos produtos do PIM. O isopor é um termoplástico expandido de fácil reciclagem, mas que necessita de um equipamento exclusivo para reciclagem.

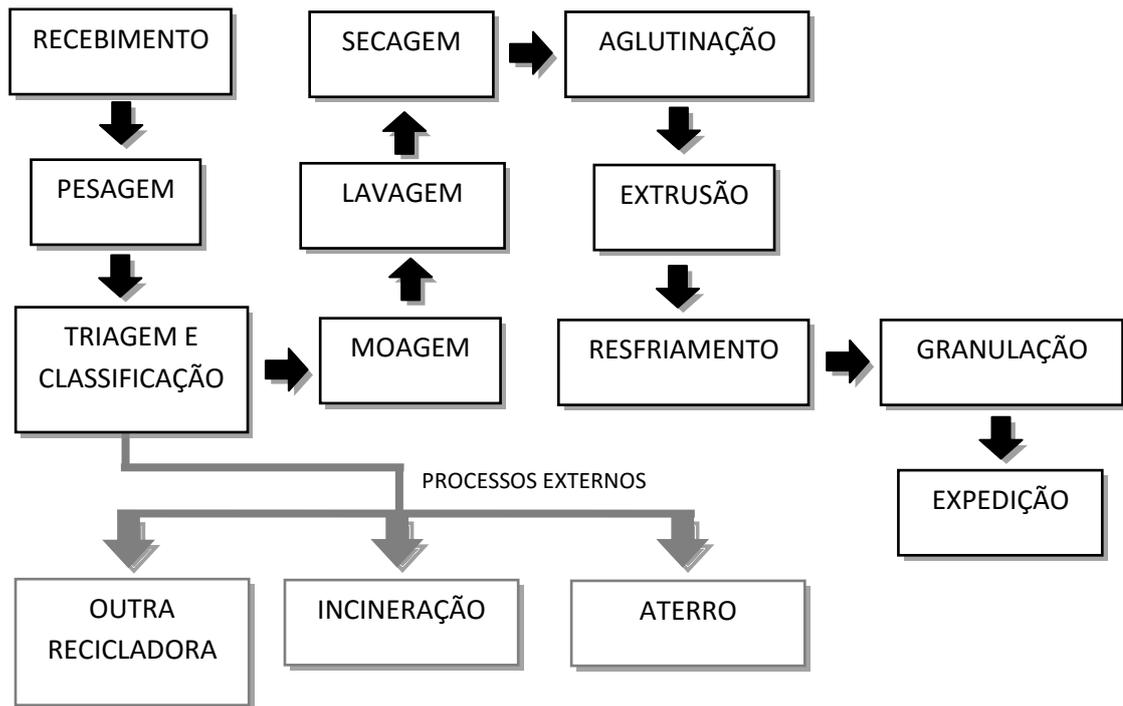


Figura 5: Fluxograma do processo de reciclagem de resíduos plásticos.
 Autora: Vanessa Meireles, 2016.

Foi realizado levantamento em uma segunda empresa de reciclagem, identificada como recicladora 2 que trabalha majoritariamente com isopor. A recicladora 2 (R2) localizada na zona leste da cidade, atua como subcontratada da R1, e recebe todo isopor coletado pela primeira empresa, assim como também coleta e recebe resíduos de outras empresas. O processo de reciclagem do isopor é semelhante ao praticado com os outros plásticos na R1, mas requer uma máquina própria, que no caso da recicladora 2 foi importada da China.

O valor pago por quilo ou tonelada de resíduos em Manaus é muito variável, de acordo com o tipo e qualidade do resíduo, quantidade, tempo de contrato, e outros fatores. Na recicladora 1, que só recebe resíduos em grande quantidade das indústrias do PIM, são pagos em entre R\$0,40 e R\$1,50 por quilo de resíduo recebido. Com o reprocessamento industrial, o granulado de plástico reciclado é vendido em média por 3,50.

O processo de reciclagem plástica, apesar de reinserir o resíduo no mercado e aumentar o seu ciclo de vida, ainda sim representa um processo que causa impactos ao meio ambiente. O consumo de água, energia e a geração de resíduos são alguns dos aspectos ambientais representados na tabela 7.

Tabela 7: Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais da reciclagem de resíduos plásticos.

RECICLAGEM MECÂNICA												
PROCESSOS	ASPECTO	IMPACTO	Efeito	Natureza	Temporalidade	Duração	Reversibilidade	Magnitude	Abrangência	Frequência	Significância	QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO
Recebimento do resíduo	Descarregamento do caminhão	Lesão física por retenção ao empregado	2	1	2	2	1	1	1	1	2	13
	Ruído do veículo	Perda auditiva	2	1	2	2	1	1	1	1	1	12
Armazenamento do resíduo da recicladora	Pilhas de resíduo	Poluição visual	2	1	1	1	1	1	1	1	1	10
	Acidentes	Lesão corporal do empregado	2	1	2	2	1	1	1	1	2	13
Limpeza do resíduo e Resfriamento	Uso de produtos químicos	Contaminação do efluente	2	2	2	2	1	2	2	3	1	17
	Lavagem do plástico	Consumo de água	2	2	2	1	1	2	2	3	1	16
	Geração efluente	Alteração da qualidade da água	2	2	2	2	1	2	2	3	2	18
Transporte e Movimentação de resíduo	Transporte em empilhadeira ou caçambas	Consumo de fósfil (GLP, gasolina, diesel)	2	2	2	3	2	2	1	3	1	18

Moagem, Extrusão e Granulação.	Ruído	Incômodo à vizinhança	2	2	1	1	1	2	2	3	1	15
	Consumo de energia elétrica	Escassez do recurso	2	2	2	2	1	2	2	3	2	18
	Emissão de calor	Alteração da qualidade do ar	2	1	1	1	1	1	1	3	1	12
	Emissão de vapores	Alteração da qualidade do ar	2	1	1	1	1	1	1	3	1	12
	Uso de Aditivos químicos	Contaminação do solo e da água	2	2	2	2	1	1	1	2	1	14
	Emissão de particulado	Alteração da qualidade do ar	2	1	1	1	1	1	1	3	1	12
	Geração resíduos e borras	Contaminação do solo e da água	2	2	1	2	1	1	1	1	1	12
Manutenção dos equipamentos	Uso de óleo lubrificante	Esgotamento de recursos naturais	2	2	1	3	2	2	1	1	1	15
	Vazamentos	Contaminação do solo e da água	2	1	1	2	1	2	2	1	1	13
	Risco de Incêndios	Alteração da qualidade do ar	2	2	2	1	2	3	2	1	3	18
	Risco de explosões	Alteração da qualidade do ar	2	2	2	2	2	3	2	1	3	19
	Geração de resíduos contaminados	Contaminação do solo e da água	2	2	1	2	1	1	1	1	1	12
Ensacamento	Consumo de embalagens não retornáveis	Geração de resíduos	2	2	1	1	1	1	1	2	1	12

Fonte: Vanessa Meireles, 2016.

Na Avaliação dos impactos ambientais da reciclagem podemos destacar como impacto mais significativo respectivamente:

1. Alteração da qualidade do ar através do risco de incêndios e explosões, pelo funcionamento que maquinário em área de acúmulo de material altamente inflamável, e pela localização da recicladora, ao lado de outras indústrias. Apesar de uma baixa frequência, a abrangência deste impacto seria significativa, atingindo a zona de influência, além dos muros da empresa.
2. Escassez do recurso através do consumo de energia elétrica do funcionamento constante da linha de produção. O reprocessamento da resina reciclada consome menos energia que o processamento da resina virgem, mesmo assim o consumo de energia em linhas de produção industrial é um dos principais impactos ambientais da reciclagem.
3. O uso de produtos químicos e aditivos no processo de reciclagem pode gerar contaminação do efluente industrial.
4. Consumo de combustíveis fósseis através do transporte em empilhadeira ou caçambas, a empresa de reciclagem faz a coleta externa e a movimentação interna dos resíduos plásticos com veículos particulares. Essa atividade é frequente, e de duração irreversível devido à escassez mundial do petróleo.
5. A atividade de lavagem de resíduos tem alto consumo de água e conseqüentemente a geração de efluente, que deve ser tratado de acordo com as normas e legislação pertinente para que as alterações do corpo receptor sejam mínimas.

A reciclagem, apesar de apresentar-se preferencialmente diante dos outros sistemas de tratamento aqui apresentados, também gera impactos tal qual os outros processos, porém o fato de recuperar a matéria prima de resíduos e evitar impactos diretos dos mesmos ao meio ambiente faz da reciclagem o sistema de tratamento mais sustentável em relação a destinação dos resíduos sólidos.

b) Disposição em aterro

A disposição de resíduos sólidos em aterros é um dos primeiros mecanismos que o ser humano encontrou para se livrar do lixo indesejado. Antecedido por lixões, os aterros de

controle ou sanitários são sistemas rudimentares de controle dos resíduos. Cada município do Brasil possui ao menos um aterro (ou lixão) para depósito dos resíduos.

Em 2010 a PNRS determinou que até agosto de 2014 fossem extintos os lixões¹⁴ e aterros controlados¹⁵ em todas as cidades brasileiras e substituídos por aterros sanitários¹⁶. Mas até o fim do prazo mais de 60% das cidades brasileiras ainda não haviam se adequado (G1, 2014). Manaus é a única cidade nos 62 municípios do Amazonas a possuir um aterro licenciado.

A predominância de uso de aterros como disposição final de resíduos sólidos se dá pelos seguintes fatores: falta de capacitação técnico-administrativa, baixa dotação orçamentária, pouca conscientização da população quanto aos problemas ambientais ou mesmo falta de estrutura organizacional das instituições públicas envolvidas com a questão nos municípios (ZANTA E FERREIRA, 2003).

Apesar de a PNRS apontar os aterros sanitários como uma alternativa pra destinação final dos resíduos sólidos, são apenas paliativos. A disposição direta de resíduos a aterros sanitários, sem uma prévia segregação e tratamento dos resíduos não pode ser considerado como um tratamento ambientalmente adequado, pois gera um passivo ambiental insustentável que não é remediado, apenas acumulado causando severos impactos ao meio ambiente. Devem ser esgotadas as alternativas anteriores e por fim, o resíduo que já não pode ser reutilizado, reciclado ou tratado deve ser destinado a aterro sanitário.

Segundo a pesquisa Ciclosoft no site do CEMPRE, realizada em 766 municípios brasileiros, mais de 15% da composição da coleta seletiva são plásticos, mesmo representando 15% os resíduos plásticos tem causado grandes impactos ambientais quando descartado de maneira inadequada, por ter uma vida útil longa, dificuldades de segregação, resistência à degradação, baixa densidade e grande volume.

O aterro municipal de Manaus foi implantado em 1986 no Km 19 da rodovia AM-010 que liga Manaus a Itacoatiara, criado inicialmente para atender a crescente geração de

¹⁴ Lixões são vazadouros a céu aberto, onde o lixo é lançado sobre o terreno sem qualquer cuidado ou técnica especial.

¹⁵ Aterros controlados tem o mínimo de cuidado em recobrir o resíduo após a jornada de trabalho e compactar em menor área possível.

¹⁶ Os aterros sanitários são a forma de disposição mais econômica de resíduos sólidos, consiste na disposição do lixo coletado no solo impermeabilizado, utilizando-se métodos de engenharia para confinar os despejos na menor área e volumes possíveis e cobri-los com uma camada de terra diariamente ou em períodos mais frequentes, com controle e emissões e efluentes.

resíduos da cidade em expansão, inicialmente como um lixão longe do centro urbano. Após uma série de melhorias hoje conta com uma área de 75 hectares que funciona 24h para atender a coleta urbana, resíduos de serviço de saúde e resíduos particulares (industriais e de construção civil).

São recebidas diariamente cerca de 2.800 toneladas de resíduos diversos, representados em maior porcentagem por resíduos sólidos urbanos. A crescente geração de resíduos sólidos tem diminuído a vida útil do aterro, que hoje tem projeção estimada até 2021. O aterro pertence ao município, mas atualmente é administrado por um consórcio de 3 empresas, MARQUISE, TUMPEX e CRA, fiscalizadas pela Secretaria Municipal de Limpeza e Serviços Públicos (SEMULSP).

Em 2010 atendendo a PNRS, o aterro recebeu o licenciamento ambiental como aterro sanitário, por meio de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), entre a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS) e SEMULSP.

A zona de abrangência do aterro de Manaus conta com 5 lagoas de tratamento, poços de monitoramento, rede de drenagem de águas pluviais, compostagem e usina de queima de biogás. Apesar de melhorias significativas desde a criação, o aterro ainda possui muitas deficiências. Embora existam células exclusivas para resíduo hospitalar e orgânico, não existe nenhum procedimento de segregação de recicláveis ou inertes. O resíduo que chega é encaminhado diretamente para células de depósito.

Quanto aos resíduos industriais, o aterro recebe apenas resíduos não perigosos, destinados através de empresas de transporte cadastradas na SEMULSP que pagam cerca de R\$ 198,00 por tonelada de resíduo. O resíduo destinado ao aterro não passa por nenhum tipo de triagem, os caminhões ao chegarem são pesados, é gerada uma fatura, e o caminhão descarta o resíduo na célula disponível.

Desde 2006 a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) faz o monitoramento e a avaliação da contaminação dos recursos hídricos na área do entorno do aterro, a cada 3 meses as análises são repetidas para acompanhamento e detecção de impactos ambientais às zonas de influências.

A compostagem ainda é muito deficitária, realizada apenas com os resíduos coletados nas feiras da cidade, são produzidos 40 t/mês de composto que é utilizado na manutenção de praças e jardins da cidade. A produção não é regular, e apesar da qualidade do composto a produção não é eficiente.

Desde 2009 o gás de lixo produzido no aterro é captado através de uma rede de 5 km de tubulações instaladas nas células de depósito, e drenados para usina de queima de biogás. A usina funciona 24h e queima cerca de 6.200 m³/h de gás, apesar da capacidade de produção do aterro ser maior. A energia produzida na queima do biogás é perdida, pois não há no aterro um sistema de produção e redistribuição de energia.

Segundo Costa (2012), o aterro municipal de Manaus acumula mais de 20 milhões de toneladas de resíduos sólidos e produz aproximadamente 4.700 toneladas de gases de efeito estufa, sendo 53% deste gás metano. A produção de energia através dessa usina poderia chegar a 16,9 MW, suficiente para atender cerca de 300 mil habitantes. Segundo o Ministério das Cidades (2008), o Brasil já possui tecnologia para geração de energia através do gás de lixo, em São Paulo os aterros Bandeirantes e São João, realizam o aproveitamento do biogás para a geração de energia elétrica, sendo que ambos possuem uma capacidade instalada de cerca de 20 MW.

O uso de biogás para produção de energia elétrica apresenta-se como uma oportunidade de remediação do passivo ambiental deixado por lixões e aterros, além de impedir a dispersão da emissão atmosférica no ambiente e produzir energia limpa, com ganhos, sociais, econômicos e ambientais.

Como ganhos sociais, como o aterro pertence à prefeitura, pode-se propor que a energia gerada seja repassada para a concessionária para fim de baratear o custo de comunidades ou populações de extrema pobreza, ou na diminuição de custos com iluminação pública. As indústrias do PIM também poderiam ser atendidas por essa energia, diminuindo assim o consumo através de termoeletricas, ampliando a matriz energética regional. Além dos ganhos ambientais com a diminuição de GEE e outros.

O biogás gerado nos aterros apresenta elevada concentração de metano, de até 75%, e de dióxido de carbono (entre 25% e 45%), além de outros gases (média de 1%) produzidos pela fermentação de matéria orgânica e biodegradável presente no lixo (COSTA, 2012). A destinação de resíduos inertes como plástico para aterros diminui a qualidade potencial de geração de biogás, mesmo que não haja nenhum projeto de implantação de recuperação energética para área.

No levantamento técnico *in loco* (em novembro de 2015) foi possível identificar que ao lado do aterro está sendo construída uma avenida e que o crescimento da cidade para a zona norte passa pelo aterro. Esta zona vem apresentando intensa expansão de residências e

empreendimentos, principalmente condomínios residenciais e indústrias. O lote mais alto de depósito de resíduos estava com 130 m de altura, podendo chegar a 143m segundo os gestores da unidade.

A presença de urubus (*Coragyps atratus*) atraídos pelos resíduos também é outro impacto visível na região, além dos riscos às aeronaves. Segundo os gestores do aterro, existe um plano de manejo de aves para diminuir a incidência de acidentes com aves na região.

Deve-se ressaltar que a disposição em aterro trata-se de uma solução a tudo aquilo que não pôde ser reciclado ou recuperado. Esta é a proposta ideal, porém a realidade apresenta o inverso. Não existe nenhum tipo de avaliação ou valorização do resíduo que é enviado para o aterro, material servível e reciclável é acumulado em bolsões de lixo, prejudicando outros processos de decomposição.

Além da perda econômica, o lançamento de resíduos em aterros ou em locais inadequados geram impactos ao meio ambiente por contaminação e poluição. No caso dos recicláveis inertes, como o plástico, o elevado tempo para decomposição desse resíduo é um dos principais fatores de acúmulo de resíduos em aterro e poluição. Os plásticos lançados no meio ambiente podem levar até 600 anos para se decompor (CEMPRE).

Segundo a PNRS (2010), para que a disposição final seja considerada ambientalmente amigável devem ser priorizadas normas operacionais específicas para cada resíduo de acordo com sua classificação, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A tabela 8 apresenta o levantamento dos principais impactos ambientais provenientes do uso de aterros, em relação ao recebimento de resíduos plásticos são considerados os impactos da disposição direta deste resíduo sem uma prévia segregação.

Tabela 8: Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais da destinação final de resíduos plásticos a aterro.

DISPOSIÇÃO EM ATERRO												
PROCESSOS	ASPECTO	IMPACTO	Efeito	Natureza	Temporalidade	Duração	Reversibilidade	Magnitude	Abrangência	Frequência	Significância	QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO
Transporte Indústria/ Aterro	Consumo de combustíveis fósseis	Alteração da Qualidade do Ar	2	2	3	3	3	3	3	3	2	24
	Circulação de veículos pesados	Depredação da estrutura rodoviária da cidade	2	2	3	2	3	3	2	3	2	22
Uso do solo	Deposito de resíduos	Contaminação do solo e águas subterrâneas	2	2	3	3	3	3	2	3	4	25
	Desmatamento	Atração de vetores (mosquitos)	2	2	2	2	3	3	3	2	2	21
Acumulo de resíduos inertes em solo	Perda de área florestada	Diminuição de área para habitat de biodiversidade	2	2	3	3	3	3	2	2	2	22
	Passivo ambiental	Perda do potencial econômico	2	2	3	3	3	3	3	3	4	26
	Instabilidade do terreno	Desmoronamento das montanhas de depósito	2	1	3	3	3	3	1	1	2	19
Compactação do solo	Atropelamento de animais endêmicos	Perda da biodiversidade	2	2	3	3	3	3	1	1	2	20
	Uso de equipamentos pesados	Erosão e impermeabilização do solo	2	1	3	3	3	3	1	3	4	23

Decomposição de resíduos	Produção de chorume	Contaminação do solo e águas subterrâneas	2	2	3	3	3	3	3	3	4	26
	Produção de metano e outros GEE	Emissões atmosféricas e poluição do ar	2	2	3	3	3	3	3	3	4	26
	Emissão de odor	Alteração da Qualidade do Ar Incômodo à vizinhança	2	2	3	3	3	3	3	3	2	24
Lagoas de drenagem	Geração de resíduos: Lodo e Borra	Alteração da Qualidade do Solo	2	2	3	3	3	3	2	3	2	23
	Retenção de efluente contaminado	Alteração da Qualidade da Água	2	2	3	3	3	3	2	3	2	23
	Risco de transbordamento	Contaminação da zona de influência	2	2	3	3	3	3	2	3	2	23
		Doenças de veiculação hídrica	2	2	3	3	3	3	2	2	2	22
Poços de monitoramento	Acumulo de água percolada	Contaminação do aquífero	2	2	3	3	3	3	3	2	2	23
Usina de queima de gases	Queima do biocombustível sem recuperação energética	Perda de potencial energético	2	2	3	3	3	3	3	2	4	25
	Perda de calor	Alteração da qualidade do ar	2	2	3	3	3	3	3	3	4	26
	Emissão de carbono	Efeito estufa	2	2	3	3	3	3	2	3	1	22
	Sistemas de captação em pressão	Risco de explosão	2	2	3	3	3	3	3	3	4	26
	Captção e emissão de gases inflamáveis	Risco de Incêndio	2	2	3	3	3	3	2	1	4	23

Fonte: Vanessa Meireles, 2016.

Aterros sanitários são tecnologias de tratamento concebidas conforme ABNT NBR nº 8419/1996 que define a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e os procedimentos de instalação de aterros.

Essa forma de disposição é aceitável para atender o grande volume de geração de resíduos de centros urbanos, mas é preciso uma rigorosa gestão para limitar o recebimento de resíduos inertes, dentre eles o plástico.

A disposição de resíduos em aterro constitui, em Manaus a forma mais barata de destinar os resíduos sólidos de forma geral, porém a destinação de resíduos plásticos ao aterro não pode ser considerada como ambientalmente amigável, nem tão pouco sustentável, visto que ocupa um volume significativo nas células, apresenta baixa degradabilidade.

Na análise dos aspectos e impactos ambientais do uso de aterros de Manaus para destinação de resíduos plásticos, considerou-se que o plástico em si não é biodegradável, mas contribui pra sobrecarga do aterro e os impactos gerais do processo (tabela 08) foi possível identificar como mais significativos os seguintes impactos.

1. A perda do potencial econômico do resíduo plástico, quando o mesmo é acumulado em solo, isso gera um passivo ambiental irremediável devido o volume de resíduos depositado. A destinação de resíduos inertes ao aterro sanitário é, além disso, um agravante que diminui a vida útil do aterro;
2. A contaminação do solo e águas subterrâneas por conta da produção de chorume na área de influência de aterros sanitários é um impacto de grande significância, principalmente em aterro que inicialmente eram lixões sem impermeabilização como o caso do aterro de Manaus;
3. As emissões atmosféricas e poluição do ar pela produção de metano e outros GEE. A emissão de GEE é inerente a aterros, mesmo com a rede de captação para queima ainda existe a perda para o ambiente.
4. A contaminação de aquíferos pela percolação de água em solo contaminado. A severidade deste impacto fica explícita pela irreversibilidade de descontaminação e a área de abrangência dos impactos que ultrapassa limites territoriais;
5. No aterro estudado o gás de lixo produzido na decomposição dos resíduos orgânicos das células é queimado sem a recuperação do potencial energético para produção de energia.

Após o encerramento das atividades do aterro municipal de Manaus, prevista para 2021, a prefeitura pretende destinar os resíduos da cidade para um aterro particular já em construção, pela Construtora Marquise S/A, uma das atuais operadoras do aterro, a gestão por uma empresa particular certamente encarecerá esse tratamento, o que pode ser uma barreira de bloqueio que venha a diminuir o uso de aterros para destinação de recicláveis.

c) Incineração

A incineração é um processo de queima controlada na presença de oxigênio, onde os materiais à base de carbono são reduzidos a gases e materiais inertes (cinzas e escórias) com geração de calor. Esse processo permite a redução em volume e peso dos resíduos sólidos em cerca de 60 a 90%.

A instalação de uma unidade de tratamento térmico de resíduos deve atender no mínimo às seguintes condicionantes, sem prejuízo a outras exigências legais: área coberta para recebimento de resíduos; sistema de coleta de tratamento de chorume; registro de origem e quantidade do resíduo recebido; sistema de tratamento efluentes e emissões (CONAMA 316, 2002).

Para que um resíduo possa ser incinerado é necessário que previamente seja feita uma análise de toxicidade do resíduo de acordo com a ABNT NBR 10.004¹⁷, do poder calorífico, cinzas, umidade e da composição elementar (carbono, hidrogênio, enxofre, halogênios e nitrogênio). Para resíduos líquidos, além dos parâmetros anteriores, sólidos em suspensão e viscosidade em função da temperatura.

A incineração não resolve integralmente o problema da destinação dos resíduos, havendo a necessidade de se providenciar uma disposição final adequada para as cinzas e para o lodo resultante do tratamento dos gases (resíduos destinados normalmente a aterro). A necessidade de outro processo de tratamento para os resíduos gerados nesse processo representa um ponto negativo à utilização da incineração para destinação final de resíduos sólidos.

Segundo a ABNT NBR 11.175 (1990), Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho, o equipamento deve funcionar da seguinte maneira: o excesso de ar deve ser usado para garantir a eficiência de destruição e minimizar a formação de

¹⁷ Norma Brasileira Regulamentadora sobre Classificação dos Resíduos Sólidos.

PCIns¹⁸; a temperatura mínima dos gases na saída da pós-combustão deve ser de 1200°C; o tempo mínimo de residência deve ser de 2 s, a 1200°C; a temperatura da saída da primeira câmara de combustão deve ser de 1000°C; o tempo mínimo de residência dos sólidos deve ser de 30 minutos. (incinerador de forno rotativo) e de 60 minutos. (incinerador de câmara fixa); deve ser mantido, no mínimo, o teor de 7% de oxigênio na chaminé.

Os operadores que se propõem a usar outras condições operacionais que não as citadas anteriormente, por condição tecnológica de projeto ou porque os resíduos sejam diferentes daqueles especificados na sua licença, devem comprovar, em testes de queima, uma eficiência de destruição e de remoção dos PCOPs¹⁹ de 99,99% e para PCBs (polibifenilas cloradas) e dioxinas de 99,999%. (ABNT NBR 11.175/1990).

A ABNT NBR 11.175 estabelece os limites e emissão para ácido clorídrico, cloro, oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio. O órgão ambiental pode alterar os limites estabelecidos, dependendo das condições de localização e dos padrões de qualidade do ar da região. Cabe ao órgão ambiental regulador do estado ou município avaliar os processos e liberar as licenças ambientais de operação para unidades de incineração.

A incineração no Brasil é muitas vezes conotada como negativa, devido o potencial risco de seus processos, uma imagem negativa que influencia na tomadas e decisões que envolvem o tratamento e a disposição de resíduos, gerando entraves para instalação de unidade de tratamento térmico. Entretanto, sob vários aspectos a incineração constitui o processo mais adequado para a solução de destinação de resíduos, *“países como Alemanha, Japão e Suíça difundem o uso dessa tecnologia (GOLDEMBERG, 2010)”*.

A incineração, assim como qualquer outro tratamento de resíduos, apresenta vantagens e desvantagens econômicas, ambientais e sociais, que devem ser avaliadas caso a caso, diversos fatores influenciam na sustentabilidade do processo. A tabela 9 apresenta algumas características desse processo, pontos positivos e negativos.

¹⁸ Compostos orgânicos gerados durante o processo de incineração (ABNT NBR 11175/1990).

¹⁹ Principais compostos orgânicos perigosos

Tabela 9: Externalidades do processo de incineração

Externalidades Positivas	Externalidades Negativas
Redução de até 90% no volume dos resíduos;	Perda de matéria-prima, possivelmente reciclável;
Possibilidade de instalação de incineradores próximo a centros urbanos e áreas de geração de resíduos;	Emissão de gases altamente tóxicos como Dioxinas e Furanos;
Inertização de resíduos perigosos;	Dificuldade no controle de emissões com metais pesados
Controle de emissões gasosas e líquidas;	Alto custo de capital, operação e manutenção;
Aumento da vida útil de aterros;	Uso de combustíveis complementares;
Recuperação de calor para geração de energia;	Combustão incompleta, e necessidade de destinação de cinzas.

Fonte: Adaptado de Mckay, *apud* Barros, 2013.

A Resolução CONAMA nº 316 (2002) dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Baseando-se no princípio da precaução, e considera que os sistemas de tratamento térmico de resíduos são fontes potenciais de risco ambiental e de emissão de poluentes perigosos, apresentado riscos à saúde e ao meio ambiente se não forem corretamente instalados, operados e mantidos. Os poluentes orgânicos persistentes são altamente perigosos e deve-se buscar a redução das emissões totais dos poluentes mencionados, com a finalidade de sua contínua minimização e, onde viável, sua eliminação definitiva.

Manaus foi a primeira cidade brasileira a instalar um incinerador municipal em 1896 (Menezes *et al* 2000) para destinação de resíduos sólidos urbanos, desativado em 1958. Hoje Manaus possui 5 unidades de incineração pertencentes a empresas particulares que necessariamente incineram resíduos particulares. Nenhuma das unidades de incineração faz a recuperação energética do calor produzido na queima.

Foi feita a visita na maior empresa de incineração de resíduos industriais de Manaus, nomeada para preservação particular como Incineradora 1. A empresa emprega 45 funcionários diretos e funciona 24 horas para queima de aproximadamente 2.500 toneladas de resíduos por mês.

São atendidas em contrato direto 80 indústrias com geração mensal de resíduos, além de outras 300 que geram resíduos periodicamente. A empresa possui licenciamento ambiental e cobra a partir de R\$ 0,85 por quilo de resíduo (valor variável de acordo com o resíduo e a quantidade).

Os resíduos recebidos são provenientes principalmente de indústrias do PIM, mas também são recebidos em menor quantidade resíduos particulares e de obras de construção civil. Todos os resíduos que entram incineradora 1, são acompanhados de um Manifesto de Transporte de Resíduos²⁰ com as informações de procedência do resíduo e classificação.

A incineradora 1 recebe todos os tipos de resíduos, exceto resíduos orgânicos. O único resíduo segregado para reaproveitamento que não é queimado com os demais são metais (alumínio, cobre, ferro e outros), que são encaminhados para uma empresa parceira que recicla metal.

Os resíduos plásticos representam uma considerável parcela do total de resíduos recebidos, identificados normalmente como classe II, chegam em duas condições, ou misturados a outros resíduos de lixo doméstico, ou segregados como resíduos industriais normalmente fruto de falhas de processo.

São recebidos, por mês, cerca de 1.000 toneladas de resíduos plásticos, que possivelmente seriam recicláveis. O engenheiro responsável da incineradora 1 afirmou que *“Recebemos uma grande quantidade de resíduos recicláveis, que as indústrias por má gestão, preferem destinar a incineração por considerar mais fácil. Não posso me negar a receber os resíduos afinal de conta sou empresário, mas vejo muito desperdício (informação verbal)”*²¹.

Sobre o recebimento de resíduos recicláveis o engenheiro entrevistado nos informou que, *“Recebemos muitos lotes de papelão, plástico e metais totalmente recicláveis, e que possuem um bom valor aqui em Manaus. Imagina que eu cobro 850 reais pra incinerar 1 tonelada de papelão, mas tem uma empresa, aqui mesmo no distrito, que recicla o mesmo papelão pagando 250 reais por tonelada. Muitas indústrias preferem pagar para se livrar do resíduo, do que fazer gestão e ganhar dinheiro (informação verbal)”*.

²⁰ Documento de controle de transporte e movimentação de resíduo com as seguintes informações: Dados do gerador; identificação e classificação do resíduo; forma de acondicionamento, peso, informações da empresa de destinação; contatos para emergência e se necessário ficha de emergência do produto químico. Conforme Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes (ABNT NBR 13.221, 2002)

²¹ Nota fornecida na entrevista com o engenheiro responsável pela Incineradora pesquisada, em fevereiro de 2016.

Os resíduos que chegam à incineradora não são beneficiados, e não retornam para reciclagem, tudo o que entra precisa ser incinerado para geração de documentação comprobatória (Certificado de Destinação de Resíduos) para a empresa geradora.

Percebemos na entrevista que um dos fatores que influenciam a quantidade de plásticos industriais que chegam para a incineração é a falta de tecnologia das indústrias em reaproveitar internamente o resíduo. *“Recebemos outro dia umas 200 toneladas de um frasco de aerossol de uma falha de processo de uma indústria, uns frascos pequenos contendo metal, plástico, um gás e perfume, a empresa não sabia o que fazer e nos mandou. Fiquei pensando que tudo aquilo poderia ser reciclado, mas que eu tinha que queimar. Então fiz eu mesmo um equipamento muito simples que furava os frascos de um lado escorria o perfume, os gás que escapava era coletado e o metal prensado, o plástico dava pra tirar manualmente. Quando falei para o contratante como tinha feito ele disseram que nunca tinham pensado nisso (informação verbal)”*.

As falhas de gestão (de processos e ambiental) e a carência de pesquisa tecnológica nas próprias indústrias de geração alimentam a contínua geração de resíduos.

Quando perguntado sobre projetos de recuperação energética através do calor gerado na incineração nos afirmou que *“Já fizemos levantamentos pra saber a viabilidade disso, mas não é viável não. O processo de lavagem de gases necessário na incineração precisaria ser totalmente modificado, acrescentando um custo muito alto no processo. Atualmente não temos nenhum projeto pra isso e nem conheço nenhuma incineradora em Manaus que faça isso (informação verbal)”*.

Faltam incentivos tecnológicos e de mercado para aliar a queima de resíduos à geração de energia em Manaus. Na tabela 10, a seguir, são apresentados os possíveis impactos ambientais do processo de incineração.

Tabela 10: Levantamento dos Aspectos e Impactos Ambientais da incineração de resíduos plásticos.

INCINERAÇÃO												
PROCESSOS	ASPECTO	IMPACTO	Efeito	Natureza	Temporalidade	Duração	Reversibilidade	Magnitude	Abrangência	Frequência	Significância	QUANTIFICAÇÃO DO IMPACTO
Transporte	Circulação de veículos pesados no D.I	Depredação da estrutura rodoviária do D.I	2	2	2	2	1	3	2	3	2	19
Armazenamento	Acúmulo de resíduos em solo impermeabilizado	Poluição visual	2	1	2	2	1	3	1	3	4	19
Queima	Consumo de combustíveis fósseis	Escassez do recurso	2	2	3	3	2	3	3	3	4	25
	Emissão de GEE	Alteração da Qualidade do ar e efeito estufa	2	2	3	3	2	3	3	3	4	25
	Emissão de particulado	Poluição atmosférica	2	2	2	2	1	3	3	2	4	21
	Emissão de calor	Alteração da temperatura ambiente	2	1	2	2	1	2	2	3	4	19
	Emissão de vapor	Alteração da qualidade do ar	2	1	2	2	1	2	2	3	4	19
	Risco de incêndios	Alteração da qualidade do ar	2	2	3	3	2	3	3	2	4	24
	Risco de explosões	Alteração da qualidade do ar	2	2	3	3	2	3	3	2	4	24

	Vazamento nos dutos de captação de gases	Contaminação do ar	2	2	3	3	2	3	3	1	4	23
Queima	Ruído	Poluição sonora	2	2	2	2	1	2	2	3	4	20
	Partículas em suspensão	Alteração da qualidade do ar	2	2	2	2	1	3	2	3	4	21
	Queima de matéria-prima	Perda do potencial econômico	2	2	3	3	2	3	3	3	4	25
	Queima de biomassa	Perda do potencial energético	2	2	3	3	2	3	3	3	4	25
Lavagem dos gases	Geração de efluente	Contaminação do efluente	2	2	3	3	2	3	3	3	4	25
	Borra contaminada	Geração de resíduo perigoso	2	2	3	3	2	3	2	3	4	24
Limpeza dos fornos	Geração de cinzas	Depósito de resíduos em aterro	2	2	3	3	2	3	2	3	4	24

Fonte: Vanessa Meireles, 2016.

Os impactos ambientais que envolvem a incineração de resíduos são sempre significativos, devido os riscos operacionais que envolvem o processo, entre os que mais se destacam os itens a seguir que tiveram a mesma quantificação de impacto:

1. Perda do potencial energético, pela queima de biomassa que poderia ser utilizada para geração de energia;
2. Perda do potencial econômico, pela queima de matéria prima que poderia ser reciclada;
3. Contaminação do efluente na atividade de lavagem de gases;
4. Alteração da qualidade do ar e efeito estufa, por culpa da emissão de gases de GEE;
5. O consumo de combustíveis fósseis para queima contínua de resíduos (24h por dia) exige o consumo de recursos não renováveis o que pode levar a sua escassez.

Apesar de possuir uma rigorosa legislação para instalação e controle da incineração, o uso dessa tecnologia ainda é muito questionado por ambientalistas que criticam a queima dos resíduos sólidos e discutem os riscos ambientais desse sistema de tratamento. O uso de tecnologias de tratamento térmico pode ser considerado eficiente, pois descontamina de forma definitiva os resíduos e reduz consideravelmente o volume, o que são vantagens ambientais, mas o alto custo e o potencial de impacto ambiental são entraves para o maior acesso a esse tratamento. Outro fator limitante são as exigências legais para instalação de incineradores.

6.2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA O TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS APLICÁCEIS A MANAUS

Manaus está inserida em uma zona de grande interesse mundial devido à floresta Amazônica e ao mesmo tempo em se preocupa com preservação ambiental, também se desenvolve economicamente baseada na produção industrial. O desenvolvimento sustentável proporciona alternativas para superar a dicotomia entre o crescimento econômico e a preservação ambiental a fim de se alcançar a sustentabilidade da região. Os resíduos sólidos representam um dos impactos negativos desse processo de desenvolvimento, sendo uma realidade de qualquer processo produtivo, que deve ser controlado e devidamente tratado,

para diminuir os impactos ao meio ambiente. Assim, são apresentadas algumas tecnologias e alternativas consideradas pelo autor como ambientalmente adequadas para a melhor gestão dos resíduos plásticos aplicáveis ao Polo Industrial de Manaus.

a) Produção Mais Limpa

A poluição gerada nos processos produtivos sempre foi um problema a ser controlado, mas há alguns anos passou a ser um problema a ser evitado. Através do acompanhamento da produção com ações e medidas de controle ambiental, internas ao processo produtivo, visando à redução de resíduos e o controle de impactos ambientais.

Segundo a UNIDO/UNEP, Produção Mais Limpa (PML ou P+L) é uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos para o homem e para meio ambiente. Essa iniciativa deve ser implantada nas indústrias do PIM como objetivo e reter na fonte a poluição ambiental, antecipando-se os riscos de cada processo para controle.

Em qualquer processo de melhoria a avaliação dos custos de implantação e manutenção são variáveis importantes na tomada de decisão. Os custos de projetos de produção mais limpa são avaliados através do custo benefício, levando em consideração o valor dos investimentos em contrapartida aos ganhos econômicos e ambientais.

Além de investimentos técnicos é importante salientar que a produção mais limpa é um princípio, que deve nortear as ações da empresa desde o consumo sustentável de matérias primas, assim como a conscientização ambiental dos funcionários e parceiros.

A Produção Mais Limpa utiliza estabelece inicialmente um diagnóstico da situação ambiental e um padrão inicial que permita comparar e determinar a eficiência e a eficácia das medidas propostas e implantadas ao longo do tempo. O uso de indicadores de desempenho ambiental facilita o controle das ações e quantificam os ganhos com a implantação de novos projetos. Tais indicadores aliados a projetos de produção mais limpa têm a função de diminuir, controlar e quantificar os impactos ambientais causados pelas diversas atividades, baseados na legislação ambiental e no desempenho ambiental de cada empresa.

b) Bolsa de Resíduos

A bolsa de resíduos não é propriamente uma tecnologia, mas uma iniciativa para incentivo à reinserção dos resíduos recicláveis nos processos de produção a fim de prolongar a vida útil da matéria prima.

Segundo no site da CNI, as bolsas de resíduos são importantes instrumentos de gerenciamento de resíduos decorrentes de atividades produtivas. O objetivo é fomentar um processo de livre negociação entre produtores e compradores de resíduos tendo como foco a reutilização ou reciclagem. Na prática, as bolsas de resíduos possibilitam agregar valor aos resíduos, transformando-os em matéria-prima ou insumo para a fabricação de outros produtos voltados ao mercado consumidor industrial ou final.

Além da compra e venda de resíduos recicláveis a proposta da bolsa de resíduos é sistematizar informações sobre a gestão de resíduos recicláveis do país. O CNI tem atualmente 12 Bolsas de Resíduos cadastradas nos estados do Amazonas, Pará, Ceará, Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Cada estado é responsável pela gestão do seu resíduo e faz a intermediação de compra e venda.

O Sistema Integrado das Bolsas de Resíduos Nacional (www.sibr.com.br) criado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) é um sistema *on-line*, que conta com apoio das Federações das Indústrias da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco e Sergipe, com o objetivo de valorizar os resíduos sólidos e ampliar o mercado de reciclagem no Brasil.

O sistema integrado permite ao usuário o acesso a uma base de informações nacional disponível *on-line* com acesso a várias bolsas de federações de indústria, para negociação direta com o vendedor. Atualmente estão cadastradas 7.119 empresas interessadas em venda, compra ou doação de resíduos podem se cadastrar no site da SIBR e participar de pregões eletrônicos. Os cadastros são avaliados pela comissão do SIBR e após aprovação o participante pode fazer negociações em seu estado de origem ou com empresas de outros estados.

A primeira bolsa de resíduos do Brasil foi criada em 2002 pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP, como um mecanismo de divulgação de ofertas de compra e venda de resíduos industriais recicláveis, e fomentar a implementação de bolsas regionais. Dados da FIESP afirmam que a bolsa de São Paulo conta com 3.200 empresas cadastradas.

Entre 2002 e 2004 a bolsa negociou 20 milhões de reais e avaliou em 200 milhões de reais o volume de produtos reaproveitáveis em diferentes segmentos.

Segundo a FIESP os setores que mais procuram a bolsa de resíduos são indústrias (46%), recicladores (26%) e intermediários (20%), sendo, em sua maioria, micro e pequenas empresas (41%), médias (12%) e grandes (6%). E entre os principais resíduos comercializados estão plásticos, resíduos químicos, metal/metalúrgico, borracha e madeira/mobiliário. Estima-se que valor dos resíduos industriais produzidos no Brasil seja de 5 bilhões de reais por ano, sendo 34% deste total somente em São Paulo.

A qualidade do resíduo que está sendo oferecido é primordial para o interesse na bolsa de resíduos. Para Barros (2013) o RS deve estar em conformidade com a natureza, pureza, estado e demais características do processo que pretende adquiri-la, ou apresentar o mínimo de necessidade de adaptações. O conjunto de operações entre venda e compra deve favorecer a viabilidade econômica e tecnológica para implementação do banco de resíduos.

O Banco de resíduos no Amazonas gerido pela Federação das Indústrias do Estado do Amazonas (FIEAM), apesar de existir no cadastro da CNI, não tem apresentado resultados para o gerenciamento de resíduos do Estado.

O Polo Industrial de Manaus é um mercado de interesse para implantação de uma bolsa de resíduos, pois já existe a cultura da reciclagem e de valorização dos resíduos recicláveis. As indústrias geradoras de resíduos em grande quantidade são também consumidoras de resina reciclada. O plástico como um dos resíduos mais negociados nas bolsas de outros estados brasileiros poderia ser o primeiro resíduo a ser comercializado em pregões. O que geraria interesse das empresas produtoras do resíduo em garantir a qualidade dos mesmos para venda, e valorização econômica o resíduo. Associações de catadores também poderiam participar da ampla concorrência e assim movimentar o mercado de reciclagem no Amazonas.

c) Logística Reversa

Com o desenvolvimento industrial e a necessidade de produzir cada vez mais rápido para atender ao mercado consumidor, os empreendimentos (indústria e comércio) passaram a investir em mecanismos e estratégias inovadoras para diminuir o tempo de aquisição de matéria prima, produção, venda e entrega de seus produtos. Criando assim a Logística de

materiais, que em sua evolução vem investindo cada vez mais em vantagens competitivas, qualidade de serviços, satisfação do cliente e permanência no mercado.

Daskin em 1985 (*Apud* BARTHOLOMEU e CAIXETA-FILHO 2011) definiu a logística como “planejamento e operação de sistemas físicos de gerenciamento de informações necessários para permitir que insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica”. Com o tempo a logística vem evoluindo e considerando outros fatores que influenciam a produção e abarcando também fatores pós-produção. Para Bartholomeu e Caixeta-Filho (2010), o gerenciamento logístico é uma função de integração que coordena e otimiza todas as atividades de logística de um processo, incluindo marketing, vendas, produção, finanças e tecnologia da informação.

A logística reversa é um dos instrumentos para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que a define como "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

Atualmente a logística engloba mais que fatores físicos e investe cada vez mais em tecnologia e planejamento estratégico para facilitar os fluxos e movimentação de materiais. O uso de tecnologias para otimizar a produção e diminuir cada vez mais fatores que encareçam a produção (consumo de matéria prima e recursos naturais, e perdas nos processos, transporte, desperdício, tempo de estocagem e distribuição). O planejamento estratégico hoje é o coração de qualquer sistema de logística, com ele é possível prever as externalidades dos processos e planejar medidas de controle que facilitem o fluxo direto e de retorno.

Logística é aquela parte do processo da cadeia de abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e estocagem eficiente e eficaz de produtos, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem ao ponto de consumo, a fim de atender as necessidades dos clientes (MOURA et al, 2004).

A norma ABNT/NBR 14.040 (2014), que descreve os princípios e estrutura para análise do ciclo de vida (ACV) de um produto e os requisitos e orientações para elaboração e análise. A ACV considera todo ciclo de vida do produto, chamado de berço ao túmulo, levando em consideração “as questões ambientais associadas ao sistema de produção (insumos, matéria prima, manufatura, distribuição, consumo, descarte e destinação final), visando integrar a

qualidade tecnológica e ambiental como valor agregado ao produto (FILHO e BERTÉ, 2008)”.

A ACV considera os impactos de todos os processos de produção em um amplo banco de dados relacionado às categorias de impacto, as fronteiras do sistema e os dados da unidade de análise. Com isso é possível definir os requisitos da logística reversa antes mesmo da fabricação do produto.

Para entender a logística reversa é importante definir a existência de fluxos em um sistema produtivo com canais de distribuição direto, constituídos por diversas etapas, agentes, instruções e tecnologias pelos quais os bens são comercializados, e canais de distribuição reversos, como na figura 6, que mostra o ciclo fechado entre a reciclagem e a captação de matéria-prima.

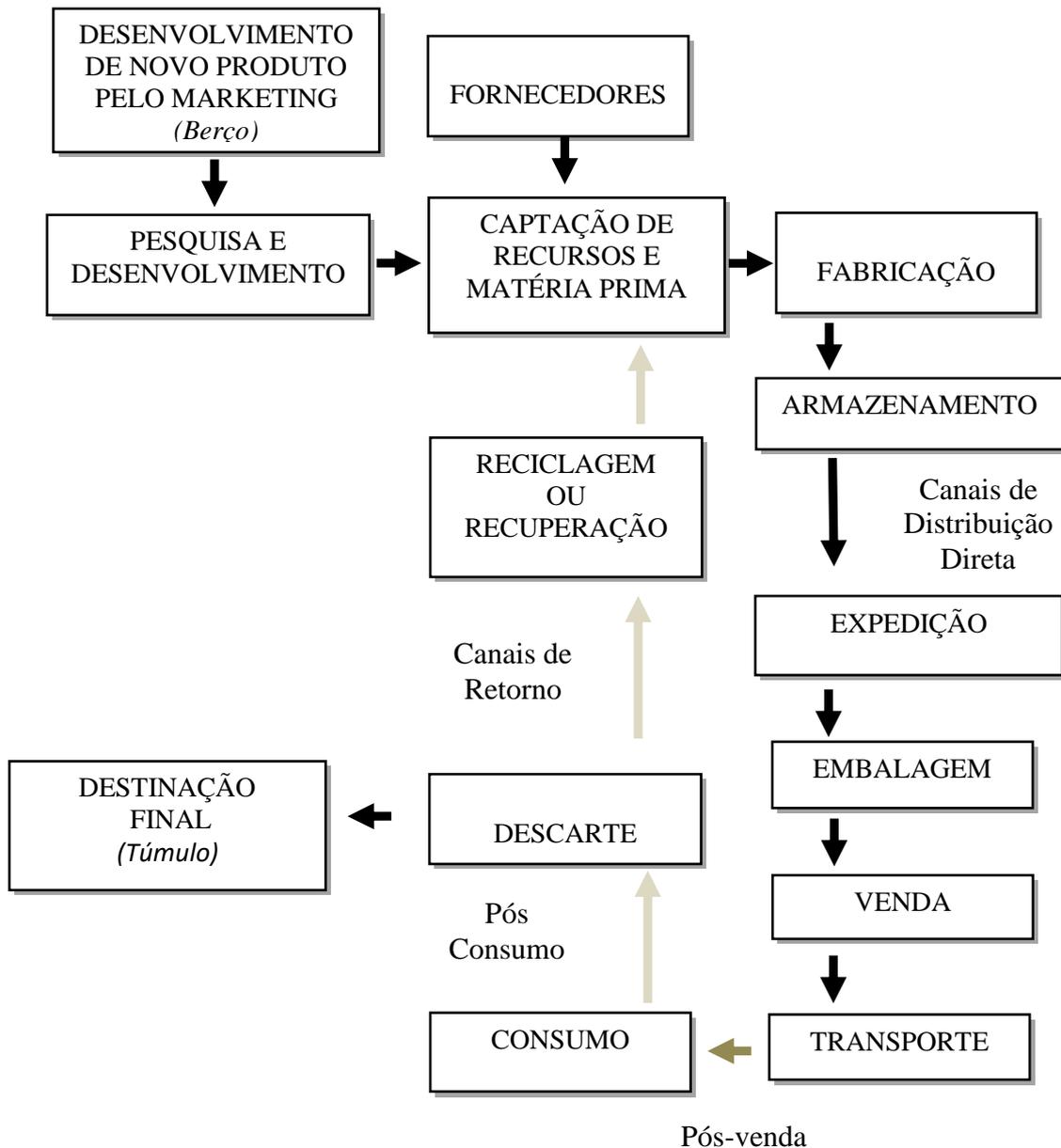


Figura 6: Fluxograma do ciclo de vida dos produtos do berço ao túmulo.
 Fonte: Adaptado de Filho e Berté 2008.

O fluxograma acima apresenta as duas categorias de distribuição logística, canais de distribuição direta que representa a fase entre a produção e a venda, e o canal de distribuição reverso, que considera o pós-venda e o pós-consumo.

Leite (2003) afirma que os canais de distribuição reversos pós-consumo são constituídos por fluxos reversos de uma parcela de produtos ou materiais descartados de alguma maneira, os canais de distribuição reversa podem ser divididos em de reuso ou reciclagem. Para Filho e Berté (2008), os canais de retorno são menos eficientes e que os canais de distribuição direta,

devidos os custos acrescentados na movimentação do produto descartado, agora resíduo, a seu produtor. Mas a consciência ambiental quanto a responsabilidade continuada e necessidade de destinar corretamente os resíduos tem impulsionado organizações a investirem logística reversa.

A tendência mundial atual é exigir que produtores e organizações sejam responsáveis por todo o ciclo de vida do produto incluindo os impactos ambientais de seu descarte. Por outro lado, as próprias organizações privadas têm usado ações de responsabilidade socioambiental, a exemplo da logística reversa para se promover como empresa ecologicamente correta. O uso de selos ecológicos “selos verde” também são demonstração de espontâneo compromisso de empreendimentos com a sustentabilidade de seus processos.

Algumas indústrias que abastecem o mercado interno do PIM já executam a logística reversa de alguns materiais, principalmente embalagens, evitando sua transformação em resíduo. O uso da logística reversa também incentiva consequentemente a pesquisa e inovação tecnológica por produtos cada vez mais fáceis de tratar ou destinar, a exemplo das embalagens biodegradáveis.

Deve-se ressaltar que a logística reversa como concebida na PNRS ainda depende dos acordos setoriais para cada tipo de resíduo ali previsto.

d) Recuperação Energética

A incineração de resíduos sólidos, não recicláveis mecanicamente, para cogeração de energia elétrica é uma técnica ainda pouco utilizada no Brasil, mas que permite de maneira benéfica reduzir a disposição de resíduos sólidos inertes em aterros sanitários, diminuir a poluição de recursos hídricos e a emissão de GEE, além de gerar energia renovável.

A conjugação desses dois problemas ambientais tem fundamentado a busca por tecnologias para a geração de energia a partir da queima de resíduos sólidos, devido à necessidade de novas alternativas para o tratamento dos resíduos sólidos que sejam menos agressivas ao meio ambiente e a busca por novas alternativas de produção de energia.

Em 2001 o Brasil passou por uma séria crise energética o que levou diversas regiões a enfrentarem apagões, a partir de então foram tomadas ações para geração de energia descentralizada e novas alternativas de energia que possam sustentar o consumo do país.

Diante da possibilidade de novas crises, a utilização de fontes de energia renovável apresenta-se como alternativa para diminuir nossa dependência de combustíveis fósseis para a geração de energia. A possibilidade de escassez dos combustíveis fósseis, assim como a necessidade das reduções dos Gases de Efeito Estufa, incentivam a busca por novos modelos de produção de energia.

O uso de resíduos como biomassa para a geração de energia representa atualmente uma pequena parcela no fornecimento de energia mundial, mas com grande potencialidade entre as fontes de energia renovável. Alemanha e Japão possuem tecnologias e incluem os resíduos sólidos como uma de suas fontes de geração e energia limpa (GOLDEMBERG, 2010).

As energias renováveis representam cerca de 10% do consumo e energia mundial, espera-se que até meados deste século energias renováveis passem a representar 50% de toda energia consumida (GOLDEMBERG, 2010).

O processo de recuperação energética do plástico residual faz uso dos resíduos sólidos como biomassa para produção de energia elétrica e térmica por um processo que aproveita o alto poder calorífico contido nos resíduos sólidos para uso como combustível na queima controlada na incineração. Além de ambientalmente adequada, a recuperação energética pode trazer outros benefícios: é uma das soluções para a destinação final dos resíduos sólidos não recicláveis; reduz a emissão de gases do efeito estufa (GEE) dos aterros sanitários; possibilita a recuperação energética mais eficiente dos resíduos que estariam inutilizados ou subutilizados; substitui fontes fósseis de energia, com vistas à otimização de recursos naturais; exige menor área para sua implantação, pode ser instalado próximo aos centros urbanos, o que implica em redução dos custos de coleta e transporte dos resíduos.

A PNRS incentiva o uso de resíduos sólidos para recuperação e o aproveitamento energético, mas não deixa claro como deve ser feito e nem os subsídios que serão destinados às empresas atuantes.

No artigo 9º a PNRS estabelece que *“Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental”*.

O plástico é altamente combustível, com valor de 18.700 BTUs por quilo, para o caso do polietileno. O lixo urbano como um todo tem poder combustível de 4.500 BTUs por quilo, Apesar disso a reciclagem energética do plástico ainda não é praticada no Brasil (CEMPRE).

A recuperação energética de resíduos plásticos deve ser entendida como uma atividade de destinação, e não como uma atividade de geração de energia. Devem prevalecer os objetivos de proteção ambiental e controle dos riscos. A energia obtida deve ser entendida como similar a um produto de reciclagem, que poupa outras fontes e contribui para a economicidade da destinação.

Além de ambientalmente adequada, a recuperação energética pode trazer outros benefício ao sistema de destinação e tratamento de resíduos: é uma das soluções para a destinação final dos resíduos não recicláveis ou contaminados; reduz a emissão de gases do efeito estufa (GEE) dos aterros sanitários; possibilita a recuperação energética mais eficiente dos resíduos que estariam inutilizados ou subutilizados; substitui fontes fósseis de energia, com vistas à otimização de recursos naturais; exige menor área para sua implantação, e diminui a pressão sobre outras fontes de energia não renováveis.

Na recuperação energética específica do resíduo plástico, outros benefícios e incentivos podem ser citados. Entre eles o fato de poder usar diferentes tipos de plástico juntos ou misturado com outros resíduos; o alto poder calorífico do plástico, teoricamente um quilo de polietileno tem a capacidade de gerar 12kW/h de energia semelhante ao óleo diesel (ZANIN e MANCINI, 2009); e o baixo custo com aquisição de matéria prima (resíduos que precisa ser destinado).

Além dos fatores de incentivo a queima de resíduos sólidos, é preciso destacar pontos de real importância na avaliação da sustentabilidade desse processo. A combustão de polímeros não é um processo completo, gerando gases tóxicos e a necessidade de sistemas antipoluição; os riscos de acidentes ambientais e a eliminação de uma matéria prima.

A cidade de Manaus possui unidades de incineração e termoelétricas em funcionamento, sem recuperação energética, que se tecnicamente adaptadas, poderiam concomitantemente diminuir a dependência de combustíveis fósseis através da captação do calor produzido na queima dos resíduos, gerar energia mais barata, e reduzir o volume dos resíduos destinados a aterros.

7. CONCLUSÃO

As indústrias do polo de Manaus, apesar de possuírem sistemas internos de gestão de resíduos sólidos ainda representam um alto potencial de impacto ambiental inerente à contínua produção de resíduos. A gestão de resíduos industriais na cidade de Manaus, apesar dos avanços, ainda não possui uma sistema eficiente de gestão e controle dos resíduos pós-geração. O Brasil possui uma densa legislação ambiental e normas que regulamentam a gestão de resíduos, porém, no Amazonas, destacadamente em Manaus os resíduos sólidos industriais ainda representam um problema ambiental. O PIM carece de pesquisas para estruturação de sistema de gestão de resíduos eficiente que atenda às necessidades e características regionais, para retroalimentação do mercado de reciclagem que incentive o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

O plástico é um dos principais resíduos gerados no PIM, mas o mercado da reciclagem na cidade ainda não consegue absorver, de forma sustentável, a totalidade das 555 indústrias instaladas do polo. A demanda por resinas plásticas é próspera, mas a manutenção da sustentabilidade do mercado da reciclagem em Manaus depende de investimentos técnicos e incentivos fiscais para redução de custos da resina reciclada.

A falta de informações técnicas sobre a composição gravimétrica, que deveria constar nos inventários de resíduos do PIM, foi um dos principais obstáculos para a pesquisa, pois o Amazonas não possui um banco de dados confiável sobre a gestão de RSI, e tampouco os órgãos ambientais e de regulação do Estado mantêm informações sobre o sistema de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos do PIM, dificultando a obtenção de informações sobre os resíduos produzidos e aquisição de dados que permitam projetar melhorias para o setor de tratamento.

Durante a pesquisa nas indústrias do PIM foi possível perceber a dificuldade e o receio que as mesmas ainda impõem quanto ao fornecimento de dados sobre a gestão interna e o tratamento de resíduos industriais. Devido às restrições internas e retenção das informações, a maioria das indústrias privadas convidadas a participar da pesquisa recusou, o que não permitiu demonstrar a visão das indústrias de geração quanto ao sistema de gestão de resíduo do PIM.

Mesmo após a criação do Plano Diretor de Resíduos Sólidos do PIM em 2010, a SUFRAMA não tem conseguido por em prática as metas estabelecidas para 2015. Intervenções no órgão desfalcaram a equipe técnica do GRI *Group* o que desestruturou o andamento do plano de metas.

O IPAAM órgão ambiental do Estado parceiro da SUFRAMA na gestão de resíduos do PIM, não acompanhou o crescimento do PIM e mesmo fazendo o controle das licenças ambientais das indústrias, não faz valer o atendimento à RESOLUÇÃO CONAMA nº 313 de 2002, que determina compulsivamente a geração do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. A maioria das indústrias do Amazonas não repassa os inventários para o IPAAM e SUFRAMA e conseqüentemente os mesmos não repassam um inventário fidedigno ao IBAMA. Com a baixa representatividade das indústrias, o inventário estadual não se mostra condizente com o cenário atual do PIM, assim, deve-se estimar que a produção de resíduos industriais no Amazonas seja muito superior aos dados aqui apresentados.

Manaus possui particularidades ambientais que devem ser levadas em consideração quanto à aplicação de modelos, ou padrões exógenos de gerenciamento de resíduos. Mesmo com a alta produção de resíduos plásticos em Manaus e a existência de uma refinaria petroquímica na cidade, do ponto de vista da sustentabilidade não recomenda-se a implantação de uma unidade de reciclagem química de polímeros, devido à necessidade de alto investimento em estruturas e tecnologias, riscos econômicos e fatores ambientais envolvidos. Entre eles a necessidade de altos investimentos em logística e equipamentos e a dificuldade em atender aos requisitos necessários para a manutenção de uma produção em escala economicamente viável. Por esses fatores a recuperação química não é uma alternativa que deva ser aplicada ao tratamento dos resíduos plásticos do PIM.

O tratamento de menor impacto ambiental é a reciclagem, que apesar do consumo de energia elétrica e água e da geração de resíduos e efluentes, consegue recuperar e reprocessar a resina plástica, evitando a perda de matéria prima e o depósito de resíduos inerte em aterros.

Apesar da significativa redução do volume do resíduo por meio da incineração, os riscos que envolvem o processo representam um alerta ambiental, sem falar na perda total da matéria prima recuperável e reciclável com valor econômico agregado.

O uso de aterros é insustentável para a disposição de resíduos plásticos do PIM, as indústrias têm por obrigação legal tratar seus resíduos sólidos, e a disposição em aterros não

oferece nenhum benefício ambiental ao município, pelo contrário, o acúmulo de inertes cria um grande passivo que prejudica o tratamento de resíduos orgânicos.

Mesmo com o uso das atuais tecnologias de tratamento em Manaus é preciso avaliar o impacto dos resíduos antes da produção, durante a produção e pós-produção.

E como inovações tecnológicas e alternativas sustentáveis para o tratamento e destinação de resíduos plásticos em Manaus foram elencadas as seguintes propostas: técnicas de produção mais limpa para a prevenção dos impactos gerais do processo de produção industrial e assim diminuir a geração de resíduos e outras ações nocivas ao meio ambiente; a bolsa de resíduos para valorização do resíduo reciclável e ampliação do mercado manauara com a negociação nacional; a logística reversa para incentivar o reuso e a recuperação de produtos pela própria indústria de produção evitando a transformação de um material servível em resíduo; e por fim a implantação de sistemas de recuperação energética nos processos de incineração, esse procedimento tornaria o processo de incineração mais sustentável.

O tratamento (uma técnica de fim de tubo) não é a solução para melhorar a eficiência dos sistemas de gestão de resíduo, é preciso gerenciar e reduzir na fonte e mesmo não gerar. É preciso aliar a gestão de qualidade e tecnologias eficientes a um rígido controle, por parte dos órgãos ambientais, para que os processos de tratamento de resíduos sólidos sejam sustentáveis. As tecnologias de tratamento são recursos ambientalmente amigáveis para os resíduos inevitavelmente gerados, mas a sustentabilidade ambiental tem que prezar pela não geração do resíduo. São muitos os desafios para que a sustentabilidade seja alcançada quando se aborda este tema em uma região onde a logística é ainda um dos maiores empecilhos para se fechar o ciclo dos processos industriais aqui presentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14.001. **Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso.** 2 ed. 2008.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR: 10.004. **Resíduos sólidos – Classificação.** 2 ed. 2004.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR: 11.175. **Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho.** 1990.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR: 14.040. **Princípios e a estrutura de uma avaliação de ciclo de vida (ACV).** 2 ed. 2014.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública E Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013.** Disponível em: www.abrelpe.org.br. Acessado em: 13 de fevereiro de 2015.
- ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2011. São Paulo. 2011.
- _____. **Em seminário de competitividade, Roriz critica impostos e convida empresários a “pensarem fora da caixa.** Disponível em: www.abiplast.org.br/noticias/em-seminario-de-competitividade-roriz-critica-impostos-e-convida-empresarios-a-pensarem-fora-da-caixa/20150929100721_Y_485. Acessado em 10 de janeiro de 2016.
- AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO (JICA) & REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Estudo para o desenvolvimento de uma solução integrada relativa à gestão de resíduos industriais no polo industrial de Manaus: workshop sobre a estrutura do plano diretor para a gestão de resíduos industriais do polo industrial de Manaus.** – Manaus: Kokusai kogyo co. ltd. ex corporation, 2009.
- ANDRADE. João Bosco Ladislau de. **Indicadores de sustentabilidade aplicáveis à gestão e políticas públicas para resíduos sólidos industriais:uma contribuição com foco no polo industrial de Manaus.** Manaus: Edua, 2014.
- ANDRADY, Anthony L. **Plastics and the environment.** Wiley - Interscience. New Jersey, 2003. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KZCNJ8qSWKYC&oi=fnd&pg=PR13&dq=United+States+treatment+of+plastics+waste&ots=PKiS6F2roN&sig=ojtcOPpI8NRVObjL9E1DW8BNtio#v=onepage&q=United%20States%20treatment%20of%20plastics%20waste&f=false>; Acessado em: 07 de março de 2016.
- ARBIX, Glauco. **Políticas do desperdício e assimetria entre público e privado na indústria automobilística.** Red Revista Brasileira de Ciências Sociais, 2000.
- AZEVEDO, M; COSTA, H. **Métodos para avaliação da postura estratégica.** Caderno de pesquisa em administração. Volume 08. Nº 2. São Paulo: 2001
- BALTER, Paulo. **Crescimento da economia e mercado de trabalho no Brasil.** Texto para discussão, IPEA, 2015.

BOFF, Leonardo. **O cuidado necessário: na vida, na saúde, na educação, na ética e na espiritualidade**. Petrópolis, RJ: Vozes. 2012

BARROS, Regina Mambeli. **Tratamento de resíduos sólidos: Gestão, uso e sustentabilidade**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Ministério da Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília. 1988.

BRASIL. Ministério da Casa Civil. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei nº 6.938. Brasília. 1981.

BRASIL. Ministério da Casa Civil. **Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Lei de crimes ambientais nº 9.605. Brasília. 1998

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Política nacional de resíduos sólidos**. Lei nº 12.305. Brasília. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. – Brasília: Secretaria de recursos hídricos e ambiente urbano, 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente; ICLEI. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos: do nacional ao local**. Brasília, 2012

BRASIL. **Medidas de prevenção e controle da poluição industrial**, decreto nº 76.389, 1975.

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

BERG, Sophie van den. **Recycling Plastics: Starting a Business**. Practical Action. 2009
Disponível em: http://www.worldwidehelpers.org/wwhweb/uploads/files/KnO-100399_Recycling%20plastics.pdf. Acessado em: 08 de janeiro de 2016.

CANDIAN, Livia Matheus. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso de elementos estruturais**. (Dissertação de Mestrado) – São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da USP, 2007.

CARDOSO, M. M; CANTÃO, L. A. P; MANCINI, D; PITONDO, L. P. **Materiais recicláveis**. – Sorocaba : UNESP Campus Sorocaba, 201.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Plástico: ficha técnica**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acessado em: 10 de março de 2015.

CEMPRE Review. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Panorama da reciclagem de embalagens pós-consumo no Brasil. 2013**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acessado em: 18 de junho de 2015.

CNI, Confederação das Indústrias. **Meio ambiente, gerenciamento de resíduos**. 2011, Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>. Acesso em: 13 de janeiro de 2015.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Inventário nacional de resíduos sólidos industriais**, RESOLUÇÃO CONAMA N° 313. Brasília, 2002.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente RESOLUÇÃO CONAMA n° 01. **Diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental**. Brasília, 1986.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente RESOLUÇÃO CONAMA n° 401. **Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio, e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas em território nacional e os critérios para seu gerenciamento ambientalmente adequado**. Brasília, 2008.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente RESOLUÇÃO CONAMA n° 275. **Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva**. Brasília, 2001.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente RESOLUÇÃO CONAMA n° 237. **Diretrizes para Licenciamento Ambiental**. Brasília, 1997.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente RESOLUÇÃO CONAMA n° 316. **Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos**. Brasília, 2002.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21** - Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br>.

CÔRTEZ, Pedro Luiz, et al. **A deposição de resíduos industriais organoclorados industriais no litoral do estado de São Paulo: Um estudo de caso** doi: 10.5773/rai.v8i2.700. *RAI: revista de administração e inovação*, 2011, 8.2: 132-163.

COSTA, Luiz Francisco Belém. **O gás metano do aterro sanitário de Manaus e as possibilidades de uso social**. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional. UFAM; Manaus, 2012.

EIGENHEER, Emílio Maciel. **Lixo - A limpeza urbana através dos tempos**. UERJ, Rio de Janeiro, 2009.

FILHO, Edelvino Razzolini; BERTÉ, Rodrigo. **O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil**. – Curitiba: Reproset Indústria, 2008.

FRAXE, Terezinha de Jesus (Org). **Papel para a vida: estudo da cadeia produtiva de embalagens de papelão no polo industrial de Manaus (PIM)**. – Manaus: FUA, 2011.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. - São Paulo: Editora Atlas, 6ª Ed., 2008.

GOLDEMBERG, José. **Energia e Desenvolvimento Sustentável**. Série Desenvolvimento Sustentável, v. 4 – São Paulo: Blucher, 2010.

GOMES, Gabriel; DVORSAK, Peter; HEIL, Tatiana. **Indústria petroquímica brasileira: situação atual e perspectivas.** BNDES, 2005 Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Acessado em 26 de janeiro de 2016.

IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.** José Henrique Penido Monteiro (Org). Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBDC. Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **Manual de Educação para o consumo Sustentável.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. www.ibge.org.br. Acesso em 21 de junho de 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico.** 2010 www.ibge.org.br. Acesso em 21 de junho de 2015.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Sustentabilidade Ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem estar humano,** Livro 7, Brasília, 2010.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre o pagamento por serviços ambientais urbanos pra gestão de resíduos sólidos.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acessado em: 12 de janeiro 2015

IPEA, Instituto de pesquisa econômica aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de Pesquisa** – Brasília: 2012.

KIPPER, Eduardo. **Tratamento enzimático e produção de biogás por resíduos sólidos de curtume.** 2013.

KODERA , Yoichi. **Plastics Recycling – Technology and Business in Japan.** Research Institute for Environmental Management Technology, National Institute of Advanced Industrial Science & Technology (AIST) , Tsukuba, Japan. s/d. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/40492.pdf>. Acessado em: 04 de abril de 2016.

LUDKE, Menga, and Marli EDA André. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

JICA & SUFRAMA. AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO & REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Estudo para o desenvolvimento de uma solução integrada relativa à gestão de resíduos industriais no polo industrial de Manaus – Relatório final de apoio.** – Manaus: Kokusai kogyo co. ltd. ex corporation, 2010.

LEFF, Enrique. **Saber Ambiental. Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder.** Petrópolis, RJ, Vozes/PNUMA, 2001.

LEITE.P.R. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

LÉNA, Philippe; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e propriedade.** – Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LUIZ, André. **Resíduos sólidos: Uma revisão bibliográfica.**

MANAUS. **Plano diretor de resíduos sólidos de Manaus.** – Manaus: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), 2010.

MAIMON, Dalia. **Passaporte verde: gestão ambiental e competitividade.** – Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed., 1996.

MILANEZ, Bruno. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação.** (Dissertação de Mestrado), – São Carlos: Universidade Federal de São Carlo 2002.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** MCIDADES. SNSA. Brasília: 2008.

MMA. Ministério do Meio ambiente. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: guia do profissional em treinamento.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Nível 1. ReCESA.

MOURA, R. A. et al. **Atualidades na Logística.** Volume 2. São Paulo: IMAM, 2004.

OLIVEIRA, Maria Clara Brandt Ribeiro de. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil.** - Rio de Janeiro: UFRJ (Dissertação de Mestrado), 2012.

PIATAM, **Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia : a experiência do Polo Industrial de Manaus /** Alexandre Almir Ferreira Rivas, José Aroudo Mota, José Alberto da Costa Machado, (organizadores) . -- 1. ed. -- Curitiba : Editora CRV, 2009

PIATTI, Tânia Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** - Maceió: EDUFAL, 2005.

PLASTIC WASTE MANAGEMENT INSTITUTE. **An Introduction to Plastic Recycling.** 2009. Disponível em: https://www.pwmi.or.jp/ei/plastic_recycling_2009.pdf. Acessado em: 16 de fevereiro de 2016

PLÁSTICO EM REVISTA. **Menos sustos nos custos. Sustentabilidade.** Edição 622; 2016. Disponível em: http://plasticosemrevista.com.br/category/edicoes/_edicao-622-fevereiro-2016. Acessado em: 18 de Abril de 2016.

RIBEIRO, Daniel Verás; MORELLY, Mário Raimundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** - Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RIVAS, Alexandre L.F; FREITAS, Carlos E. C.; MOURÃO, Renata R. **Valoração e instrumentos econômicos aplicados ao meio ambiente: alternativas para proteger a Amazônia.** – Manaus: Instituto Piatam, 2008.

RIVAS, Alexandre. **Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferência declarada** – Manaus: EDUA, 2014.

RODA. Daniel Tietz. **Polipropileno.** 2010. Disponível em: <http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polipropileno.asp#>. Acessado em: 13 de Março de 2016.

ROLIM, Aline Marques. **A reciclagem de resíduo plástico pós-consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul.** – Porto Alegre: UFRG (Dissertação de Mestrado), 2000.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI.** In: BURSZTYN, M. Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993.

SALEM, S.M; LETTIERI, P; BAEYENS, J. **Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review.** Engineering, University College London (UCL), Torrington Place, London, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09002190>. Acessado em: 21 de fevereiro de 2016

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo. Oficina de textos, 2008.

SANTOMAURO. Antonio Carlos. **Resinas e aditivos a evolução do mercado brasileiro de resinas termoplásticas em toneladas.** São Paulo. 2015. Disponível em: www.plastico.com.br. Consultado em janeiro de 2016.

SANT ANNA. José Paulo. **Perspectivas 2015 para plásticos da construção civil e embalagens sustentáveis.** São Paulo. 2015. Disponível em: www.plastico.com.br. Consultado em janeiro de 2016.

SEIFFERT, Maria Elizabete Bernardini. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental.** – São Paulo: Atlas, 2007.

SIMIÃO, Juliana. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em numa empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa.** Dissertação apresentada a engenharia de escola de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de mestre em hidráulica e saneamento, São Carlos, 2011.

SIMPLAST. Sindicato das Indústrias de Material Plástico de Manaus, www.sindicatodaindustria.com.br. Acessado em 08 de fevereiro de 2016.

SINDIPLAST, Sindicato Indústria Material Plástico Estado São Paulo. **Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos.** – Elaboração Técnica: Gilmar do Amaral... [et al.] ; Colaboradores: André H.C. Botto e Souza... [et al.]. – São Paulo: CETESB; SINDIPLAST, 2011.

SOUSA, Cláudia Orsini Machado de. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos: uma busca pela a redução dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).** – InterfacEHS, Volume 7, Número 3, 2012.

SUFRAMA. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Inventário anual de resíduos sólidos industriais 2012 - (dados de 2011) - polo industrial de Manaus.** – Manaus: Grupo de gestão de resíduos industriais. 2012.

SUFRAMA. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Inventário anual de resíduos sólidos industriais do polo industrial de Manaus.** – Manaus: Grupo de gestão de resíduos industriais. 2014.

TCE/AM, Tribunal de contas do estado do Amazonas departamento de auditoria operacional. **Relatório Conclusivo de Auditoria Operacional Resíduos Sólidos Urbanos – RSU. – Manaus:** - DEAOP auditoria operacional no programa Manaus mais limpa, 2011.

TOCCHETO, M. R. L. **Gerenciamento de resíduos Sólidos Industriais.** Universidade Federal de Goiás. Curso de especialização em tratamento e disposição final de resíduos sólidos e líquidos. 2009.

VEIGA, José Eli da. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo olhar.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

VELLOSO, Marta Pimenta. **Os restos na história: percepções sobre resíduos.** *Ciência & Saúde Coletiva*, 2008, 13.6: 1953-1964.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** Tradução Ana Thorell. 4ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZANIN, M; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: Aspectos gerais e tecnologias.** São Carlos:Ed UFSCar, 2009.

ZANTA, Viviana Maria e FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos.** 2003.