



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL –  
MESTRADO

**WANESSA ALVES MARTINS**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA  
DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA- PB, BRASIL.**

João Pessoa/PB

Março, 2017.

**WANESSA ALVES MARTINS**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA  
DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA- PB, BRASIL.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Coutinho Nóbrega

João Pessoa/PB

Março, 2017.

M386a Martins, Wanessa Alves.

Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa-PB, Brasil / Wanessa Alves Martins. - João Pessoa, 2017.

112 f. : il.

Orientação: Claudia Coutinho Nóbrega.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia civil e ambiental. 2. Coleta seletiva. 3. Impacto ambiental. 4. Reciclagem. I. Nóbrega, Claudia Coutinho. II. Título.

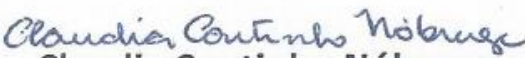
UFPB/BC

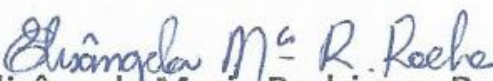
**“AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DO  
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB, BRASIL”.**


**WANEISSA ALVES MARTINS**

**Dissertação aprovada em 30 de março de 2017**

**Período Letivo: 2016.2**

  
**Prof. Dra. Claudia Coutinho Nóbrega – UFPB**  
**Orientadora**

  
**Prof. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha – UFPB**  
**Examinador Interno**

  
**Prof. Dra. Luciana de Figueirêdo Lopes Lucena – UFRN**  
**Examinador Externo**

**João Pessoa/PB**  
**2017**

*Dedico este trabalho a Deus, por ter me concedido o dom da vida e a fortaleza para concluir mais esta etapa. Aos meus pais, Francisca e Francisco das Chagas por estarem sempre presente, me apoiando e encorajando em todos os momentos. A meus irmãos pela amizade e carinho a mim dedicado. E ao meu namorado Carlos Eduardo, por ter me apoiado e ajudando em todos os momentos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus, por ter me concedido a sabedoria e a força necessária para concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Francisco das Chagas e Francisca, por terem sempre primado pela minha educação, me apoiado e incentivando quando me sentia sem forças para seguir a diante.

Aos meus irmãos, principalmente Fabrícia Pollyana por se fazer presente em todos os momentos neste período longe de casa.

Aos meus sobrinhos Camille Amélia, João Pedro, Vivian Maria e Bernardo, por tornarem os meus dias mais colorido e divertido.

Ao meu namorado Carlos Eduardo, por estar sempre presente na minha vida, me apoiando e encorajando a nunca desistir. Obrigada por tudo meu amor!!!

Á minha orientadora prof<sup>a</sup> Claudia Coutinho Nóbrega por toda orientação, atenção e amizade em todos os momentos ao longo desta caminhada. Muito obrigada!!

Á todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental por toda dedicação e compromisso em compartilhar conhecimento e experiências profissionais, em especial Gilson Barbosa Athayde Júnior e Elisângela Maria Rodrigues Rocha.

Á Cristine Helena Limeira Pimentel, Raissa Barreto e Camila de Melo pela amizade e ajuda no período de aplicação dos questionários e tabulação dos dados.

Á Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana – EMLUR, por todo apoio e assistência na obtenção dos dados e autorização para a aplicação dos questionários aos presidentes dos núcleos de coleta seletiva.

Aos presidentes das Associações ASTRAMARE, ASCARE, Acordo Verde e Catajampa por terem aceitado participar da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do Projeto Universal nº 484357/2013-1 do qual este trabalho foi extraído e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo fomento que permitiu a realização deste mestrado.

Aos amigos do mestrado, em especial Josefa Daiana, Amanda Paiva, Luara Lourenço, Hozana Raquel e Larissa Lucena.

Aos meus irmãos do EJC da Paróquia de São Pedro Pescador, por todos os momentos de descontração e formação compartilhados ao longo das reuniões. Levarei cada um no meu coração e nas minhas orações.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Os resíduos sólidos domiciliares possuem um potencial significativo de gerar impactos ambientais. Dependendo de como são executadas as etapas do gerenciamento (acondicionamento, transporte, processo, tratamento e disposição final) os resíduos podem provocar impactos através das emissões gasosas, líquidas e sólidas nas diversas etapas do sistema. Ao empregar a Avaliação de Ciclo de Vida – ACV para analisar a gestão dos resíduos sólidos é possível identificar os impactos ambientais relativos à sua gestão, bem como eleger modelos que melhor respondam as expectativas locais de maneira que se obtenha resultado que otimize a geração de energia e minimize os impactos. O objetivo principal desta pesquisa foi analisar o ciclo de vida do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB - Brasil. Foram realizadas pesquisas junto a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana - EMLUR e entrevistas aos presidentes das associações de materiais recicláveis em cada núcleo de coleta seletiva do município para a realização do diagnóstico da estrutura comercial. A análise do ciclo de vida foi realizada seguindo as recomendações da norma ISO 14.040 (2014). A Unidade Funcional adotada foi uma tonelada de resíduos sólidos gerados. O software utilizado foi o SimaPro 8.0 e o método de análise de impacto foi o CML, selecionando as categorias de impacto: eutrofização, acidificação, aquecimento global, oxidação fotoquímica, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade aquática em água doce, ecotoxicidade aquática marinha, depleção abiótica (combustíveis fósseis e minerais). Desta forma, quanto ao diagnóstico realizado nos núcleos de coleta seletiva, conclui-se que a EMLUR apoia todos os núcleos de coleta seletiva (exceto o núcleo Catajampa), cedendo ou alugando os galpões, fornecendo almoço, fardas, equipamentos de proteção individual (EPIs), manutenção nos equipamentos, entre outras ações. Os galpões dos núcleos possuem uma área adequada para a segregação e a pesagem dos materiais recicláveis, exceto o núcleo do Cabo Branco que possui um espaço reduzido e ausência de cobertura nos locais onde os materiais recicláveis são armazenados. Já a divisão dos lucros com a comercialização dos materiais recicláveis é na maioria dos núcleos individual, sendo por partes iguais somente nos núcleos Acordo Verde e Roger. Pode-se perceber também que o processo de reciclagem apresentou um crescimento sutil no decorrer dos anos estudados (2005 – 2015), compensando algumas categorias de impacto ambiental. Entretanto, para as categorias de oxidação fotoquímica, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática marinha e eutrofização as emissões dos poluentes foram superiores as contribuições negativas geradas pela etapa da reciclagem. Logo, constatou-se que o programa de coleta seletiva do município necessita otimizar algumas etapas da sua gestão. Essa otimização pode ser realizada aumentando os quantitativos de resíduos sólidos encaminhados a reciclagem, redução dos poluentes emitidos a partir da queima de combustíveis fósseis e o reaproveitamentos dos gases produzidos no aterro sanitário.

**Palavras-chave:** Reciclagem; Impacto Ambiental; Resíduos Sólidos Domiciliares

## ABSTRACT

Solid waste from residences have significant potential to generate environmental impacts. Depending on how the steps of the management are carried out (packaging, transport, process, treatment and final disposal), the waste can cause impacts through gaseous, liquid and solid emissions in various stages of the system. When hiring the life cycle assessment - LCA to analyze solid waste management, it is possible to identify the environmental impacts related to its management, as well as choose better models that respond to local expectations, in a way that produce a result that optimize the power generation and minimize the impacts. The main objective of this research was to analyze the life cycle of the collection selective program of solid waste in the municipality of João Pessoa, Paraíba State, Brazil. Researches were carried out with the Special Municipal Authority of Urban Cleaning - SMAUC and interviews were conducted with the Presidents of the recyclable materials associations in each core of selective collection of the municipality for the diagnosis of commercial structure. The life cycle analysis was performed following the recommendations of ISO 14.040 (2014). The functional unit adopted was a ton of solid waste generated. The software used was the SimaPro 8.0 and the method to analyze the impact was the CML, selecting the categories of: eutrophication, acidification, photochemical oxidation, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, terrestrial ecotoxicity, aquatic ecotoxicity in fresh water, aquatic ecotoxicity in marine water, abiotic depletion (fossil fuels and minerals). In this way, as for the diagnosis in the nuclei of selective collection, it is concluded that the EMLUR supports all cores of selective collection (except the Catajampa core), ceding or leasing warehouses, providing lunch, uniforms, personal protective equipment (PPE), equipment maintenance, among other actions. The warehouses of the nuclei have suitable area for segregation and weighing of the recyclable materials, except the Cabo Branco core that has a reduced space and absence of coverage in locations where the materials are stored. The division of profits, in most of the nuclei, from the sale of recyclable materials is individual, and in equal parts only in Acordo Verde and Roger cores. It can be notice that the recycling process presented a subtle growth during the years of 2005 - 2015, compensating some categories of environmental impact. However, for the categories of photochemical oxidation, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, aquatic ecotoxicity in marine water and eutrophication, the emissions of pollutants were above negative contributions generated by the step of recycling. It was found that the collection selective program of solid waste in the municipality needs to optimize some steps of its management. This optimization can be accomplished by increasing the quantity of solid waste sent to recycling, reduction of pollutants emitted from the burning of fossil fuels and reusing the gases produced in the landfill.

**Keywords:** Recycling; Environmental impact; solid waste from residences.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição gravimétrica nos subcontinentes da América e Caribe. ....	29
Figura 2: Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Brasil. ....	29
Figura 3: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB .....	30
Figura 4: Estrutura do mercado de materiais reciclados no Brasil .....	37
Figura 5: Dimensões da sustentabilidade .....	40
Figura 6: Estrutura metodológica da Avaliação do Ciclo de Vida. ....	44
Figura 7: Fluxograma das etapas metodológicas.....	46
Figura 8: Localização do município de João Pessoa/PB .....	47
Figura 9: Sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB – Brasil.....	50
Figura 10: Fluxograma das entradas e saídas do sistema de gestão de resíduos sólidos domiciliar.....	52
Figura 11: Percentual de estudos de caso utilizando software de ACV para avaliar os sistemas de gestão de resíduos publicados nos últimos anos (2005-2013). ....	53
Figura 12: Localização dos núcleos de coleta seletiva e de alguns atravessadores do município de João Pessoa-PB.....	55
Figura 13: Galpão do núcleo do Bessa (A) e do núcleo do Cabo Branco (B).....	56
Figura 14: Galpão do núcleo de Mangabeira (A) e do núcleo Cidade Universitária (B).....	58
Figura 15: Galpão do núcleo 13 de Maio (A), Central de Triagem (B) e núcleo do Roger (C).....	60
Figura 16: Galpão da associação Catajampa .....	62
Figura 17: Distribuição quantitativa dos resíduos sólidos domiciliares coletados pelo município de João Pessoa/PB. ....	63
Figura 18: Porcentagem da Coleta Seletiva dos Núcleos e da Central de Triagem do município de João Pessoa/PB. ....	64
Figura 19: Percentual dos materiais recicláveis coletados pelos núcleos de coleta seletiva e pela central de triagem do município de João Pessoa/PB.....	65
Figura 20: Contribuição do programa coleta seletiva para a categoria eutrofização, período de 2005 a 2015. ....	70
Figura 21 : Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria eutrofização, período de 2005 a 2015. ....	71
Figura 22: Contribuição do programa coleta seletiva para a categoria de acidificação, período de 2005 a 2015. ....	72
Figura 23: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria acidificação, período de 2005 a 2015. ....	73
Figura 24: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria oxidação fotoquímica, período de 2005 a 2015. ....	74
Figura 25: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria oxidação fotoquímica, período de 2005 a 2015. ....	75

Figura 26: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria aquecimento global, período de 2005 a 2015. ....	76
Figura 27: Contribuição da etapa transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria aquecimento global, período de 2005 a 2015. ....	77
Figura 28: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção da camada de ozônio, período de 2005 a 2015. ....	78
Figura 29: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção da camada de ozônio, período de 2005 a 2015. ....	79
Figura 30: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria toxicidade humana para o período de 2005 a 2015. ....	80
Figura 31: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria toxicidade humana, período de 2005 a 2015. ....	81
Figura 32: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade terrestre, período de 2005 a 2015. ....	82
Figura 33: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade terrestre, período de 2005 a 2015. ....	83
Figura 34: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade aquática marinha para o período de 2005 a 2015. ....	84
Figura 35: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade aquática marinha, período de 2005 a 2015. ....	84
Figura 36: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade aquática em água doce, período de 2005 a 2015. ....	85
Figura 37: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade aquática em água doce, período de 2005 a 2015. ....	86
Figura 38: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção abiótica (minerais), período de 2005 a 2015. ....	87
Figura 39: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção abiótica (minerais), período de 2005 a 2015. ....	87
Figura 40: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção abiótica (combustíveis fósseis), período de 2005 a 2015. ....	88
Figura 41: Contribuição da etapa transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção abiótica (combustíveis fósseis), período de 2005 a 2015. ....	89

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Estimativas das vantagens econômicas da produção utilizando produtos reciclados. ....	33
Tabela 2: Características da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB. ....	51
Tabela 3: Categorias de impacto e unidades consideradas. ....	54
Tabela 4: Preço dos materiais comercializados pela ASCARE-JP (Julho/2016). ....	57
Tabela 5: Preço dos materiais comercializados pelo Acordo Verde (Julho/2016). ....	59
Tabela 6: Preço dos materiais comercializados pelos núcleos (13 de Maio e Roger) e na Central de Triagem (Agosto/2016). ....	61
Tabela 7: Consumo de diesel e distâncias entre as residências (R) a cada núcleo de coleta. ....	66
Tabela 8: Consumo de diesel das residências até a Central de Triagem e ao Aterro Sanitário. ....	66
Tabela 9: Média do consumo de diesel dos núcleos de coleta (N) até o galpão dos atravessadores (GA) por tipo de material. ....	67
Tabela 10: Consumo de diesel da central de triagem (CT) até o galpão dos atravessadores (GA) por tipo de material. ....	67
Tabela 11: Consumo de diesel do galpão dos atravessadores (GA) até as indústrias recicladoras (IR) por tipo de material. ....	67
Tabela 12: Consumo de água, eletricidade e diesel nos galpões dos núcleos de coleta seletiva. ....	68
Tabela 13: Consumo de água, eletricidade e diesel pela central de triagem e aterro sanitário. ....	69
Tabela 14: Consumo de água, eletricidade e diesel pelas indústrias. ....	69

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABRELPE</b>	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
<b>ACV</b>	Avaliação do Ciclo de Vida
<b>ASTRAMARE</b>	Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis
<b>ASCARE</b>	Associação de Catadores de Resíduos Sólidos
<b>ASMJ</b>	Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa
<b>CCS</b>	Centro de Ciências da Saúde
<b>CEMPRE</b>	Compromisso Empresarial para Reciclagem
<b>CNS</b>	Conselho Nacional de Saúde
<b>CT</b>	Central de Triagem
<b>EMLUR</b>	Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana
<b>EPA</b>	Agência de Proteção Ambiental
<b>GEE</b>	Gases do Efeito Estufa
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICV</b>	Inventário do Ciclo de Vida
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>LCA</b>	Environmental Life Cycle Assessment
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente

<b>PEV</b>	Ponto de Entrega Voluntária
<b>PET</b>	Politereftalato de Etileno
<b>PEBD</b>	Polietileno de Baixa Densidade
<b>PEAD</b>	Polietileno de Alta Densidade
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PMSB</b>	Plano Municipal de Saneamento Básico
<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PNMC</b>	Política Nacional sobre Mudanças do Clima
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinila
<b>RDO</b>	Resíduos Sólidos Domiciliares
<b>REEE</b>	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>SESUR</b>	Secretária de Serviços Urbanos
<b>SIMAPRO</b>	System for Integrated Environmental Assessment of Products
<b>SETAC</b>	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
<b>Tg</b>	Teragrama
<b>UEPB</b>	Universidade Estadual da Paraíba
<b>UFPB</b>	Universidade Federal da Paraíba
<b>UF</b>	Unidade Funcional
<b>WWF</b>	World Wide Fund for Nature

## SÚMARIO

<b>CAPÍTULO I</b>	14
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 HIPÓTESES	17
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
<b>CAPÍTULO II</b>	18
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
<b>CAPÍTULO III</b>	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: Conceitos e Classificação	19
3.2 CENÁRIO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	20
3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS REFERENTES AOS RESÍDUOS SÓLIDOS E AOS SEUS IMPACTOS	22
3.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos	22
3.3.2 Política Nacional sobre Mudança Climática	24
3.3.3 Lei do Saneamento Básico	24
3.3.4 Política Estadual de Saneamento Básico	25
3.3.5 Lei Orgânica do Município de João Pessoa/PB	25
3.3.6 Regulamento de Limpeza Urbana da Cidade de João Pessoa/PB (Lei nº 6.811/1991)	26
3.3.7 Código Municipal do Meio Ambiente de João Pessoa/PB	27
3.3.8 Política Municipal de Resíduos Sólidos de João Pessoa	27
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	28
3.5 COLETA SELETIVA	32
3.5.1 Coleta seletiva pelo setor informal em alguns países da Ásia e da América Latina	34
3.5.1.1 Egito	34
3.5.1.2 China	34
3.5.1.3 Índia	35
3.5.1.4 América do Sul	35
3.5.2 Coleta Seletiva no Brasil	36

3.5.3	Coleta Seletiva no Município de João Pessoa/PB .....	38
3.6	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV .....	40
3.6.1	Estrutura da Avaliação de Ciclo de Vida - ACV .....	43
3.6.2	Vantagens e Limitações da Avaliação de Ciclo de Vida - ACV .....	45
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>46</b>
4	METODOLOGIA .....	46
4.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	47
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	47
4.3	LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	48
4.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA ACV .....	49
4.4.1	Definição do Objetivo e Escopo .....	49
4.4.2	Inventário do Ciclo de Vida (ICV) .....	51
4.4.3	Software SimaPro 8.0 .....	53
4.4.4	Base de Dados e Métodos.....	54
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>55</b>
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	55
5.1	DIAGNÓSTICO DOS NÚCLEOS DE COLETA SELETIVA E DA CENTRAL DE TRIAGEM .....	55
5.1.1	Associação de Catadores de João Pessoa/ PB – ASCARE-JP .....	56
5.1.2	Associação Acordo Verde .....	58
5.1.3	Associação de Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE 59	
5.1.4	Associação Catajampa.....	62
5.2	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	63
5.2.1	Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV).....	63
5.2.1.1	Consumo Diesel.....	66
5.2.1.2	Locais da gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares a serem considerados no Inventário do Ciclo de Vida - ICV .....	68
5.2.2	Análise do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) .....	70
5.2.2.1	Categoria Eutrofização .....	70
5.2.2.2	Categoria de Acidificação.....	72
5.2.2.3	Categoria Oxidação fotoquímica .....	74
5.2.2.4	Categoria Aquecimento Global .....	76
5.2.2.5	Categoria Depleção da Camada de Ozônio .....	78

5.2.2.6	Categoria Toxicidade Humana .....	79
5.2.2.7	Categoria Ecotoxicidade Terrestre.....	82
5.2.2.8	Categoria Ecotoxicidade Aquática Marinha .....	83
5.2.2.9	Categoria Ecotoxicidade Aquática em Água Doce.....	85
5.2.2.10	Categoria Depleção Abiótica .....	86
5.2.2.11	Categoria Depleção Abiótica (Combustíveis Fósseis) .....	88
<b>CAPÍTULO VI</b>	.....	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICES A- Questionário aplicado aos presidentes das associações .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXO A – Certidão de Aprovação do Comitê de Ética .....</b>	<b>110</b>



### **1 INTRODUÇÃO**

O aumento populacional e o elevado consumo de bens e serviços, incentivado pela sociedade capitalista, têm gerado inúmeros desafios ambientais e de saúde pública, principalmente, no que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) atingiu altos níveis nos últimos anos, sendo que a realização da sua coleta, tratamento e disposição final ambientalmente adequada representam uma responsabilidade de todos e deve ser prioridade social, não podendo ser negligenciada. Diversas metodologias estão disponíveis para a gestão dos RSU. No entanto, devido à diversidade dos resíduos sólidos urbanos, determinar os melhores métodos para gerenciá-los não está sendo fácil.

Para Laurent et al. (2014), tanto o aumento da geração de resíduos sólidos, como a dificuldade em gerenciá-los, colaboram para uma sociedade ambientalmente sustentável, tendo em vista que tais fatores provocam consequências que demandam respostas coerentes, mudanças de hábitos e no modelo de gestão.

No Brasil, podem-se visualizar algumas mudanças em virtude da dificuldade em gerenciar os RSU, pois até alguns anos, o gerenciamento desses eram realizados somente pelo tripé básico: coleta, transporte e disposição final, que na maioria era lixões. Entretanto, com a aprovação da Lei nº. 12.305/2010, esse quadro tende a se alterar de forma significativa, pois a referida lei trouxe os princípios, os objetivos e as principais diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que são fundamentais para uma gestão adequada (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos devem ser avaliados e gerenciados com o intuito de proporcionar um destino ambientalmente adequado. Desta forma, antes de serem encaminhados para os aterros sanitários, deve-se verificar o potencial de reaproveitamento e reciclagem.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2012), a disposição final adequada dos resíduos sólidos deveria passar por uma triagem, na qual 85% de todo resíduo seria aproveitado e somente 15% do total, denominado rejeito, seria encaminhado ao aterro sanitário.

A segregação dos materiais recicláveis leva-se em consideração as suas características físicas (alumínio, papelão, orgânico, tecido, papel, vidro, entre outros). Ao serem reciclados, esses materiais retornam como matéria-prima para as indústrias, ocasionando uma redução de

gastos no processo de fabricação, ganho de energia, redução da poluição do ar, da água, do solo e na extração de matéria-prima.

No município de João Pessoa/PB, a coleta seletiva teve início antes da aprovação da Lei nº 12.305/2010, tendo em vista que em 1997 foram colocados alguns Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) no município. Porém, devido à falta de participação da população, o programa não teve sucesso. No ano 2000, foi iniciado o programa de coleta seletiva porta a porta no referido município e, em 2005, o programa supracitado passou a ter maior abrangência (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014).

Os catadores que trabalhavam no antigo Lixão do Roger formaram associações. Atualmente, existem no município quatro associações de catadores de materiais recicláveis e sete núcleos de coleta distribuídos em alguns bairros da capital paraibana. Essas associações de catadores são responsáveis por realizar a coleta porta a porta e pela comercialização dos materiais recicláveis. Existe também uma Central de Triagem (CT) localizada próximo ao Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP), onde os catadores realizam a separação dos materiais recicláveis que foram coletados através da coleta indiferenciada (convencional) realizada pelo município (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014).

Com a implantação da coleta seletiva, a capital paraibana tem evoluído no que diz respeito ao gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO). A fim de avaliar essa evolução, e sempre buscar otimizar e propor novas alternativas para o gerenciamento, é primordial que seja realizada uma análise dos impactos relacionados. Com a finalidade de adquirir esse conhecimento, a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem se tornando uma possibilidade concreta, sendo estimulada pela PNRS, a qual prevê em seu art. 6º a implementação da ferramenta supracitada para analisar os impactos ocasionados pela gestão dos resíduos sólidos.

Desta forma, ao aplicar a ACV na análise de RDO, é possível diagnosticar os impactos ambientais referentes à sua gestão, como pode ser utilizada para identificar modelos que melhor respondam as expectativas locais, de maneira que se obtenha um resultado que otimize a geração de energia, minimize os impactos ambientais, entre outras vantagens (ARAÚJO, 2013; BOVEA et al., 2010).

Em virtude da implantação do programa de coleta seletiva dos RDO no município de João Pessoa - PB, de forma especial no período de 2005(ano que o programa passou a ter maior abrangência) até 2015 (ano mais recente, no qual foi possível coletar todas as informações sobre os quantitativos coletados e reciclados), se faz necessário uma análise do ciclo de vida para

identificar os possíveis impactos ambientais decorrentes da implantação do programa, utilizando a ferramenta ACV. Com a aplicação desta metodologia, diversos problemas poderão ser quantificados, minimizados e até mesmos evitados.

Neste sentido, se faz necessário realizar a ACV no programa de coleta seletiva dos RDO do município de João Pessoa/PB, identificando os possíveis impactos ambientais relacionados ao referido programa.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O aumento na geração de resíduos sólidos tem sido matéria de vários debates pela sociedade em diversos aspectos, principalmente naqueles que afetam a qualidade de vida da população. Contudo, a gestão dos resíduos sólidos, que está inserida como um dos setores básico do saneamento, não possui a devida atenção por parte dos gestores públicos, provocando problemas sociais, ambientais e de saúde (JUCÁ et al., 2014).

A Lei nº 12.305/2010 determina responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como o conjunto de imputações individualizadas e concatenadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manipulação dos resíduos sólidos, para reduzir sua quantidade e rejeitos gerados, bem como para minimizar os impactos provocados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Com a finalidade de reduzir a quantidade de resíduos sólidos que são destinados aos aterros sanitários, surgiu a coleta seletiva. Esta prática tornou-se importante por estar relacionada à economia de matéria prima, geração de trabalho e renda, preservação do meio ambiente e da saúde pública, evitando a poluição da água, do ar e do solo e a proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de várias doenças relacionadas à disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Desta maneira, ao levar em consideração a gestão dos resíduos sólidos, esta pesquisa apresenta relevância científica, principalmente por contribuir com informações referentes à coleta seletiva no município de João Pessoa/PB, em um período de dez anos, revelando os seus possíveis impactos ambientais.

Diante do exposto, a ACV é a ferramenta responsável tanto para quantificar os impactos ambientais, como para entender quais os melhores métodos de produção, de logística reversa e de estratégia de negócio, sejam na esfera econômica, social ou ambiental (CORRÊA e SIECCZKA, 2013). Com a utilização desta ferramenta, será possível avaliar os impactos

ambientais associados ao programa de coleta seletiva e responder a alguns questionamentos como: A implantação da coleta seletiva dos RDO no município resultou redução dos impactos ambientais?

Na perspectiva de responder este questionamento, a presente pesquisa propõe a utilização da ACV, por se tratar de uma metodologia amplamente utilizada em diversos países, principalmente no que se refere à gestão de resíduos sólidos.

## 1.2 HIPÓTESES

Com base na presente pesquisa foram consideradas as seguintes hipóteses:

- A partir da ferramenta ACV é possível identificar os impactos ambientais do programa do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa.
- É possível verificar quais as etapas do processo apresentam maior deficiência em sua gestão.
- O programa de coleta seletiva no município tem reduzido os impactos ambientais.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução como o primeiro. O segundo apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos. Já, no terceiro capítulo é apresentada uma sucinta revisão bibliográfica relacionada à temática abordada, onde alguns tópicos são descritos, como: conceitos e classificações dos resíduos sólidos, cenário da geração de resíduos sólidos, políticas públicas referentes às problemáticas dos resíduos sólidos, caracterização dos resíduos, coleta seletiva e a Avaliação do Ciclo de Vida. Já o quarto capítulo, é descrita a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa. No quinto capítulo são apresentadas as análises e discussões dos resultados. Por fim, no sexto capítulo estão contidas as conclusões do presente estudo. Após este último capítulo, destacam-se as referências utilizadas nesta pesquisa, seguido de apêndices e anexos.

### **2 OBJETIVOS**

#### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar o Ciclo de Vida do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB- Brasil.

#### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Quantificar o material reciclável do programa de coleta seletiva no município de João Pessoa/PB, período de 2005 a 2015.
- Realizar diagnóstico da estrutura comercial nos núcleos de coleta seletiva.
- Mapear o mercado dos materiais recicláveis do município de João Pessoa/ PB.
- Analisar os impactos ambientais provenientes do ciclo de vida do programa de coleta seletiva no município de João Pessoa.
- Fornecer informações ao poder público e a sociedade em geral, com relação às possíveis vantagens do programa de coleta seletiva implantada no município.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS: Conceitos e Classificação

Os resíduos sólidos abrangem uma diversidade de materiais como: vidros, plásticos, papéis, eletroeletrônicos, pneus, lodos de estações de tratamento de esgotos, entre outros, que ao longo do tempo são modificados, tanto em relação à quantidade quanto à qualidade, devido a mudanças tecnológicas, cultural e social (SOUTO; POVINELLI, 2013). A partir desta diversidade de materiais que compõem os resíduos sólidos devem-se procurar definições que facilitem o seu entendimento e a sua classificação, para que dentro desta perspectiva, possa dar uma adequada destinação.

De acordo com a PNRS os resíduos sólidos podem ser entendidos como:

Os materiais, substância ou objetos rejeitados pelas atividades humanas em coletividade, do qual a destinação final se procede, se propõe proceder ou está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semi-sólidos, assim como os gases contidos em recipientes e líquidos cujas características tornem inviável o seu lançamento em redes públicas de esgotos ou em corpos d'água, ou ordenem para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em relação à melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos ainda foram classificados segundo a PNRS, quanto a sua origem e quanto a sua periculosidade.

- *Quanto à origem*

- “a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;” (BRASIL,2010)

- ***Quanto à periculosidade***

- “a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea a” (BRASIL,2010).

Com o entendimento destas classificações, o gerenciamento de resíduos sólidos poderá ser aplicado de maneira que os RDO possam ter uma destinação e disposição adequada de acordo com as suas características, evitando danos tanto a população quanto ao meio ambiente. Segundo Sengige et al. (2014) um adequado sistema de gestão de resíduos sólidos deve sempre levar em consideração o tipo de resíduo gerado, pois a classificação determina quais serão os métodos e técnicas de destinação.

### 3.2 CENÁRIO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O processo de urbanização junto com a industrialização e o elevado consumo resultaram em uma maior geração de resíduos sólidos, ocasionando processos de degradação ambiental, refletindo na qualidade de vida da população (NETO, 2013).

Hoornweg e Bhada-tata (2012), afirmam que os resíduos sólidos são geralmente considerados como uma das questões do processo de urbanização, tendo em vista que as taxas de produção de resíduos em áreas rurais tendem a ser insignificantes, possuindo geralmente moradores com baixo poder aquisitivo e, conseqüentemente, com menor poder de compra e elevado nível de reutilização e reciclagem.

Para Phillipi Jr. e Aguiar (2005) a quantidade de resíduos sólidos de origem domiciliar por habitante apresenta taxas maiores nos municípios e em países desenvolvidos. Esse fato se justifica pela maior circulação de mercadorias, maior consumo de embalagens e a baixa vida útil dos equipamentos.

De acordo com Hoornweg e Bhada-tata (2012), no ano de 2012, foram estimados 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos a nível global. Ainda segundo os autores, este volume aumentará para 2,2 bilhões de toneladas no ano de 2050.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2015), no Brasil, no ano de 2015, foram produzidos aproximadamente 79,9 milhões de toneladas de resíduos, tendo um aumento de aproximadamente 1,7% em relação ao ano de 2014, configurando um crescimento a um índice inferior ao registrado nos anos anteriores. Em relação à geração per capita média no país, o panorama mostrou um aumento de 0,8% em relação a 2014, representando uma geração de 1,071 kg/hab/dia. No estado da Paraíba ocorreu um aumento de 47 t/dia na geração de RSU em 2015, este valor somando ao valor do ano anterior equivale à produção de 3.551 t/dia.

Nesta perspectiva, Campos (2012) menciona algumas hipóteses que contribuíram para o aumento da geração de resíduos no país como: a criação de programas de combate à pobreza; aumento de postos de trabalho; crescimento do Produto Interno Bruto (PIB); redução do número de habitante por domicílio e da composição familiar; maior participação da mulher no mercado de trabalho; fluxo de migração do Sudeste para o Nordeste, proporcionando novos hábitos de consumo; maior facilidade na obtenção de crédito para os trabalhadores jovens para os gastos; não cobrança pelos serviços de coleta e manejo dos resíduos sólidos municipais; estímulo dos meios de comunicação ao consumo e, utilização indiscriminada de produtos descartáveis.

Tais fatores justificam o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos que na grande maioria das vezes são destinados em locais inadequados. Como consequência, tem-se a degradação dos recursos naturais e da qualidade de vida.

A gestão inadequada de resíduos sólidos pode ocasionar danos expressivos à saúde humana, aos ecossistemas e aos recursos naturais (VERGARA; TCHOBANOGLIOUS, 2012). Para Zurbrugg (2003) um sistema de gestão de resíduos sólidos eficiente é o que abrange medidas que favoreçam a redução de resíduos e, os seus diversos efeitos sobre o meio ambiente.

O sistema capitalista não tem levado em consideração os limites do meio ambiente, os interesses da coletividade e a qualidade de vida da sociedade (ROTH; GARCIA, 2008), pelo contrário está se mostrando um sistema ambientalmente insustentável e socialmente injusto (GUIMARAES, 2011), fornecendo a população um processo incessante de produção e consumo, tendo produtos ofertados com uma vida útil cada vez mais reduzida, visando o aumento do consumo e, como consequência um maior descarte.



As diversas etapas do gerenciamento de resíduos sólidos se não forem realizadas de maneira adequada contribuem de forma direta ou indireta para alguns problemas ambientais como: alterações climáticas, destruição da camada de ozônio e poluição das águas. Entre estas etapas está a incineração; a coleta de resíduos, através dos veículos e a disposição em aterro sanitário que geram gases e lixiviados que propiciam os problemas ambientais citados anteriormente (LAURENT et al., 2014; De GIOANNIS et al., 2009; HOORNWEG e BHADATATA, 2012). Desta forma, para se reduzir os efeitos da geração dos resíduos sólidos, torna-se necessário uma análise de como está sendo desenvolvido o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, para que assim possa compreender quais os possíveis impactos e como minimizá-los em cada etapa da sua execução.

### **3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS REFERENTES AOS RESÍDUOS SÓLIDOS E AOS SEUS IMPACTOS**

Com o intuito de realizar uma abordagem adequada da gestão de resíduos sólidos, torna-se necessário diferenciar os conceitos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, que são definições distintas, mas que se completam.

Para Ikuta (2010), os termos gestão e gerenciamento estão bastante interligados, de forma que mudanças em um processo podem influenciar o outro. Em princípio, a gestão precede o gerenciamento e sua estrutura deverá ser criada de acordo com o modelo de gestão definido. Desta forma, a Gestão de Resíduos Sólidos pode ser compreendida como as normas e leis relacionadas aos resíduos sólidos, já o Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos por todas as operações que abrangem os resíduos sólidos, como coleta, tratamento, disposição final, entre outras (LOPES, 2003).

No Brasil, a legislação ambiental é composta por diversas leis, decretos e instrumentos jurídicos que visam à prevenção e a punição de atos que danifiquem o meio ambiente.

#### **3.3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos**

No que se refere à problemática dos resíduos sólidos destaca-se a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS tramitou por duas décadas no Congresso Nacional e é resultado de uma vasta discussão entre o governo, instituições privadas, organizações não governamentais e sociedade civil. A referida lei reúne

princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para gestão dos resíduos sólidos no país (RAUBER, 2011).

A PNRS traz conceitos modernos para o entendimento das questões ambientais relacionadas aos resíduos sólidos como:

- Gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações praticadas direta ou indiretamente nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.
- Logística reversa: o setor empresarial passa a ser responsável pela produção de um produto e pela destinação de seu resíduo, seja por reaproveitamento em seu próprio ciclo produtivo ou pela destinação adequada do mesmo.
- Responsabilidade compartilhada: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana, para minimizar o volume gerado de resíduos, como reduzir os impactos ambientais causados a saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.
- Ciclo de vida do produto: compreende a um conjunto de etapas que envolvem a fabricação do produto, desde a extração de matérias-primas e insumos até o consumo e disposição final do produto (BRASIL, 2010).

A Logística Reversa tem como principal objetivo a volta dos resíduos de pós-consumo à cadeia produtiva, proporcionando que a vida útil de determinados produtos não acabem após o consumo, mas que estes voltem ao ciclo de vida para a reutilização, reaproveitamento ou uma destinação ambientalmente adequada, reduzindo assim os impactos ao meio ambiente.

Para a satisfação deste processo o programa de coleta seletiva é a ação mais apropriada, pois através do incentivo do poder público local, serão criadas cooperativas e/ou associações de catadores que possuem um papel essencial na gestão destes resíduos sólidos (GUARDABASSIO, 2014).

### **3.3.2 Política Nacional sobre Mudança Climática**

Com base em estudos da Agência de Proteção Ambiental (EPA), no ano de 2014, 117,2 Tg CO<sub>2</sub> Eq. de metano (CH<sub>4</sub>) foram emitidas a partir de resíduos sólidos nos Estados Unidos. Aproximadamente 18,1% do total das emissões de metano dos EUA foram gerados a partir de aterros sanitários, em 2013, sendo a terceira maior contribuição de emissão de metano nos Estados Unidos (EPA, 2014).

Os resíduos sólidos possuem diversas características, dentre estas estão a de toxicidade, reatividade e explosividade, podendo resultar em efeitos adversos para a saúde humana e para o ambiente (ALAM e AHMADE, 2013). Em particular, os resíduos produzem uma grande quantidade de emissões de gases de efeito estufa (GEE), que é a questão mais crítica que afeta as mudanças no clima global (BOGNER et al., 2008). A melhor maneira de reduzir os impactos do aquecimento global é reduzir as emissões de GEE.

A Lei nº 12.187/2009 que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima- PNMC - tem como objetivo, de acordo com o art. 4, a redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação as suas diferentes fontes.

São instrumentos da PNMC, conforme o inciso XII do art.6, as medidas existentes, ou a serem criadas, que estimulem o desenvolvimento de processos e tecnologias, que contribuam para a redução de emissões e remoções de GEE, bem como para a adaptação, dentre as quais o estabelecimento de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas, compreendidas aí as parcerias público-privadas e a autorização, permissão, outorga e concessão para exploração de serviços públicos e recursos naturais, para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de GEE e de resíduos (BRASIL, 2009).

### **3.3.3 Lei do Saneamento Básico**

A Lei nº 11.445/2007 foi sancionada em 2007, após quase dez anos de discussões no Congresso Nacional e é considerada um marco regulatório para o setor, prevendo que os serviços públicos de saneamento serão prestados com base no princípio da universalização do acesso a: abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana, drenagem e ao manejo dos resíduos sólidos de forma adequada considerando à proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Nesta perspectiva, os municípios brasileiros devem elaborar seus Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB. Esse documento deve definir as funções de gestão dos serviços

públicos de saneamento e estabelecer à garantia do atendimento à saúde pública, os direitos e deveres dos usuários, o controle social, sistemas de informação, entre outros. Desta forma, os municípios que não dispuserem dessa política instruída, deverão formulá-la, concomitantemente, a elaboração e implementação do PMSB.

O PMSB visa contribuir para o desenvolvimento sustentável do ambiente urbano; garantir a efetiva participação da população nos processos de elaboração, implantação, avaliação e manutenção do PMSB; estabelecer mecanismos de regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico; utilizar os indicadores dos serviços de saneamento básico no planejamento, implementação e avaliação da eficácia das ações em saneamento entre outros (BRASIL, 2007).

### **3.3.4 Política Estadual de Saneamento Básico**

Esta lei nº9.260/2010 institui princípios e diretrizes da Política Estadual de Saneamento Básico, autorizando a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, além de estabelecer os direitos e deveres dos usuários dos serviços de saneamento básico e dos seus prestadores de serviços. Nesta lei a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos podem ser entendidos como um conjunto de serviços e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final dos resíduos domiciliares e dos resíduos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas.

No artigo dezoito da referida lei, está descrito que o Estado da Paraíba poderá cooperar com os municípios na gestão dos serviços públicos mediante a execução de obras e ações, que viabilize o acesso a água potável, limpeza de logradouros, manejo dos resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais. Dessa forma, o poder executivo estadual está autorizado a realizar gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, como também constituir consórcios públicos em prol do interesse da coletividade.

Entre os direitos narrados no artigo vinte e cinco, está o de receber os serviços dentro das condições e padrões estabelecidos pelas normas regulamentadoras. Um dos principais deveres da população está em utilizar os serviços públicos de forma racional, evitando desperdícios e colaborando com a preservação dos recursos naturais (PARAÍBA, 2010).

### **3.3.5 Lei Orgânica do Município de João Pessoa/PB**

Um dos objetivos fundamentais, desta lei, é garantir a todos os cidadãos o direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado. O desenvolvimento econômico deve ser

promovido, mas o município atuará, para que essa atividade não cause prejuízo a outras iniciativas, dentre estas pode-se citar à proteção ao meio ambiente.

Desta forma, o município é o responsável para realizar planejamento, controle e fiscalização de atividades públicas ou privadas, que causem efetiva ou potencial alteração no meio ambiente e, incumbe ao poder público municipal o dever de prestar e restaurar os processos ecológicos essenciais; proteger a fauna e a flora, proibindo atividades que coloquem em risco suas funções ecológicas, ou causem a sua extinção e proíba alterações físicas, químicas e/ou biológicas que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar social da comunidade. O município ainda deve promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e, a conscientização pública para preservação do meio ambiente e atribuir ao degradador do meio ambiente, através dos meios legais disponíveis, a obrigação de recuperá-lo independente das sanções previstas na Lei Federal.

No artigo 180 está apresentado que o poder público interditará a disposição final de resíduos sólidos domésticos, industriais, de abatedouros públicos e privados, hospitalares e atividades semelhantes com impacto negativo sobre o meio ambiente (ASSEMBLEIA MUNICIPAL CONSTITUINTE, 1990).

### **3.3.6 Regulamento de Limpeza Urbana da Cidade de João Pessoa/PB (Lei nº 6.811/1991)**

Esta lei define a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Pública - EMLUR, como um órgão da Administração Indireta do Município, vinculada à Secretaria de Serviços Urbanos - SESUR, se constituindo de uma Entidade de Direito Público, dotado de autonomia administrativa e financeira, com sede e foro nesta capital e, sucede integralmente a entidade ora transformada e gozará de todas as franquias, isenções, obrigações e privilégios concedidos aos órgãos da administração direta.

Desta forma, todos os serviços de limpeza urbana do município de João Pessoa/PB devem ser regidos pelas disposições contidas neste regulamento e explorados com exclusividade pela EMLUR. A autarquia supracitada incumbe planejar, desenvolver, regulamentar, fiscalizar, executar, manter e operar os serviços relacionados com sua atividade fim e promover a educação para a limpeza urbana, bem como comercializar os produtos e subprodutos dos resíduos sólidos. De acordo com a referida lei, para fins de coleta regular os resíduos sólidos domiciliares não poderão ultrapassar o volume diário de 100 litros e os resíduos comerciais de 200 litros (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 1991)

### **3.3.7 Código Municipal do Meio Ambiente de João Pessoa/PB**

A seção oitava do Código Municipal do Meio Ambiente trata da questão dos resíduos sólidos municipais, no qual menciona que a coleta, transporte, manejo, tratamento e destino final dos resíduos sólidos e semissólidos, devem ocorrer de forma que não cause danos ou agressões ao meio ambiente, a saúde e ao bem-estar da população.

Neste contexto, fica proibido em todo o território municipal, a deposição de resíduos em vias pública, praças, terrenos baldios e em outras áreas não designadas para esta finalidade; a queima e a disposição final dos resíduos em lixões; o lançamento de resíduos de qualquer natureza em água superficiais ou subterrânea, praias, manguezais, sistemas de drenagem e áreas erodidas; admitir que o território municipal seja utilizado como depósito e disposição final de resíduos tóxicos e radioativos produzidos fora do município.

O programa de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos serão estimulados pelo poder público municipal, bem como a implantação de um sistema descentralizado de usinas de processamento. Este sistema deverá ser definido através de estudos técnicos, priorizando as tecnologias apropriadas, com menor custo de implantação, operação e manutenção.

O poder público municipal, ainda tem a função de incentivar a realização de estudos, projetos e atividades que proponham a reciclagem dos resíduos sólidos em parceria com empresas privadas e as organizações da sociedade civil (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2002).

### **3.3.8 Política Municipal de Resíduos Sólidos de João Pessoa**

Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos do Município de João Pessoa através do decreto nº 8.886/2016, no qual dispõe sobre os princípios, procedimentos e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos gerados no município, bem como estabelece regras referentes ao gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, incluindo a gestão e a prestação dos serviços na área de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos.

De acordo com o decreto, o sistema de gestão integrada de resíduos sólidos do município de João Pessoa – PB abrange na totalidade ou em partes as atividades de geração; acondicionamento; coleta seletiva; transporte; triagem e tratamento de resíduos sólidos; valorização dos resíduos; disposição final ambientalmente adequada; compostagem; reciclagem e utilização de tecnologias adequadas; conservação e manutenção dos equipamentos e das infraestruturas; atividades de caráter administrativo, financeiro e de fiscalização. De

acordo com esse decreto municipal todos os geradores de resíduos sólidos deverão ter como objetivo a não geração de resíduo e a sua redução, segregação na fonte de acordo com a sua tipologia, promovendo o adequado acondicionamento e, retornando os resíduos gerados em novos ciclos produtivos, por meio da compostagem, reutilização e reciclagem (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2016).

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) englobam os resíduos domiciliares (RDO) definidos como resíduos originados em atividades domésticas em residências urbanas e resíduos de limpeza urbana originados da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2010).

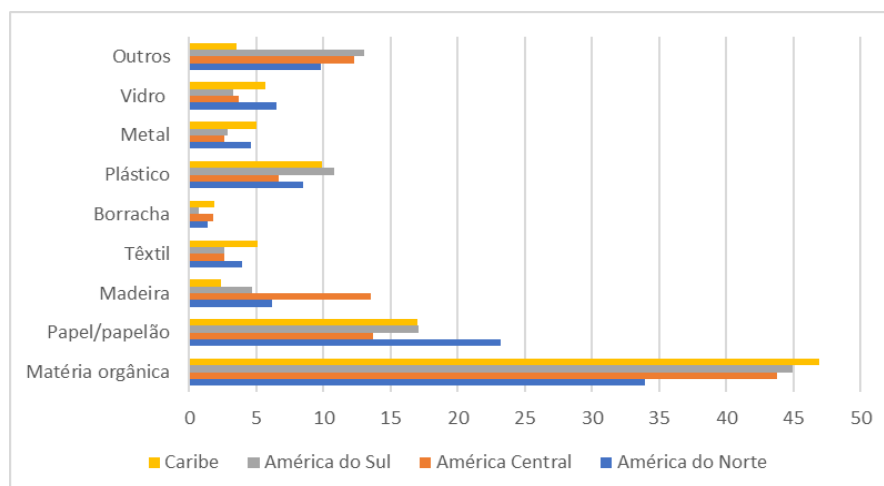
Os RDO possuem uma composição bastante variável (restos de alimentos, metais, papéis, vidros, plásticos, resíduos sanitários entre outros), sendo resultado direto das atividades urbanas e influenciada por vários fatores como pelo poder econômico, períodos sazonais, padrão de consumo entre outros (YASSIN et al., 2009). Dentre esses fatores, o poder econômico destaca-se como um fator preponderante para a variação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares entre países e regiões (BURNLEY et al., 2007).

A composição gravimétrica dos resíduos identifica as frações de todos os componentes dos resíduos sólidos, bem como o peso relativo de cada uma das frações. Esta caracterização dos resíduos permite conhecer as características gerais dos resíduos e identificar o seu comportamento quando submetidos a determinado tratamento, valorização ou deposição em aterros sanitários (TCHOBANOGLOUS; THEISEN; VIGIL, 1993).

Para Suthar; Singh (2015) e Santos (2007) a caracterização é uma das etapas iniciais para uma eficiente gestão integrada de resíduos, bem como para o dimensionamento de unidades de disposição, tratamento, valorização e reciclagem.

No relatório “What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management” publicado no ano 2012 são fornecidos dados da composição dos resíduos sólidos domiciliares coletados nos subcontinentes do continente da América e Caribe. Esses dados foram coletados no ano de 2000 e estão detalhados na Figura 1.

Figura 1: Composição gravimétrica nos subcontinentes da América e Caribe.

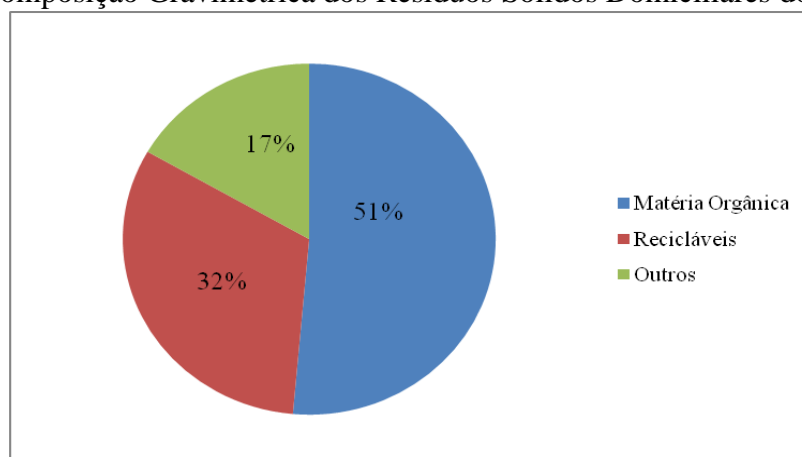


Fonte: Hoornweg; Bhada-tata, 2012.

Observa-se que entre os materiais recicláveis coletados nos subcontinentes da América e Caribe, a matéria orgânica apresentou as maiores contribuições. Com destaque para o Caribe que apresentou a maior geração de resíduos orgânicos e da América do Norte que obteve a menor contribuição desse resíduo. Geralmente, os países industrializados geram percentagem menores de matéria orgânica, mas em contrapartida apresentam altas percentagens de papel/papelão, principalmente pela alta demanda de embalagens.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil a percentagem de orgânicos apresentam mais da metade do total da massa de materiais recicláveis. Na Figura 2, pode-se observar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares publicada no relatório da ABRELPE.

Figura 2: Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Brasil.



Fonte: Adaptado da ABRELPE, 2011.

A caracterização da ABRELPE não apresentou uma descrição detalhada, tendo em vista que foi subdividida somente em três categorias e não foram descritos quais os materiais que



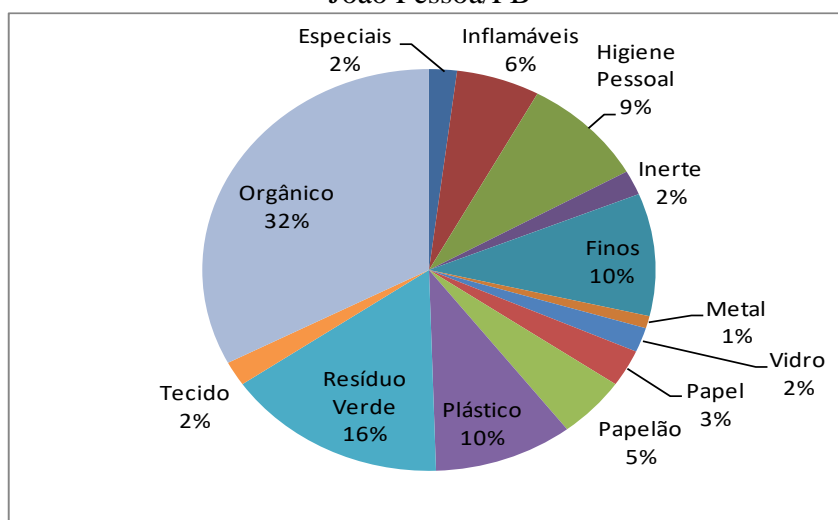
englobam cada categoria. Desta forma, ao realizar uma caracterização deve-se procurar detalhar o máximo possível os componentes que corresponde a cada categoria.

No Brasil, a PNRS não trouxe em sua estrutura a exigência da caracterização tampouco o método para realização da mesma no âmbito dos Planos Estaduais e Municipais. Desta forma, a composição gravimétrica sem uma metodologia padrão poderá resultar em estimativas que não caracterizem a real situação. Para Cruz (2005) o esclarecimento do método é muito importante, assim como a origem do resíduo e, principalmente que objetivos se busca alcançar. Dentro de um mesmo país existe significativas variações na composição gravimétrica, isto devido as diferenças culturais e regionais.

O município de João Pessoa, está localizado na região nordeste do Brasil e, apresenta as suas próprias particularidades no que se refere a geração de resíduos sólidos. Neste município foram realizadas seis caracterizações dos resíduos sólidos domiciliares. No ano de 1998, 2001 e 2006 foram realizadas por Flores Neto, em 2003 pelo grupo de resíduos sólidos da Universidade Federal do Pernambuco. Em 2011, por Azevedo Silva e em 2016, pela EMLUR.

Nas duas últimas caracterizações foi utilizada a metodologia do MODECOM (AZEVEDO SILVA, 2012; EMLUR, 2016). Esta metodologia foi desenvolvida na França em 1993, com a finalidade de especificar a composição do resíduo sólido doméstico e estimular a percentagem dos componentes potencialmente recuperáveis (DE ARAÚJO MORAIS, 2006). Na Figura 3, observa-se a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB no ano de 2016.

Figura 3: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB



Fonte: EMLUR, 2016.

A metodologia francesa MODECOM determina 13 categorias e subcategorias dos componentes dos resíduos sólidos (Quadro1).

Quadro 1: Categorias MODECOM utilizadas na caracterização dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB.

<b>CATEGORIAS</b>	<b>COMPONENTE</b>
Resíduo Verde	Poda em Geral
Fração Orgânica	Restos de Alimentos e de Preparo
Papel	Jornal, Revistas, Papeis em Geral
Papelão	Caixas, Embalagens, entre outros
Plástico	Sacola, PET, Descartáveis e Embalagens
Vidro	Vidrarias, Exceto Espelho
Metal	Ferrosos e Não Ferrosos: Latínhas, entre outros
Tecido	Roupas, Retalhos, Lençóis, entre outros
Inflamáveis	Couro, Madeira, Borracha
Higiene Pessoal	Papel Higiênico, Absorvente, Fraldas, entre outros
Resíduo Especial	Hospitalar, Pilhas, Aerossol, Tintas, entre outros.
Inerte	Pedra, Osso, Cerâmica, Porcelana, entre outros
Finos	Resíduos Inferiores à 20 mm

Fonte: Adaptado Azevedo Silva (2012).

O conhecimento dessas subcategorias é considerado relevante tanto para subsidiar a técnica, como para os objetivos da caracterização. Entre as categorias estudadas na composição gravimétrica do município de João Pessoa/PB, a massa de resíduos orgânicos apresentou uma maior porcentagem de matéria orgânica facilmente degradável (32%), em seguida, foram os resíduos verdes (16%). Vale salientar que resíduo verde é matéria orgânica de degradação mais lenta, devido ao alto teor de lignina e celulose. Considerando esses dois tipos de resíduos, tem-se 48% de matéria orgânica na massa de RDO.

O metal foi à categoria que apresentou uma baixa porcentagem, isso porque grande parte desse material, provavelmente, foi coletado pelos catadores autônomos e associados antes de serem encaminhados ao aterro sanitário. Sabe-se que o Brasil é um dos países que mais coletam este tipo de resíduo (CEMPRE, 2017).

### 3.5 COLETA SELETIVA

A coleta seletiva é definida, como citado anteriormete, pela PNRS como “coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição” e, é uma das etapas do gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Essa atividade inclui desde a partida do veículo para a coleta, abrangendo todo o percurso gasto para remoção dos resíduos nos locais onde foram acondicionados<sup>1</sup>, até o retorno ao ponto de partida (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

Para Ikuta (2010) “a coleta seletiva consiste no recolhimento diferenciado de materiais recicláveis previamente separados da massa de resíduos comuns”, ainda segundo a autora é corriqueiro confundir descarte e coleta seletiva com reciclagem, embora estes sejam atividades importantes no processo de recuperação dos resíduos e, assim, para que possam ser triados e conduzidos para as indústrias recicladoras.

A coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares é uma estratégia importante nos países em desenvolvimento, gerando renda e desenvolvimento social de populações desfavorecidas, além de proporcionar crescimento econômico, redução de resíduos encaminhados ao aterro sanitário e promover a conservação dos recursos naturais (MENDES, 2014; MEDINA, 2000; EZEAH et al., 2013 e PAUL et al., 2012).

O processo de coleta seletiva dos materiais recicláveis busca evitar a homogeneidade entre os resíduos, com o intuito de prevenir que certos materiais passíveis de serem reciclados sejam contaminados por outros. Para tanto, esse processo contribue tanto para aumentar os custos operacionais, como para emitir emissões ambientais ligadas á sua gestão.

Embora os custos de coleta variem dependendo da população, densidade populacional, localização, custos de mão-de-obra e muitos outros fatores, a coleta de resíduos contribuiu com mais de 40% do custo total da gestão de resíduos sólidos municipais (CHALKIAS e LASARIDI, 2009). As emissões dos veículos de coleta variam com base em fatores como tipo de caminhão, tipo de combustível, eficiência e características da rota (NREL, 1995).

A reciclagem com ganhos econômicos é algo relativamente recente. A viabilidade econômica da exploração desse setor veio principalmente do aumento do nível de consumo nos centros urbanos nos últimos anos, o que ocasionou por um lado, o aumento de materiais a serem

---

<sup>1</sup>De acordo com a Lei nº6911/1991 do Regulamento de Limpeza Urbana da cidade de João Pessoa/PB em seu art.6 entende-se por acondicionamento o ato de embalar em sacos plásticos ou em outras embalagens descartáveis permitidas, de acomodar em contenedores ou em recipientes padronizados, os resíduos sólidos para fins de coleta e transporte.

descartados na mesma proporção e, por outro o encarecimento gradativo de matérias-primas para a produção dos produtos de consumo em geral, cada vez mais demandados na sociedade. Com isso, novas tecnologias foram desenvolvidas para possibilitar a transformação de resíduos em matérias-primas que retornam para o processo produtivo (IPEA, 2013).

As vantagens econômicas oriundas da reciclagem podem ser calculadas com base na diferença entre os custos gerados pela produção a partir de matéria-prima virgem e os custos oriundos da produção dos mesmos bens a partir de materiais recicláveis. Na Tabela 1 podem-se observar as vantagens econômicas da reciclagem de alguns materiais.

Tabela 1: Estimativas das vantagens econômicas da produção utilizando produtos reciclados.

<b>Material</b>	<b>Custo da produção com material virgem (R\$/t)</b>	<b>Custo da produção a partir da reciclagem (R\$/t)</b>	<b>Benefício líquido (R\$/t)</b>
<b>Aço</b>	552	425	127
<b>Alumínio</b>	6.162	3.447	2.715
<b>Celulose</b>	687	357	330
<b>Plástico</b>	1.790	626	1.164
<b>Vidro</b>	263	143	120

Fonte: Adaptado do IPEA, 2010.

Ainda de acordo com o Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA (2010), o Brasil economiza cerca de R\$ 1,4 a R\$ 3,3 bilhões/ano, referente às taxas de reciclagem. Se todos os materiais recicláveis, ainda enviados para aterros, fossem recuperados, a sociedade brasileira teria uma economia de cerca de R \$ 8 bilhões a cada ano (IPEA, 2010).

Segundo Nóbrega (2003), a coleta seletiva traz benefícios diretos e indiretos, tangíveis e intangíveis, como a retirada de catadores de lixões que trabalham em condições insalubres, para trabalhar em programas de coleta seletiva em condições mais salubres.

A coleta seletiva formal coletava, em 2008, apenas 2% dos resíduos sólidos domiciliares do país, sendo o setor informal o responsável pela coleta da maior parte dos materiais recicláveis que são destinados as indústrias ( JARDIM, et al., 2012). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2012), o Brasil tem mais de 600.000 catadores informais em atividade. O poder público municipal tem procurado organizar essas pessoas em cooperativas ou associações, no qual possam atuar efetivamente do processo nas instalações das centrais de triagem ou pela catação manual na fonte geradora.

A coleta informal não é uma problemática exclusiva do Brasil, mas de todos os países em desenvolvimento. É relatado que 2% da população em cidades asiáticas e latino americana dependem da coleta seletiva para a sua subsistência (MEDINA, 2000).

### **3.5.1 Coleta seletiva pelo setor informal em alguns países da Ásia e da América Latina.**

#### **3.5.1.1 Egito**

No Egito, os catadores informais geralmente formam grupos sociais, como os Zabballen que estão localizados em sete assentamentos de coleta de resíduos na região urbana de Cairo. A maioria desses assentamentos estão localizados em áreas periféricas, sendo a maior comunidade de Zabbaleen localizada ao pé da montanha Mokattan, a leste do Cairo.

Esse grupo minoritário é formado por cristãos e possui aproximadamente 60.000 habitantes, que coletam e classificam cerca de 50% dos resíduos sólidos domésticos produzidos em Cairo, desde a década de 1930 (WILSON et al., 2006 ; FAHMI e SUTTON, 2006 ). De acordo com Zia et al., (2008) os Zabbaleen se organizaram com o apoio externo e melhoraram os seus serviços de coleta de resíduos para a reciclagem e tratamento.

Dessa forma, em 2006, uma taxa de reciclagem de 74,3% foi obtida pelo setor informal, em comparação com 10,6% do setor formal. Apesar desse avanço, a integração na sociedade continua a enfrentar muitos desafios com atitudes governamentais invasivas (WILSON et al., 2009).

#### **3.5.1.2 China**

A industrialização e a urbanização foram os impulsionadores para a procura de materiais recicláveis na China. Os catadores desempenham uma função importante e eficiente na segregação, coleta e reciclagem de todos os resíduos recicláveis. A transição da economia comunista para um livre comércio, mostrou que importar materiais recicláveis da Europa era mais lucrativo do que comprar os produzidos localmente (EZEAH et al., 2013). O setor informal continua coletando materiais recicláveis do município, mas devido ao pouco apoio, as taxas de reciclagem estão em decaimento (WILSON et al., 2009).

Chi et al., (2011) consideraram que em vez de se concentrar nos resíduos sólidos domésticos, o setor informal na China está recorrendo à reciclagem dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Principalmente, devido a suprimentos suficientes trazidos por importações ilegais, com baixo custo de mão-de-obra e de tratamento (métodos de

quintal e altamente poluentes), falta de controle de qualidade, demanda estável de materiais secundários e uma rede comercial abrangente e eficiente.

#### 3.5.1.3 Índia

Existem aproximadamente seis milhões de catadores informais na Índia (BONNER, 2008) e, diversas parcerias entre as cidades indianas que trabalham a problemática dos resíduos sólidos. Entre essas parcerias está a público-privada, público-comunidade e privado-privado, sendo a público-comunidade a que prevalece em alguns municípios. Essa parceria criou um programa de coleta de resíduos sólidos nos bairros de baixa renda, onde os moradores pagam uma taxa de US \$ 0,30 por mês para coletar os resíduos. Desta forma, foi possível observar o aumento dos ganhos do setor e, ao mesmo tempo dignificou as atividades, reduziu a taxa de resíduos e aumentou as taxas de coleta seletiva (MEDINA, 2000).

Na Índia, os catadores podem ganhar Rs 1527 por mês, enquanto os atravessadores poderiam ganhar até Rs 10.700 por mês (ZIA et al., 2008). Segundo Wilson et al. (2009) assim como no Egito, o setor informal indiano está ameaçado pelo programa de modernização do governo.

#### 3.5.1.4 América do Sul

A organização para reciclagem do setor informal na América Latina é a mais avançada, quando comparada com outras regiões do mundo, principalmente pelo reconhecimento e inclusão dos catadores nos sistemas de gerenciamento dos resíduos sólidos municipais (EZEAH et al., 2013). Esses trabalhadores são organizados em cooperativas ou associações, que se combinaram em movimentos nacionais em alguns países (BONNER, 2008). Dessa maneira, grande parte da sociedade está envolvida, incluindo os acadêmicos, organizações não governamentais, instituições financeiras, prestadoras de serviços e governos federal, estadual e municipal (MEDINA, 2008).

O Brasil, por exemplo, possui um dos maiores e bem estabelecidos movimentos nacionais de catadores (BONNER, 2008). Esses movimentos buscam o reconhecimento da sociedade, a legitimação e a inclusão social, visando construir uma vida mais digna para os catadores envolvidos na atividade de reciclagem (GUTBERLET e BAEDER, 2008).

Percebe-se, portanto, que a maneira como os catadores estão organizados (associações ou cooperativas) pode gerar consequências importantes para a geração de renda, condições de trabalho e status social. Como regra geral, quanto menos organizado for o setor informal da reciclagem, menos as pessoas envolvidas são capazes de agregar valor às matérias-primas

secundárias que coletam e mais vulneráveis são à exploração dos intermediários (FAHMI e SUTTON, 2006).

### **3.5.2 Coleta Seletiva no Brasil**

A coleta seletiva de materiais recicláveis, no Brasil, caracteriza-se pela forte inclusão social dos catadores e apoio de políticas públicas ao desenvolvimento de associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Este fato, não ocorre nos Estados Unidos e na União Europeia, mas cresce em países da América Latina e do Caribe, destacando-se Brasil, Colômbia, Peru e Argentina. (GÜNTHER e GRIMBERG, 2006; CEMPRE, 2017; GTZ, 2010).

O Movimento Nacional dos Catadores, que representa os catadores de materiais recicláveis no Brasil, hoje tem mais de 80 mil associados (MNCR, 2006) e é considerado o maior movimento de recicladores do mundo (MEDINA, 2007; WIEGO, 2009).

Segundo os dados oficiais da ABRELPE (2015), cerca de 69,3% dos municípios brasileiros praticam alguma iniciativa de coleta seletiva, não considerando a sua abrangência. A região sul possui um percentual de (89,6%), sudeste (86,7%), região norte (57,3%), região nordeste (49,3%) e região centro-oeste com apenas (42,8%) das iniciativas.

Considerando que seja significativa a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, convém salientar que muitas destas atividades resumem-se na maioria das vezes em colocar os resíduos nos pontos de entrega voluntária ou a convênios com cooperativas/associações de catadores, não abrangendo a totalidade do território ou a população do município (ABRELPE, 2015).

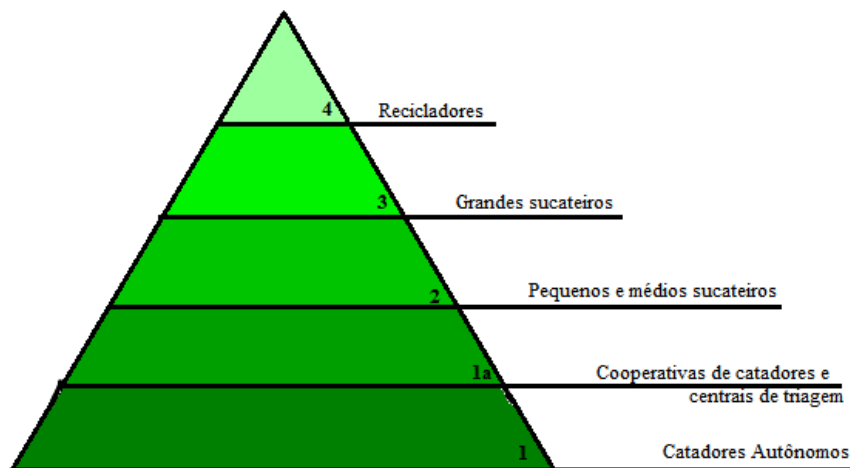
O poder público municipal ainda se relaciona com a coleta seletiva como programas ambientais e sociais, não o associando aos sistemas de limpeza urbana enquanto prestação de serviço. O apoio municipal às associações e/ou cooperativas de catadores pode abranger equipamentos, galpões de triagem, pagamento de despesas com água e energia elétrica, caminhões, capacitação ou subsídio na divulgação e educação ambiental (JARDIM et al., 2012).

As primeiras ações organizadas de coleta seletiva no Brasil foram desenvolvidas no ano de 1986. Sendo que, a partir de 1990, vem se destacando aquelas que as administrações municipais estabelecem parcerias com catadores organizados em associações e/ou cooperativas para a gestão e execução dos programas (RIBEIRO e BESEN, 2006).

Os benefícios oriundos da coleta seletiva são diversos, como o estímulo e a facilidade para reciclagem dos materiais, uma vez que os materiais segregados, possuem uma maior recuperação e comercialização (ABREU, 2001). Pode ainda perceber várias vantagens em relação aos custos ambientais, como uma redução de gastos com a disposição final, aumento da

vida útil dos aterros sanitários, redução de custos com a remediação de áreas degradadas, melhorias na educação e conscientização ambiental, dentre outras (CEMPRE, 2014). O comércio de materiais recicláveis, no Brasil, está estruturado em uma configuração própria (Figura 4), que organiza os principais atores da coleta seletiva.

Figura 4: Estrutura do mercado de materiais reciclados no Brasil



Fonte: Adaptado do CEMPRE, 2014.

De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE (2014), a coleta seletiva pode ser dividida em quatro tipos:

- 1) Coleta porta-a-porta – Transporte com diferentes coletores percorrem as ruas em horários e dias específicos.
- 2) Posto de Entrega Voluntário (PEV) – Contêineres dispostos em locais fixos, onde a população deposita os recicláveis.
- 3) Posto de troca – Refere-se ao processo de troca de materiais recicláveis por bens e serviços.
- 4) Coleta com a participação dos catadores – Consiste no uso do trabalho de catadores organizados em cooperativas ou associações, bem como catadores autônomos, que recolhem os materiais disponíveis nas vias públicas.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 275 de 2001, estabelece um código de cores para os diferentes tipos de resíduos sólidos, a serem utilizados na identificação de contêineres e transportadores, assim como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. A principal finalidade da utilização desse código de cores é facilitar a segregação dos materiais recicláveis e incentivar a reciclagem, reduzindo, desta forma o crescente impacto ambiental associado ao aumento de lixões e aterros sanitários.



Neste contexto, foi estabelecido o seguinte código de cores: azul, para papel/papelão, vermelho para plástico, verde para vidro, amarelo para metal, preto para madeira, laranja para resíduos perigosos, branco para resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde, roxo para resíduos radioativo, marrom para resíduos orgânicos; cinza, para resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

Os programas de coleta seletiva, criados e mantidos pela administração pública federal, estadual e municipal, devem seguir o código de cores estabelecido, sendo recomendado também para programas de coleta seletiva estabelecidos pela iniciativa privada, cooperativas, escolas, igrejas, organizações não governamentais e demais entidades interessadas (BARBOSA e IBRAHIN, 2014).

### **3.5.3 Coleta Seletiva no Município de João Pessoa/PB**

De acordo com Nóbrega (2003), no ano de 1997, foi iniciada uma ação em relação ao programa de coleta seletiva, colocando pontos de entrega voluntária (PEV's), em diversos locais no município de João Pessoa/PB. No entanto, o programa não teve o sucesso esperado, tendo em vista que não teve uma divulgação satisfatória e a população não participou do programa. Em setembro de 2000, foi iniciado o projeto piloto de coleta seletiva na praia de Tambaú e parte de Manaíra. Em seguida, este projeto foi expandido para a praia do Cabo Branco e o bairro Miramar (GOMES e NOBREGA, 2005).

A EMLUR criou o Projeto Piloto com o intuito de recolher porta a porta os materiais passíveis de serem reciclados como papel, plástico, vidro, metal e papelão, com a finalidade de reduzir o volume de resíduos encaminhados para o Lixão do Roger e de estabelecer valor a esses resíduos produzidos no município (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014).

A primeira associação formada no município foi Associação dos Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE, que é uma sociedade sem fins lucrativos, não sujeita à concordata ou falência, fundada em 1999, por parte dos catadores que trabalhavam na catação no Lixão do Roger, formada para prestar serviços aos associados (NOBREGA, 2003; MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014).

No ano de 2003, ocorreu o encerramento das atividades do Lixão do Roger e, os catadores que ainda estavam trabalhando no lixão foram encaminhados para a associação citada anteriormente e passaram a trabalhar em mais dois núcleos (Bessa e Bairro dos Estados, também conhecido por 13 de Maio), recolhendo o material reciclável porta a porta implantado pela EMLUR, sendo o lucro da venda dos materiais coletados destinado para os catadores. O programa de coleta seletiva porta a porta teve uma maior abrangência a partir do ano de 2005,

quando a coleta de materiais recicláveis passou a abranger novos bairros do município, pois foram inaugurados mais dois núcleos (Mangabeira e Jardim Cidade Universitária).

Segundo Nóbrega (2003), a equipe da EMLUR registrou informações importantes para identificar todos os fatores que interferem nas características dos resíduos sólidos domiciliares do município, dentre estes fatores estão a quantidade de resíduo gerado, a composição gravimétrica, o poder aquisitivo, os hábitos da população entre outros.

No município existem quatro associações de catadores de materiais recicláveis: Associação de catadores de materiais recicláveis (ASTRAMARE); Associação de Catadores de Recicláveis de João Pessoa (ASCARE-JP), Acordo Verde e Catajampa.

Existem sete núcleos de coleta seletiva, com 169 associados (referente ao ano de 2014) e que assistem a vinte bairros. Esses núcleos estão localizados nos bairros: Bessa, Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Roger, Bairro dos Estados, Cabo Branco, Catajampa e uma central de triagem (CT), localizado nas imediações do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa – ASMJP (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014). O Quadro 2 mostra o número de associados por núcleos de coleta seletiva no município de João Pessoa.

Quadro 2: Número de associados por núcleo de coleta, no ano de 2014.

Núcleos de Coleta	Número de Associados
Núcleo de Coleta do Bessa	11
Núcleo de Coleta do Cabo Branco	12
Núcleo de Coleta de Mangabeira	18
Núcleo de Coleta do Jardim Cidade Universitária	16
Núcleo de Coleta do Aterro Sanitário	85
Núcleo de Coleta do Bairro dos Estados	11
Núcleo de Coleta do Roger	10
Catajampa	6
Total	169

Fonte: MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014.

Os bairros contemplados com o programa de coleta seletiva são: Aeroclube, Altiplano, Anatólia, Bancários, Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Bessa, Cabo Branco, Jardim Oceania, Jardim Cidade Universitária, 13 de Maio, Manaíra, Mandacaru, Mangabeira, Miramar, Pedro Gondim, Tambaú e Torre (MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, 2014).

Segundo Nóbrega (2003), o processo de coleta seletiva apresenta algumas dificuldades como a falta de qualidade gerencial e aversão às mudanças de rotina de trabalho, falta de transparência e participação sobre os resultados das vendas, preços dos materiais são ditados por sucateiros e, destes por indústrias recicladoras, caracterizado um comércio em que os preços são instituídos unilateralmente por um pequeno número de indústrias.

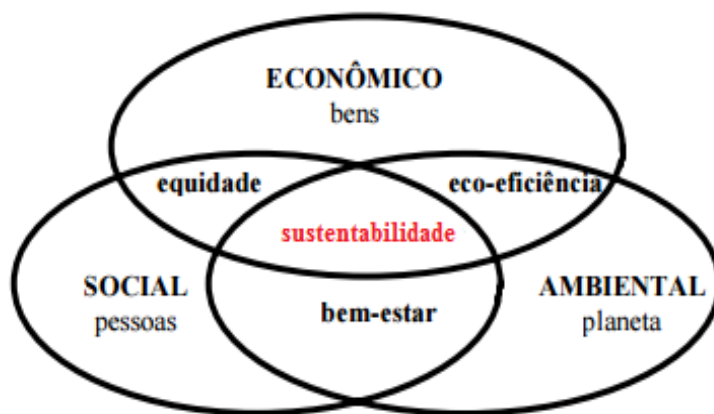
Os resíduos sólidos não passíveis de serem reciclados (rejeito) do município são dispostos no ASMJP, que foi inaugurado em 05 de agosto de 2003, com uma estimativa de vida útil de 25 anos e está localizado no Engenho de Mussurê, distrito industrial da capital paraibana.

### 3.6 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA – ACV

Com o decorrer dos anos, uma maior conscientização ambiental vem surgindo por parte das empresas e da sociedade. As empresas começaram a avaliar como as suas atividades afetam o meio ambiente e a sociedade tem se mostrado mais interessada nas temáticas referente ao meio ambiente. Desta forma, o desempenho ambiental dos produtos e processos transformou-se numa questão importante, estimulando algumas empresas a desenvolver maneiras de minimizar os impactos de sua produção no meio ambiente e assim, garantir a sustentabilidade (EPA, 2006).

A sustentabilidade é apresentada em três dimensões: ambiental, social e econômica. No setor empresarial, essa tridimensionalidade tem sido denominada “the triple bottom line”. A ideia é expandir os aspectos econômicos para incluir as dimensões sociais e ambientais, criando negócios mais sustentáveis (ELKINGTON, 1997). Na figura 5 observa-se estas três dimensões da sustentabilidade e como as mesmas estão interligadas.

Figura 5: Dimensões da sustentabilidade



Fonte: Adaptado de SONNEMANN, 2006.

Segundo Rebitzer (2004), para se alcançar o desenvolvimento sustentável necessita-se de métodos que auxiliem a quantificar e comparar os impactos ambientais dos produtos e serviços para a sociedade. Para Chehebe (1998), a Análise do Ciclo de Vida - ACV é uma ferramenta que avalia os impactos ambientais relacionados a um produto e/ou serviço cuja abrangência compreende desde a extração da matéria-prima até a disposição final.

O estudo da ACV iniciou-se na década de 1960, tendo como alvo uma avaliação dos impactos ambientais, especialmente no processo de comparação de materiais (TRENTIN, 2015; ARAÚJO, 2013). A partir da década de 1980, as políticas ambientais dos países direcionaram-se para um aspecto mais preventivo, introduzindo a avaliação de impacto ambiental como um dos principais instrumentos para a redução dos impactos ambientais gerados tanto de produtos como de serviços derivado dos setores produtivos (MAGRINI, 2004).

Desta maneira, a ACV foi considerada um fator revigorante para o setor de resíduos sólidos, diante da emergência dos impactos relacionados à sua gestão (CURRAN, 2006). Na década de 90, aconteceu as padronizações com as publicações das normas da série ISO 14.000, resultado da tendência proposta pela *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC). Neste mesmo período, foram consolidados os bancos de dados e os softwares que são disponibilizados comercialmente, favorecendo uma maior disseminação da metodologia (ARAÚJO, 2013).

No Brasil, a ACV teve início na década de 90, com a criação do subcomitê da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, o qual passou a integrar o Comitê Técnico TC 207 da ISO, que trabalhou na elaboração das normas da família ISO 14.000 (CHEHEBE, 1998; SANTOS, 2006).

Diversas definições são atribuídas para a ACV no âmbito acadêmico, pois para Soares et al. (2006), a ACV pode ser compreendida como um processo que consiste na comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentam funções semelhantes. A norma ISO 14.040 (2014), define como um método para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto ao longo de toda sua vida, desde a aquisição da matéria prima até sua disposição em forma de resíduo.

Já na percepção de Wolf (2014), a ACV é uma ferramenta voltada para aperfeiçoar o desempenho ambiental de qualquer tipo de produto ou tecnologia, pois através do método citado é possível potencializar diferentes instrumentos de política de rotulagem ambiental, tomar decisões estratégicas e monitorar a eficiência dos recursos nacionais.

O desempenho ambiental dos produtos no final da sua vida é um ponto importante para a escolha dos materiais utilizados em diversos produtos (LEVIS e BARLAZ, 2011), uma vez que as emissões de gases são ocasionadas por reações químicas que variam de acordo com o tipo de processo aplicado aos resíduos, como pelos elementos presentes nos resíduos sólidos (TAVARES, 2013).

Nesta perspectiva, vários pesquisadores têm utilizado o método de ACV para avaliar os impactos ambientais dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos.

Yay (2015) utilizou a metodologia ACV para determinar um sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos menos impactante, os dados foram coletados por um ano em Sakarya, Turquia. De acordo com os resultados, a disposição em aterro e a incineração foram confirmados como as alternativas de disposição final de resíduos de maior impacto, já a compostagem e a recuperação de materiais apresentaram baixo potencial impactante.

Tarantini et al. (2009) utilizaram a metodologia da ACV para identificar os pontos críticos da gestão de resíduos sólidos, em uma área industrial na Itália. Os resultados indicaram que a coleta seletiva e a reciclagem são estratégias bem-sucedidas para a redução do uso de recursos naturais.

Song et al. (2013) avaliaram o sistema de gestão de RSU e outros cinco possíveis cenários, explorando inovações de tratamento para os resíduos, e utilizando o método ACV para analisar quantitativamente e mitigar os impactos ambientais no município de Macau na China. De acordo com os resultados o cenário com separação de resíduos na fonte e a incineração, e a separação na fonte, compostagem e incineração apresentaram ser os cenários mais sustentáveis para a gestão dos RSU do município supracitado.

Al-Salem et al. (2014), realizaram um estudo na Grande Londres, avaliando diferentes cenários de gestão, tratamento e manejo dos RSU. O estudo foi dividido em duas etapas, sendo que a primeira compreendeu a uma ACV sobre o gerenciamento dos RSU na área metropolitana de Londres, que inclui uma rota de recuperação de materiais através de um mecanismo de recuperação de materiais seco (central de triagem) e uma rota de recuperação de energia (incineração com produção de calor e eletricidade) e, a segunda etapa analisa alternativas de tratamento termoquímico para o gerenciamento do plástico (pirólise a baixa temperatura e reator de hidrogenação). Os resultados mostraram que o sistema atual de gestão de resíduos é o mais ambientalmente sustentável em comparação com o cenário de aterro para todas as categorias de impacto investigados. Além disso, o emprego das tecnologias alternativas de tratamento termoquímico investigadas depende da capacidade do mercado para absorver os subprodutos petroquímicos, portanto, substituindo sua produção convencional. Cenários, incluindo a pirólise, pareciam ser mais sustentáveis para o meio ambiente em termos de emissões de gases de efeito estufa quando comparados com a hidrogenação, enquanto que o inverso era verdadeiro para a categoria de potencial de eutrofização.

Ferreira et al. (2014), utilizaram o programa computacional SimaPro, versão 7.3.3, para analisar o sistema de gestão de embalagens em Portugal. Foram estudadas as operações de coleta seletiva e indiferenciada, triagem, reciclagem, aterro sanitário e incineração dos resíduos. Compararam-se os impactos ambientais do cenário base (sistema de gestão de embalagens em operação) com mais dois cenários hipotéticos. Os resultados mostram que o cenário base é mais ambientalmente sustentável do que os cenários hipotéticos, pois o mesmo contempla as etapas de coleta seletiva, triagem e reciclagem e aterro sanitário para a disposição dos rejeitos. Já nos cenários hipotéticos os resíduos eram diretamente encaminhados para o aterro (cenário aterro) e para a incineração (cenário incineração).

Reichert (2013) trabalhou com a ACV em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos do município de Porto Alegre (RS), o autor considerou tanto a questão ambiental e econômica, como a participação social na definição de modelos de gerenciamento. Os resultados mostraram que o uso de técnicas estruturadas como a ACV, auxiliam na construção de possíveis cenários futuros permitindo a escolha por alternativas que atendam a Política Nacional de Resíduos Sólidos, especialmente quanto a otimização da reciclagem com o envio apenas de rejeitos para aterro sanitário.

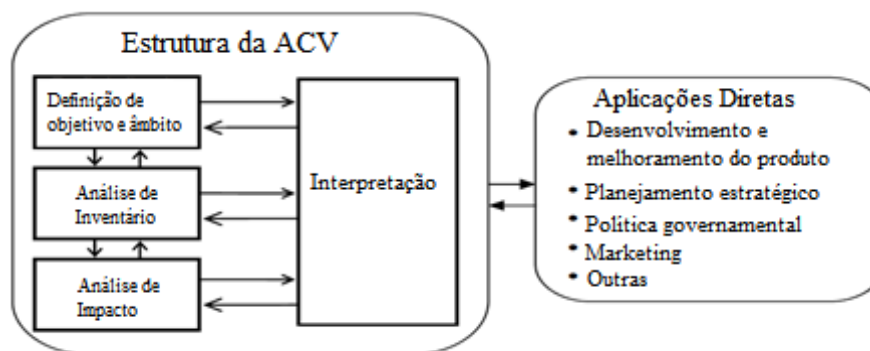
Garcia (2016) utilizou a ferramenta ACV para identificar os impactos socioambientais, provenientes da coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares, no núcleo do Bessa, no município de João Pessoa/PB – Brasil. A partir dos resultados constatou-se que a coleta seletiva contribuiu com a redução dos impactos ambientais. Deste modo, observou-se que nas categorias acidificação, eutrofização e destruição da camada de ozônio a reciclagem compensou as demais etapas do processo de gestão. Já nas categorias de aquecimento global e oxidação fotoquímica, foi verificado que o aterro sanitário é a etapa que mais emite CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, respectivamente, devido à falta de um sistema de recuperação de gás.

Desta forma, a ACV é considerada uma ferramenta de gestão ambiental que pode ser utilizada para obter uma compreensão adequada e uma quantificação dos impactos ambientais relacionados com os diferentes cenários da gestão de resíduos sólidos (CLIFT et al., 2000).

### **3.6.1 Estrutura da Avaliação de Ciclo de Vida - ACV**

Em termos metodológicos, existem quatro etapas descritas pela norma ISO 14.040 (2014), para o desenvolvimento da ACV, como: Definição do Objetivo e Escopo; Análise do Inventário; Avaliação de Impacto e Interpretação dos resultados (ABNT ISO 14.040, 2014). Através da Figura 6 é possível visualizar as etapas metodológicas descritas.

Figura 6: Estrutura metodológica da Avaliação do Ciclo de Vida.



Fonte: ABNT ISO 14.040, 2014.

O objetivo e o escopo de um estudo de ACV devem ser consistentes com a aplicação que se pretende realizar. São descritos os elementos base da pesquisa, requerendo para tanto: a definição das funções e as fronteiras do sistema a ser estudado, a unidade funcional, os procedimentos de alocação, tipos de impacto, metodologia de avaliação de impacto e interpretação a ser usada, requisitos dos dados, suposições, limitações, requisitos da qualidade dos dados iniciais, tipo de análise crítica e, tipo e formato do relatório requerido para o estudo (ABNT, 2014).

As fronteiras do sistema definem as unidades de processo incluídas na ACV, a unidade funcional consiste na unidade de medida para assegurar a comparação de resultados em uma base comum (ABNT, 2014). A análise do inventário tem início com a coleta de dados para quantificar as entradas e saídas pertinentes a um sistema. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo associados com o sistema (ABNT ISO 14.040/2014). Esta fase envolve a construção do balanço de massa e energia para cada etapa do ciclo de vida.

Em seguida, as análises de entrada e saída para cada etapa podem combinar-se resultando no Inventário do Ciclo de Vida (ICV) do sistema como um todo (MCDOUGALL et al., 2004). Para a avaliação do impacto do ciclo de vida são considerados os impactos ambientais potenciais, utilizando os dados da análise do ICV. Desta forma, o nível de detalhamento, a escolha dos impactos avaliados e as metodologias irão depender do objetivo e do escopo do estudo (ABNT ISO 14.040/2014).

A fase de interpretação é a fase da ACV na qual as verificações da análise do inventário e da avaliação de impacto podem se tornar resultados e recomendações para os tomadores de decisão, de maneira consistente com o objetivo e o escopo do estudo (ABNT ISO 14.040/2014).

### **3.6.2 Vantagens e Limitações da Avaliação de Ciclo de Vida - ACV**

Algumas vantagens foram descritas pela Environmental Protection Agency (EPA, 2006), entre estas pode-se citar o fato da ACV permitir o desenvolvimento de uma avaliação sistemática, analisando balanços ambientais associados a produtos ou processos específicos, quantificar descargas ambientais em cada etapa do ciclo de vida, avaliar as consequências nos ecossistemas e na saúde humana.

Já a principal limitação da ACV consiste no tempo e recursos empregados para a obtenção de dados, na complexidade do método e na existência de diversos modelos de impactos, não existindo desta forma um consenso num tipo de modelo único para a avaliação de impactos (COOPER e FAVA, 2006; SOUSA, 2012; MATOS, 2012). Levando em conta essas limitações para a realização de uma ACV, foi desenvolvido o conceito de streamlined ACV. Esta abordagem tem como finalidade simplificar o processo de elaboração de uma ACV, revertendo estes problemas e, tornando o método mais praticável e rápido, sem comprometer as suas características próprias (SOUSA, 2012).

Desta forma, Curran (1996), cita alguns dos diversos métodos de streamlining utilizados por diferentes autores, como:

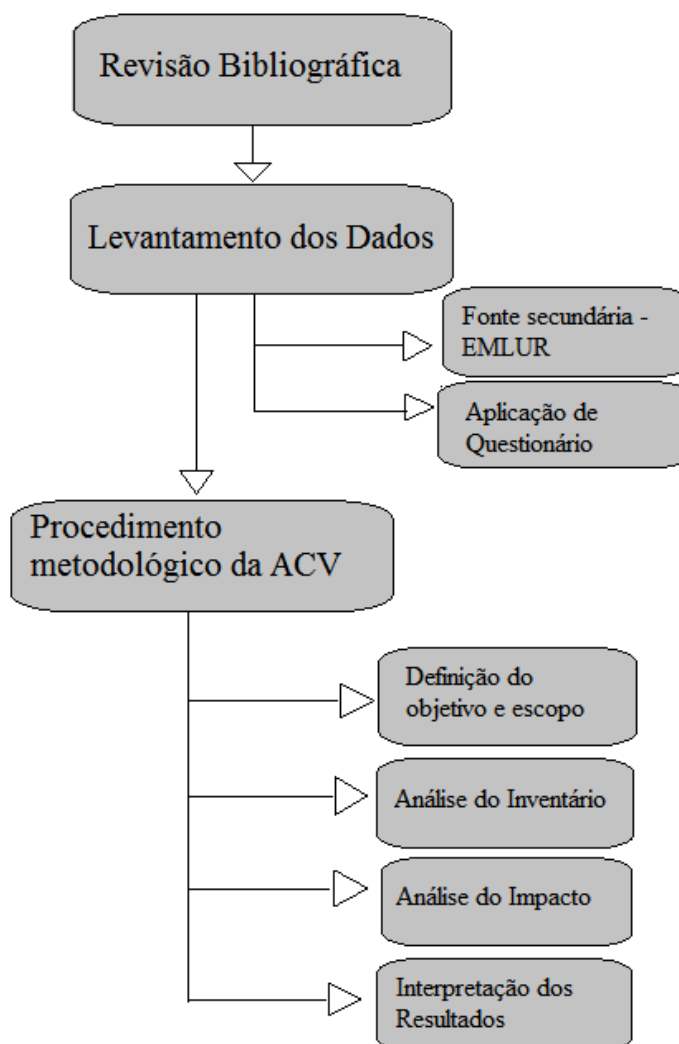
- Redução ou eliminação de etapas do ciclo de vida, através da eliminação de dados no início ou no final do sistema estudado, de maneira que reduza a quantidade de dados obtidos.
- Escolha de impactos ambientais específicos, de maneira a focar o estudo nos aspectos ambientais considerados relevantes.
- Substituição de dados quando é difícil ou mesmo impossível a obtenção de dados de produto ou processo específico.
- Redução dos constituintes estudados, por meio da eliminação dos constituintes que representam menos de uma determinada percentagem do produto ou processo.



## 4 METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia da pesquisa, que inclui a revisão bibliográfica, levantamento dos dados e, em seguida a metodologia da ACV. As etapas de cada procedimento metodológico podem ser visualizadas no fluxograma (Figura 7), que detalha a ordem de execução de cada procedimento.

Figura 7: Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Autora, 2017.

#### 4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

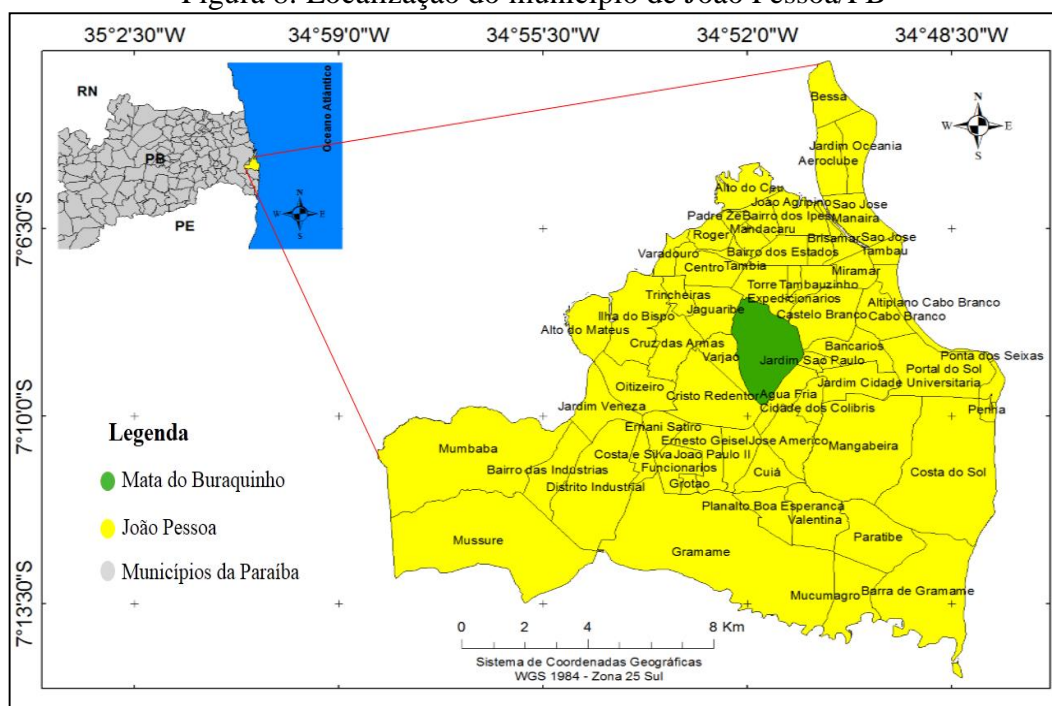
A primeira etapa do trabalho iniciou com a pesquisa bibliográfica, buscando informações na literatura técnica e científica, onde foram consultadas obras de referência, teses, dissertações e periódicos científicos, verificando os problemas, as técnicas e as soluções estudadas por diversos autores, de diferentes áreas, relacionadas ao tema em estudo. Desta forma, a presente pesquisa é classificada como exploratória, descritiva e não experimental.

Para Köche (2012), a pesquisa exploratória consiste em um processo de investigação que busca identificar a natureza do fenômeno e, apontar as características das variáveis que se quer estudar. Segundo Gil (2009), pesquisas desse tipo tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias e, comumente, envolve o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiência com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A área de estudo desta pesquisa é o município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. A capital paraibana limita-se com os municípios de Cabedelo (norte), Conde (sul), Bayeux (oeste), Santa Rita (sudoeste e nordeste) e pelo Oceano Atlântico (leste), como pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8: Localização do município de João Pessoa/PB



Fonte: Autora, 2017.

De acordo com o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE (2010), o município de João Pessoa-PB possui uma população de 723.515 habitantes, mas a estimativa para o ano de 2015 é de 791.438 habitantes ocupando uma área de 211,475 Km<sup>2</sup>.

No que se refere a gestão dos resíduos sólidos, o município conta com quatro associações de catadores de materiais recicláveis e sete núcleos de coleta seletiva (Cabo Branco, Bessa, Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Estados, Roger e Catajampa) e uma central de triagem para a realização da separação e comercialização dos materiais recicláveis.

Segundo o IBGE (2010), o Programa de Coleta Seletiva de João Pessoa atende a um total de 80.722 domicílios, este valor é equivalente a, aproximadamente, 38% dos domicílios da capital atendida pelo referido programa.

#### 4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Para obtenção dos dados referentes aos quantitativos e a tipologia dos materiais coletados, no período de 2005 a 2015, foram realizadas pesquisas junto a Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana- EMLUR. Realizou-se também aplicação de questionário aos presidentes de cada núcleo de coleta seletiva do município com o intuito de obter o diagnóstico da estrutura comercial, compreendendo desta forma como funcionam as rotas de trabalho, a divisão dos lucros com a venda dos materiais, as condições de trabalho, os equipamentos necessários para o desenvolvimento das suas atividades e, por fim identificar os atravessadores de cada material. Estes questionários foram aplicados nos respectivos núcleos de coleta seletiva, local onde foram realizados registros fotográficos.

Para a aplicação dos questionários, foi necessária a submissão e aprovação da pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde- CCS, da Universidade Federal da Paraíba, em atendimento a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde - CNS/MS, que solicita a aprovação no conselho de ética de trabalhos que tragam consigo temas que pesquisem e/ou trabalhem diretamente com seres humanos. Essa pesquisa foi aprovada de acordo com o Protocolo nº 069/17. CAAE: 64852117.8.0000.5188.

Após as etapas descritas anteriormente foi realizada um mapeamento dos núcleos de coleta seletiva e de alguns galpões dos atravessadores de materiais recicláveis. Esse mapeamento teve como ferramenta de auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo GPSMAP 76CSx para coletar as coordenadas geográficas e o software QGIS para processar os dados vetoriais e gerar o mapa temático das áreas em estudo.

#### 4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA ACV

Nesta etapa, apresentam-se a metodologia utilizada para analisar o ciclo de vida do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB-Brasil, seguindo as recomendações da norma ABNT ISO 14.040 (2014), contemplando, os tópicos: Definição do Objetivo e Escopo e Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da coleta seletiva.

##### 4.4.1 Definição do Objetivo e Escopo

O objetivo da ferramenta ACV, para o presente estudo, é analisar o impacto ambiental do ciclo de vida da coleta seletiva dos resíduos domiciliares, realizada através da série histórica no período de 2005 a 2015, no município de João Pessoa/PB, Brasil.

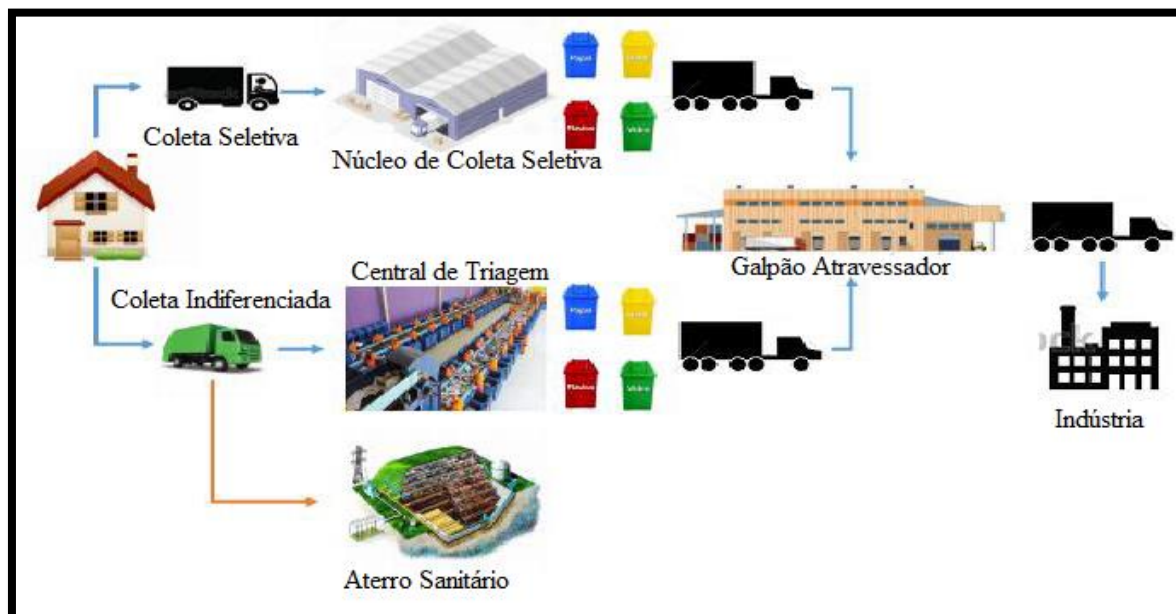
A coleta dos resíduos sólidos do referido município tem início com o descarte dos resíduos sólidos pelos moradores, após este processo os resíduos podem ter dois caminhos diferentes, o primeiro deles é serem recolhidos pela coleta convencional e serem encaminhados para o aterro sanitário, passando pela central de triagem ou não.

Quando os resíduos passam pela central de triagem, certa porcentagem desse resíduo é aproveitável para a comercialização e o rejeito segue para o aterro sanitário. O segundo caminho é serem coletados por catadores porta a porta, que recolhem os resíduos previamente separados em secos e úmidos pelos moradores e levam a um galpão dos respectivos núcleos de coleta, mantido pela EMLUR, onde esses materiais são separados de acordo com a sua tipologia (alumínio, cobre, ferro, vidro, papel, papelão, plástico polietileno de baixa densidade (PEBD), plástico polietileno de alta densidade (PEAD), plástico policloreto de vinila (PVC) e plástico politereftalato de etileno (PET)) para a comercialização.

O mecanismo de venda funciona através dos agentes intermediários (atravessadores) que por sua vez, revendem o material coletado para as indústrias recicladoras. Estes atravessadores participam do processo de reciclagem devido os catadores não terem como comercializar a quantidade mínima de materiais solicitado pela indústria recicladora, esse fato ocorre principalmente devido à falta organização entre os catadores, além da falta de infraestrutura e do transporte adequado.

Na Figura 9 observa-se o esquema do sistema de gestão de resíduo sólido domiciliar (RDO) no município de João Pessoa/PB.

Figura 9: Sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB – Brasil.



Fonte: Adaptado de Garcia, 2016.

Para a realização desta pesquisa foram delimitadas as seguintes etapas: coleta e transporte do material, das residências até os núcleos de coleta seletiva e a Central de Triagem (CT), separação dos resíduos nos galpões dos núcleos pelos catadores e na CT, bem como, sua preparação para comercialização (vidro, papel/papelão, metal, plástico e borracha), venda dos materiais aos agentes intermediários (atravessadores/sucateiros) e, sua revenda as indústrias de reciclagem da região, levando em consideração o quantitativo de resíduos aterrado.

Para esse tipo de pesquisa considera-se a unidade funcional (UF) de 1 tonelada de resíduos sólidos coletados por ano (BANAR et al., 2009; BOVEA et al., 2010; BLENGINI e GARBARINO, 2010; IBÁÑEZ-FORÉS, 2009; REJENDRAN et al., 2013; DI MARIA e MICAELE, 2015; TAVARES, 2013).

Entretanto, para este trabalho também foi considerado o aumento na quantidade de resíduos gerados sob a influência do crescimento populacional, que tem sido analisada como a gestão da UF, desperdício anual per capita (kg/habitante.ano), conforme mostrado na Tabela 2 (FINNVEDEN et al., 2009).

Tabela 2: Características da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa/PB.

<b>Categorias</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Peso (t/ano) (x10<sup>3</sup>)</b>	162,05	183,00	192,77	205,12	220,14	220,82	260,96	239,44	238,26	251,26	241,82
<b>População (hab.) (x10<sup>3</sup>)</b>	660,79	672,08	674,76	693,08	702,23	723,51	733,15	742,48	769,60	780,74	791,44
<b>Per capita (kg/hab.ano)</b>	245,23	272,29	285,68	295,95	313,49	305,20	355,95	322,49	309,59	321,83	313,12

Fonte: Adaptado EMLUR e IBGE, 2016.

#### 4.4.2 Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Quando se analisa o ciclo de vida de produtos, os inventários geralmente começam a partir da extração da matéria-prima e finalizam com a disposição final do produto, sendo normalmente o aterro sanitário. Quando se trata de resíduos, os inventários começam no momento em que são descartados. Desta forma, o “berço” do resíduo é o descarte dos resíduos no local onde foi gerado e, o “túmulo”, a sua disposição final ao meio ambiente (MCDUGALL et al., 2004).

Para a elaboração da análise de inventário da gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/ PB foi necessário:

##### Dados de Entrada

- A quantificação dos resíduos domiciliares coletados no município e a sua distribuição considerando três destinos (coleta seletiva, central de triagem e aterro sanitário).
- A quantificação e a distribuição da geração de materiais recicláveis nos núcleos, de acordo com a tipologia (papel, papelão, plástico, metal, vidro e borracha), correspondendo à coleta seletiva e a central de triagem.
- A fixação de um percentual de eficiência<sup>2</sup> para os materiais coletados, para o papel/papelão (97,50%), plástico (80%), metal e vidro (90%) e 100% para a borracha e, por fim, quantificar a quantidade de material vendido para os intermediários (atravessadores), levando em consideração tais percentuais.

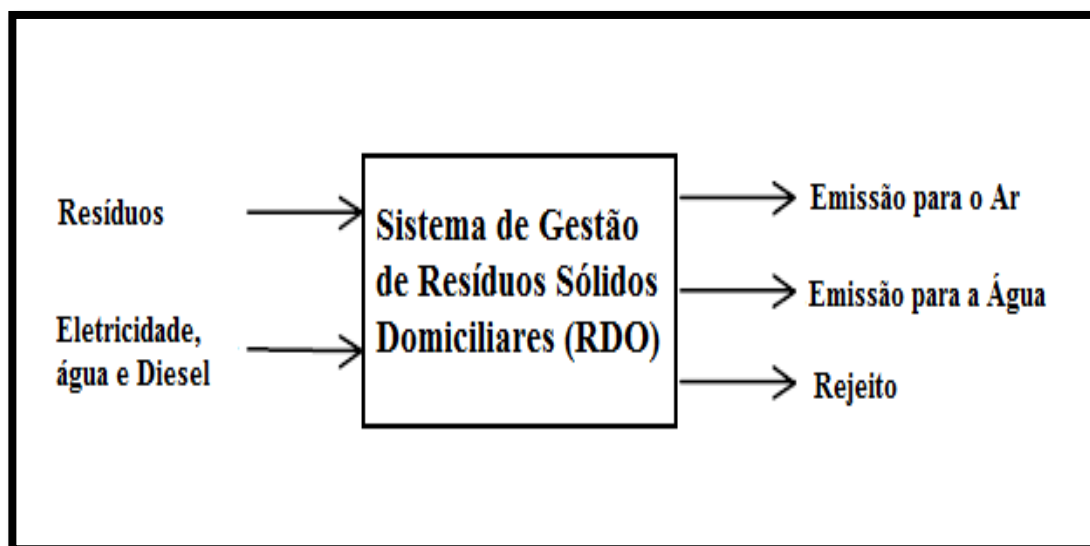
<sup>2</sup>O percentual de eficiência do material refere-se à quantidade de resíduos coletados, que podem ser vendidos para os agentes intermediários e deles revendido para a indústria recicladora. Dados fornecidos por Rigamonti et al. (2009).

- Identificação da composição final da reciclagem, correspondente aos núcleos de coleta seletiva, a central de triagem e a conduzida ao aterro sanitário.
- Quantificação do consumo de diesel utilizado no transporte da coleta seletiva nos núcleos e da coleta convencional. Esses dados foram disponibilizados pela EMLUR e, pelos catadores através de estimativa<sup>3</sup>.
- Quantificação do consumo de água, eletricidade e diesel, correspondente aos núcleos, central de triagem, aterro sanitário, galpões dos atravessadores e das indústrias recicladoras foram retirados a partir dos dados disponíveis pela EMLUR e, por meio de estimativas de diversas fontes (WWF; GRETA AMBIENTAL; WALDMAN, 2003; CALDERONI, 1998).

#### Dados de Saída

As saídas são as emissões para o ar e água e rejeito para disposição final no aterro sanitário. Na Figura 10, pode-se analisar as entradas e saídas do sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares em estudo.

Figura 10: Fluxograma das entradas e saídas do sistema de gestão de resíduos sólidos domiciliar.



Fonte: Autora, 2017.

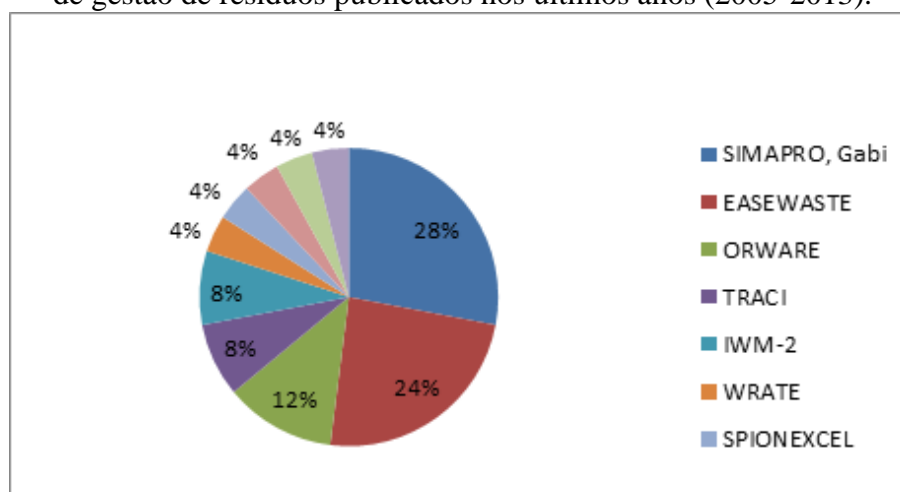
<sup>3</sup>Os conhecimentos do tipo de veículo utilizado pelos núcleos, pela EMLUR e pelos atravessadores, bem como a distância percorrida, foram coletados através de conversas informais com os presidentes dos núcleos de coleta seletiva e com a EMLUR, que através destes dados se realizou uma estimativa do gasto com o combustível.

Depois da identificação de todos esses dados, foi escolhido o software, para introduzir os dados e analisar os resultados. Também se determinou as bases de dados e o método mais adequado para a pesquisa, de forma que se possa ter uma adequada avaliação dos impactos ambientais decorrente da atividade em estudo.

#### 4.4.3 Software SimaPro 8.0

Existem diversos softwares desenvolvidos com a finalidade de avaliar os impactos ambientais provenientes do ciclo de vida de um produto ou serviço, como por exemplo, EASEWASTE, GaBi, ORWARE, IWM, SimaPro entre outros, porém o SimaPro é o software mais utilizados nos últimos anos (Figura 11).

Figura 11: Percentual de estudos de caso utilizando software de ACV para avaliar os sistemas de gestão de resíduos publicados nos últimos anos (2005-2013).



Fonte: Adaptado Kulczycka et. al. 2015.

O System for Integrated Environmental Assessment of Products (SimaPro) foi desenvolvido pela empresa Pré-Consultants, uma empresa holandesa de consultoria em ACV e difundido em 1990. Essa ferramenta profissional e flexível para coletar, analisar e acompanhar o desempenho ambiental de produtos e serviços, sendo um dos programas computacionais mais utilizados no mundo em ACV (PRÉ CONSULTANTS, 2013).

Laurent et al., (2014) analisaram publicações sobre a utilização da ferramenta ACV no sistema de gestão dos resíduos sólidos. Na maioria dos artigos analisados por esses autores o software SimaPro foi o mais utilizado (aproximadamente 28%), resultado semelhante foi apresentado por Kulczycka et. al. (2015). Desta forma, o presente software foi escolhido para a presente pesquisa, que além de ser o mais utilizado, ainda dispõem de um amplo banco de dados atualizados.



#### 4.4.4 Base de Dados e Métodos

Para finalizar as informações necessárias para a análise de inventário, foi escolhida a base de dados Ecoinvent (2015), por ser a mais utilizada nas pesquisas de sistemas de gestão de resíduos sólidos (Laurent et al, 2014). O método da análise de inventário, utilizado nesta pesquisa, foi o CML-IA baseline versão 3.00/World 2000, que segundo Laurent et al. (2014), corresponde a metodologia mais utilizada para avaliar impactos ambientais do ciclo de vida de sistemas de gestão de resíduos sólidos.

A presente pesquisa selecionou as onze categorias do método CML-IA (Tabela 3) para avaliar o impacto ambiental do programa de coleta seletiva do município. Estas categorias foram escolhidas considerando a sua importância ambiental e ao fato de serem internacionalmente aceitas de acordo com as recomendações da ISO 14.040. Na Tabela 3, estão descritas as onze categorias com as suas respectivas unidades.

Tabela 3: Categorias de impacto e unidades consideradas

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>
<b>Acidificação</b>	kg SO <sub>2</sub> eq
<b>Eutrofização</b>	kg PO <sub>4</sub> eq
<b>Aquecimento Global</b>	kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Destruição da Camada de Ozônio</b>	kg CFC-11 eq
<b>Oxidação Fotoquímica</b>	kg C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> eq
<b>Toxicidade Humana</b>	kg 1,4- DB eq
<b>Ecotoxicidade Aquática de água doce</b>	kg 1,4- DB eq
<b>Ecotoxicidade Aquática Marinha</b>	kg 1,4- DB eq
<b>Ecotoxicidade Terrestre</b>	kg 1,4- DB eq
<b>Depleção abiótica (Combustíveis fósseis)</b>	MJ
<b>Depleção abiótica (Minerais)</b>	Kg Sb eq

Fonte: Adaptado Bovea et al., 2012.

Algumas dessas categorias foram analisadas em pesquisas desenvolvidas por Garcia (2016); Mersoni (2015); Reichert (2013); Al-Salem et al. (2014); Tang et al. (2013); Quirós et al. (2014); Lou et al. (2015); Kulczycka et al. (2015); Bovea, et al. (2010); Banar et al. (2009); Den Boer et al. (2005) que as selecionaram de acordo com o objetivo dos seus estudos.

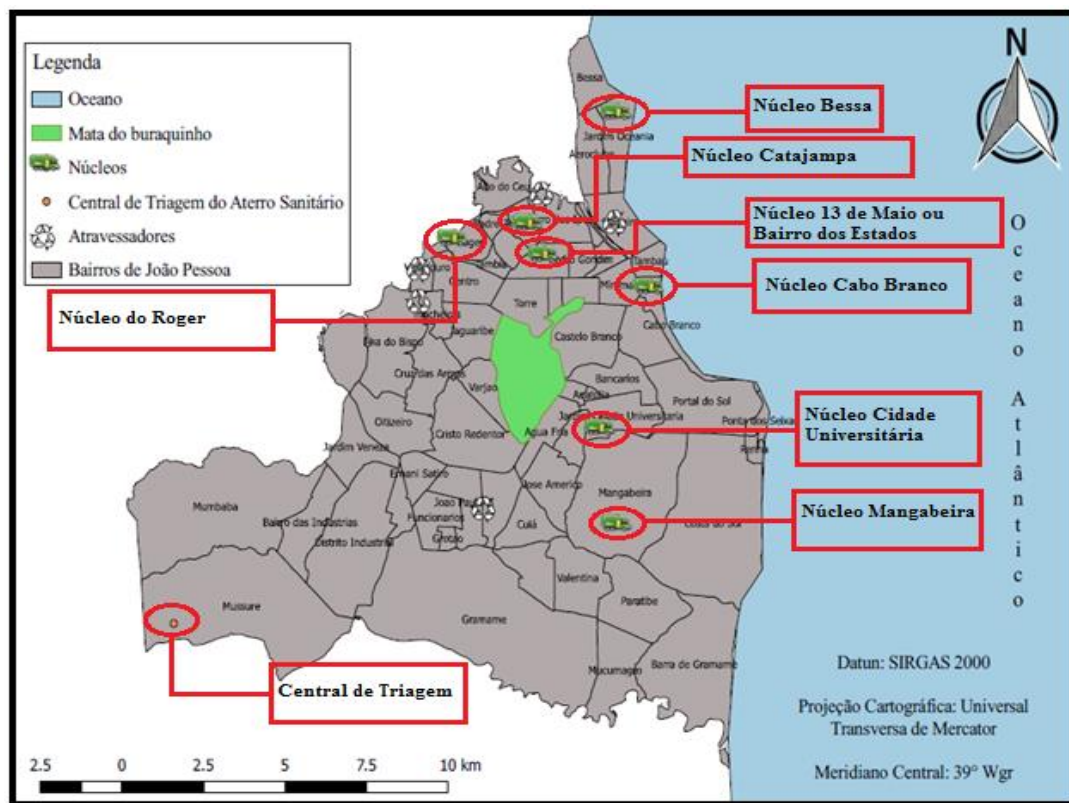
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 DIAGNÓSTICO DOS NÚCLEOS DE COLETA SELETIVA E DA CENTRAL DE TRIAGEM

Nesta etapa foram realizadas entrevistas, registros fotográficos e uma observação sistemática nos núcleos de coleta seletiva e na central de triagem com o intuito de obter as informações necessárias para a realização do diagnóstico destas unidades. Também foram obtidos os dados referentes aos quantitativos de resíduos sólidos coletados no município de João Pessoa/PB – Brasil, desde o ano de 2005 até dezembro de 2015. Esses quantitativos foram adquiridos como citado no capítulo IV, por meio de dados oficiais junto a EMLUR.

Antes de abordar o diagnóstico de cada núcleo, é apresentado a localização de todos os núcleos e de alguns atravessadores, com o intuito de facilitar a compreensão, principalmente, em relação as distâncias entre cada núcleo até a Central de Triagem e, entre os atravessadores que serão detalhados posteriormente. A localização dos núcleos de coleta seletiva e de alguns galpões dos atravessadores podem ser visualizados na Figura 12.

Figura 12: Localização dos núcleos de coleta seletiva e de alguns atravessadores do município de João Pessoa-PB



Fonte: Autora, 2017.

Não foi possível mapear todos os atravessadores envolvidos no processo de comercialização dos materiais recicláveis, mas dentre os que foram mapeados pode-se observar que estão localizados nas proximidades dos núcleos de coleta seletiva, que se torna um ponto positivo por reduzir a distância entre os mesmos.

#### **5.1.1 Associação de Catadores de João Pessoa/ PB – ASCARE-JP**

A ASCARE-JP é composta pelos núcleos do Bessa e Cabo Branco, ambos estão localizados nos bairros que possuem os respectivos nomes. Esses núcleos possuem um total de 26 associados, abrangendo a área mais nobre da capital paraibana, como os bairros do Bessa, Cabo Branco, Tambaú, Altiplano, Miramar, Aeroclube, Jardim Oceania e Manaíra. A Figura 13 mostra os galpões dos núcleos da associação ASCARE-JP.

Figura 13: Galpão do núcleo do Bessa (A) e do núcleo do Cabo Branco (B).



Fonte: Autora, 2017.

Através da aplicação dos questionários no mês de julho de 2016 foram quantificados nesses dois núcleos os respectivos maquinários: duas prensas, duas balanças, doze carros manuais e um elevador de carga. Quando comparado ao núcleo do Bessa, o do Cabo Branco apresenta algumas deficiências estruturais, com um espaço reduzido e descoberto para o armazenamento de materiais coletados.

A EMLUR oferece a infraestrutura necessária para esses núcleos que consiste em pagamento de água, energia e aluguel (quando o galpão não é próprio da prefeitura), além de distribuição de almoços, fardas, manutenção nos equipamentos e transporte para a coleta dos materiais recicláveis.

Cada associado possui sua rota de trabalho, definida entre eles. O lucro com a venda dos materiais é individual. De acordo com os representantes, essa prática permite que cada associado se esforce para obter uma maior renda. Os preços para a comercialização dos materiais recicláveis entre o associado e o atravessador de cada núcleo possuem pequenas alterações (Tabela 4).

Tabela 4: Preço dos materiais comercializados pela ASCARE-JP (Julho/2016).

<b>Material (Kg)</b>	<b>Preço ASCARE-JP/Bessa (R\$)</b>	<b>Preço ASCARE-JP/Cabo Branco (R\$)</b>
<b>Alumínio</b>	2,50	2,50
<b>Cobre</b>	10,00	11,00
<b>Ferro</b>	0,10	0,10
<b>Papel</b>	0,35	0,35
<b>Papelão</b>	0,34	0,30
<b>Vidro</b>	0,05	0,05
<b>Plástico (PEBD)</b>	0,90	0,70
<b>Plástico (PEAD)</b>	0,85	0,70
<b>PVC</b>	0,35	0,30
<b>PET</b>	0,90	0,60

Fonte: Autora, 2017.

É notável que os preços nos núcleos ASCARE-JP/Bessa e ASCARE-JP/Cabo Branco possuem pouca variação, isso se justifica pelo fato que alguns materiais são vendidos aos mesmos atravessadores.

Comparando os preços desta associação com outros municípios do Nordeste, como por exemplo, o município de Russas-CE, que apresentou valores inferiores para os materiais papelão e papel (R\$ 0,13 para ambos) e superiores para o PET, PEAD e PABD (R\$ 1,20; 1,50 e 1,00 respectivamente) aos comercializados na associação ASCARE/JP. Já o valor comercializado do alumínio neste município foi idêntico ao comercializado nesta associação nos meses de novembro e dezembro de 2015 (CEMPRE, 2017).

Em Natal- RN, o papel e papelão também apresentaram valores inferiores (R\$ 0,25 para ambos) ao comercializado na associação ASCARE/JP. Entretanto, o alumínio, vidro, PET e PEAD apresentaram valor superior (R\$ 3,30; 0,10 e 1,00) ao estudado nesta associação nos meses de março e abril de 2016 (CEMPRE, 2017).

Existe uma problemática ao estimar os preços dos materiais recicláveis, pois os mesmos são ditados pelos atravessadores e, destes são estabelecidos pelas indústrias recicladoras, formando um oligopólio do comércio de recicláveis, no qual os preços são definidos unilateralmente pelas indústrias (NÓBREGA, 2003).

### 5.1.2 Associação Acordo Verde

A associação Acordo Verde é formada pelos núcleos de Mangabeira e Cidade Universitária. Esses núcleos possuem 23 associados que realizam a coleta seletiva dos materiais recicláveis nos bairros Bancários, Anatolia, Jardim Cidade Universitária e Mangabeira. Na Figura 14 podem ser visualizados os galpões dos respectivos núcleos da associação Acordo Verde.

Figura 14: Galpão do núcleo de Mangabeira (A) e do núcleo Cidade Universitária (B).



Fonte: Autora, 2017.

A titularidade dos galpões desses núcleos é da Prefeitura Municipal. Em julho de 2016, foi verificado que a associação possuía dez carros manuais para realizar a coleta, uma balanças, uma prensa para plástico e papel e outra para o alumínio. Esse núcleo também possui uma Combi, para o transporte dos associados e um caminhão, do tipo Baú, que auxiliam tanto na coleta como na comercialização dos materiais.

A EMLUR também oferece o apoio para esses núcleos, realizando o pagamento de água e energia dos galpões, fornece almoço e fardas para os associados, além de realizar manutenção nos equipamentos.

Nesta associação a rota de trabalho também é definida entre os associados, mas o lucro da venda dos materiais recicláveis é repartido equitativamente. O preço dos materiais recicláveis destes núcleos foram os mesmos (Tabela 5), pois os materiais são vendidos aos mesmos atravessadores e, também por terem o mesmo presidente negociando as vendas.

Tabela 5: Preço dos materiais comercializados pelo Acordo Verde (Julho/2016).

<b>Material (Kg)</b>	<b>Preço Acordo Verde/ Cidade Universitária e Mangabeira (R\$)</b>
<b>Alumínio</b>	3,10
<b>Cobre</b>	12,00
<b>Ferro</b>	0,10
<b>Papel</b>	0,35
<b>Papelão</b>	0,31
<b>Vidro</b>	0,10
<b>Plástico (PEBD)</b>	0,85
<b>Plástico (PEAD)</b>	0,90
<b>PVC</b>	0,30
<b>PET</b>	0,90

Fonte: Autora, 2017.

Os valores dos preços dos materiais recicláveis podem variar tanto de acordo com a proximidade das indústrias recicladora, como do tipo de beneficiamento prévio nos materiais coletados. Sendo esses alguns dos fatores que justificam a variação do preço de determinados materiais em uma mesma região. Em Aracaju/SE, nos meses de novembro e dezembro de 2016, o preço do papelão, PEAD e do PET foram inferiores ao estudado nesta pesquisa, apresentando valores de R\$0,25; R\$0,60 e R\$0,70, respectivamente (CEMPRE, 2017).

Já no município de Natal - RN, nos meses de setembro e outubro de 2015, a maioria dos materiais recicláveis comercializáveis tiveram valor inferior (papel R\$ 0,15; papelão R\$ 0,22; alumínio R\$ 0,25; PET R\$ 0,50; PEAD R\$ 0,50 e PEBD R\$ 0,80) aos preços da associação Acordo Verde, com exceção do vidro que obteve preço semelhante. No município de Recife/PE, nos meses de março a abril de 2015, os valores do vidro e do PET foram superiores (R\$ 0,12; R\$ 1,20 respectivamente) aos apresentados nesta pesquisa.

### **5.1.3 Associação de Trabalhadores de Materiais Recicláveis – ASTRAMARE**

Essa associação trabalha na Central de Triagem e nos núcleos Bairro dos Estados ou 13 de maio e Roger. A associação ASTRAMARE possui um total de 155 associados. O núcleo Bairro dos Estados ou 13 de maio abrange os bairros 13 de maio, Torre, Pedro Gondim, Bairro dos Estados, Mandacaru e Bairro dos Ipês. O núcleo do Roger é apenas um ponto de recebimento de materiais recicláveis vindo do setor empresarial, ou seja, os catadores desse núcleo não realizam a coleta porta-a-porta, só comercializam os materiais que chegam voluntariamente. Na Central de Triagem alguns caminhões da coleta regular (indiferenciada) descarregam na referida unidade, para que os resíduos recicláveis sejam triados.



Na Figura 15 é mostrada a imagem do galpão do núcleo 13 de maio, Central de Triagem (CT) e a vista frontal do núcleo do Roger.

Figura 15: Galpão do núcleo 13 de Maio (A), Central de Triagem (B) e núcleo do Roger (C).



Fonte: Autora, 2017.

O maquinário existente dos núcleos 13 de maio e Roger informado durante a visita, realizada em agosto de 2016, foram dez carros manuais, duas prensas e duas balanças. Na Central de Triagem no mês de agosto de 2016 foi verificado os seguintes maquinários: duas prensas, quatro esteiras, dois elevadores de carga e uma balança. A parceria da EMLUR é a mesma oferecida aos demais núcleos de coleta seletiva.

No núcleo 13 de maio o percurso é definido entre os associados. Na Central de Triagem, alguns caminhões da coleta indiferenciada são descarregados e a segregação é realizada pelos associados em dois turnos de trabalho. O primeiro turno tem início às 9:00hs até às 17:00hs. Já, o segundo começa das 22:00hs às 4:00hs.

No núcleo do Roger, os catadores recebem os materiais recicláveis de doações de alguns pontos comerciais do município.

O lucro com a comercialização dos materiais recicláveis no núcleo 13 de maio e na Central de Triagem é individual, pois segundo os representantes quanto mais os catadores

trabalharem, maior será a renda. No núcleo do Roger todo o lucro obtido com a venda dos materiais é dividido, em partes iguais, entre os associados. O preço dos materiais recicláveis comercializado nos dois núcleos (13 de maio e Roger) e na Central de Triagem (CT) pode ser visualizado na Tabela 6.

Tabela 6: Preço dos materiais comercializados pelos núcleos (13 de maio e Roger) e na Central de Triagem (Agosto/2016).

<b>Material (Kg)</b>	<b>Preço ASTRAMARE/13 de Maio (R\$)</b>	<b>Preço ASTRAMARE/ Roger (R\$)</b>	<b>Preço ASTRAMARE/Central de Triagem (R\$)</b>
<b>Alumínio</b>	2,50	2,70	3,20
<b>Cobre</b>	11,00	10,00	11,00
<b>Ferro</b>	0,10	0,10	0,10
<b>Papel</b>	0,25	0,30	0,35
<b>Papelão</b>	0,30	0,30	0,25
<b>Vidro</b>	0,05	0,10	0,10
<b>Plástico (PEBD)</b>	0,70	0,70	1,00
<b>Plástico (PEAD)</b>	0,90	0,70	0,70
<b>PVC</b>	0,40	0,30	0,30
<b>PET</b>	0,90	0,70	0,60

Fonte: Autora, 2017.

Comparando os preços entre essas unidades recicladoras, constata-se que, praticamente, todos os materiais recicláveis apresentaram uma variação nos preços, com exceção do vidro que obteve o mesmo valor nas três unidades. A partir desta observação seria necessário que os representantes destas unidades estipulassem um preço fixo em certo período de tempo para todas as unidades recicladoras da ASTRAMARE, pois na maioria das vezes os atravessadores que compram os materiais recicláveis são os mesmos.

Levando em consideração os valores dos materiais recicláveis no município de Russas/CE, nos meses de novembro e dezembro de 2015, verifica-se que o papelão e o papel da associação ASTRAMARE apresentaram valores superiores aos do referido município que apresentou um valor de R\$ 0,13 para ambos. Para os materiais PET, PEAD e PEBD os valores da ASTRAMARE foram inferiores ao do município de Russas que apresentou valores de R\$ 1,20, R\$ 1,50 e R\$ 1,00, respectivamente.

Os valores de comercialização do município de Feira de Santana/BA, nos meses de março a abril de 2016, estiveram na média dos comercializados pela ASTRAMARE, somente o plástico obteve valor superior (R\$ 1,50) ao desta associação (CEMPRE, 2017).



#### 5.1.4 Associação Catajampa

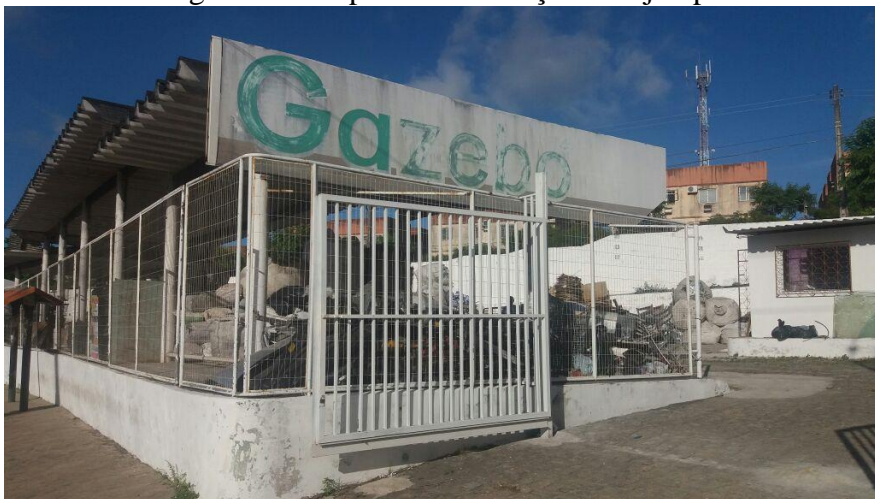
A associação Catajampa, está funcionando em um galpão alugado em parceria com a Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, esse galpão localiza-se na Rua Tancredo Neves, no bairro do Mandacaru. A associação possui 11 associados cadastrados e a rota de trabalho é individualizada, assim como os lucros da comercialização dos materiais recicláveis.

Os maquinários informados pela presidente na visita realizada em novembro de 2016, foram quinze carros manuais, uma balança, uma prensa e um caminhão que dá suporte a coleta. De acordo com a presidente da associação, não há parceria com a EMLUR.

Ao entrar em contato com a EMLUR, foi obtida a informação que a referida autarquia desconhecia a existência do galpão da Catajampa e, que o principal fator para não conceder o suporte a essa associação é a falta de regularização dos seus documentos.

Os quantitativos coletados e o preço não foram informados pela presidente da associação supracitada, que esclareceu que ainda está se estruturando para obter esses quantitativos, pois antes cada associado armazenava os materiais recicláveis em suas próprias residências, o que dificultava a quantificação e os valores, já que cada um vendia o seu próprio material. Na Figura 16 pode-se visualizar o galpão atual que está sendo usado pela referida associação.

Figura 16: Galpão da associação Catajampa



Fonte: Autora, 2017.

Através dos dados descritos anteriormente, pode-se perceber que a ASCARE-JP e a ASTRAMARE possuem uma maneira de planejamento semelhante, principalmente na divisão dos lucros entre os associados. A associação Acordo Verde é a única que possui transporte para os associados e, que possui um preço diferenciado das demais associações, como por exemplo, para o alumínio.

A associação Catajampa ainda está em fase de implantação, dessa forma não foi possível obter dados quantitativos, sendo a única associação que não há parceria firmada com a EMLUR. Na Central de Triagem a massa coletada pela coleta convencional é mais significativa, necessitando de dois turnos para a segregação dos materiais recicláveis.

## 5.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

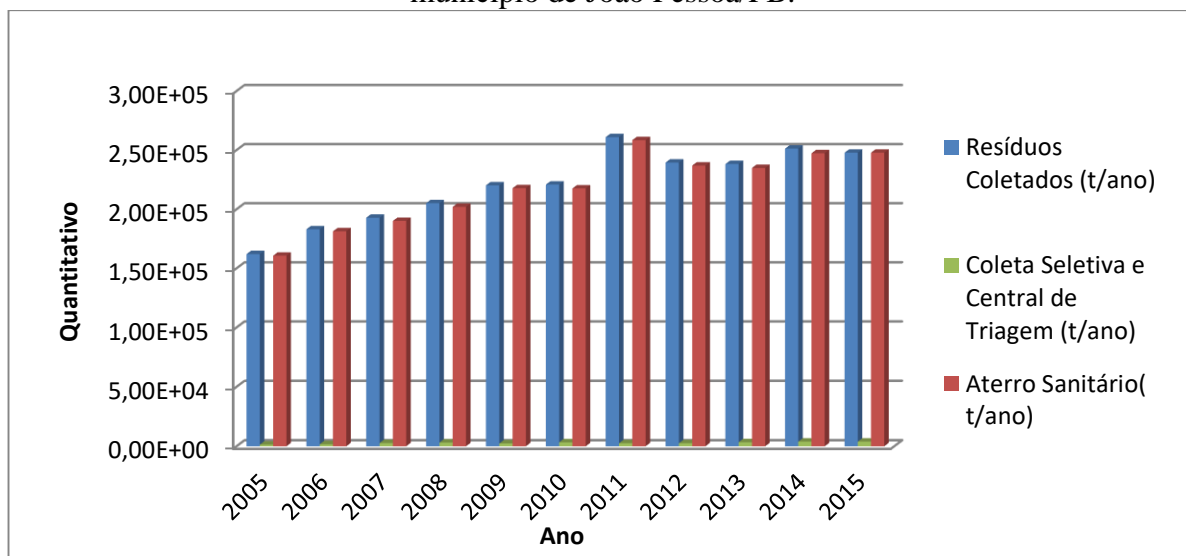
### 5.2.1 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Nesta etapa foram quantificadas todas as entradas (resíduos, energia, água e combustível) e saídas (emissões para o ar, para a água e rejeito) do sistema de gestão dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB.

Os núcleos Catajampa e Roger não fizeram parte da análise do ciclo de vida. A Catajampa não foi considerada por ainda está em fase de planejamento como descrito anteriormente, já o núcleo do Roger por ser apenas um ponto de recebimento dos materiais recicláveis. Desta forma, foram considerados os núcleos Cabo Branco, Bessa, Bairro dos Estados, Jardim Cidade Universitária, Mangabeira e a Central de Triagem.

No ICV, foram quantificados os RDO coletados no município (período de 2005 a 2015), considerando o destino (coleta seletiva, central de triagem e aterro sanitário). Na Figura 17, pode-se observar os quantitativos coletados, os reciclados pela coleta seletiva e pela central de triagem e os encaminhados para o Aterro Sanitário.

Figura 17: Distribuição quantitativa dos resíduos sólidos domiciliares coletados pelo município de João Pessoa/PB.



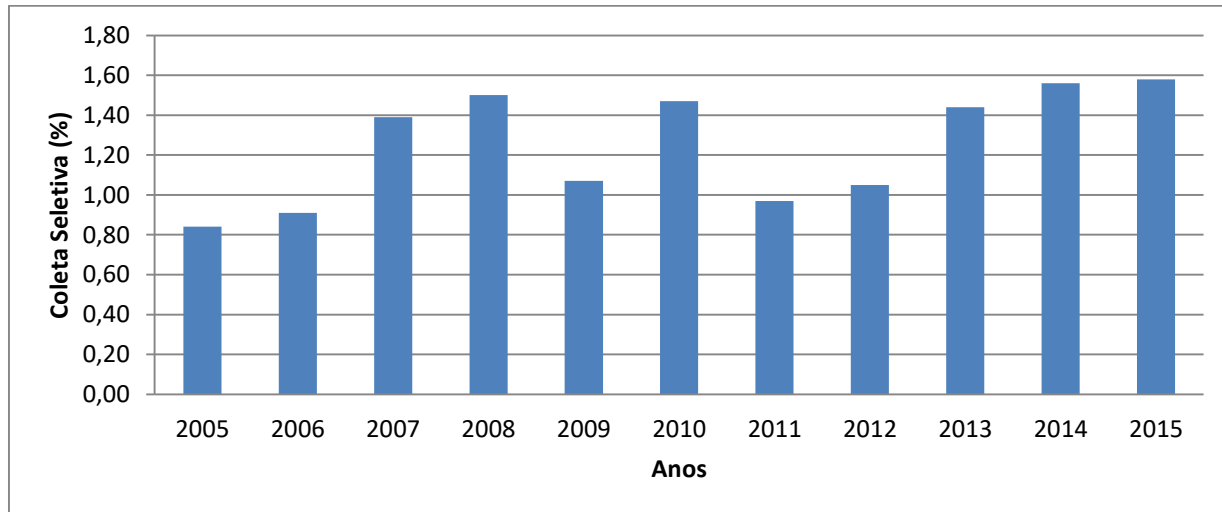
Fonte: Adaptado EMLUR, 2017.

Observa-se na Figura 17, uma significativa diferença entre os quantitativos que são coletados anualmente e a quantidade de resíduos sólidos destinados a coleta seletiva. Pode-se verificar que a maior porcentagem dos resíduos coletados possui como disposição final o aterro sanitário.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA e o Ministério de Meio Ambiente - MMA (2010), os resíduos sólidos no país têm como unidades de disposição final os lixões, aterros controlados e aterro sanitário, que possuem impactos ambientais distintos. Apesar da aprovação da PNRS a maioria dos resíduos sólidos ainda são encaminhados para os lixões. Esta forma de disposição final prepondera por apresentam um menor custo de implantação e operação, no entanto, essa economia é convertida em externalidades negativas, principalmente na forma de contaminação do solo, poluição hídrica e emissões atmosféricas.

Tentar incluir e ampliar a coleta seletiva é um fator que contribuirá tanto com benefícios econômicos, quanto ambientais e sociais. Apesar da coleta seletiva no município de João Pessoa/PB apresentar baixos índices, observa-se um crescimento sutil entre os anos estudados (Figura 18).

Figura 18: Porcentagem da Coleta Seletiva dos Núcleos e da Central de Triagem do município de João Pessoa/PB.

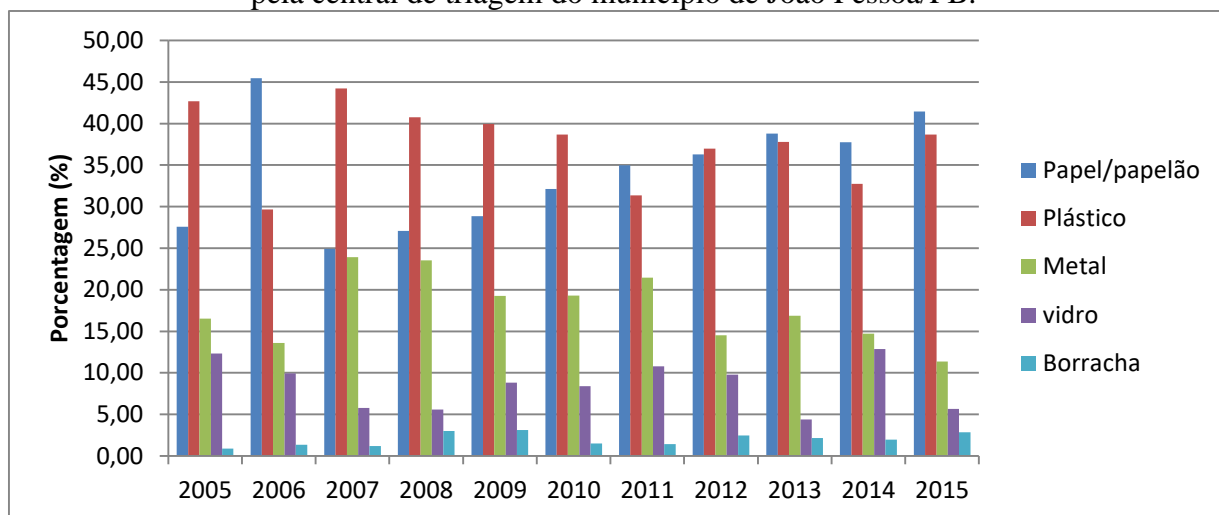


Fonte: Adaptado EMLUR, 2017.

No ano de 2015, pode-se observar que 1,58% dos RDO foram encaminhados para a coleta seletiva no município de João Pessoa-PB. Neste mesmo ano o relatório da ABRELPE apresentou uma porcentagem de 2,80%, dos resíduos sólidos destinados a coleta seletiva no Brasil (ABRELPE, 2015). Desta forma, pode-se perceber que a coleta seletiva no Brasil ainda é muito incipiente, precisando de mais incentivos tanto do poder público como da sociedade.

Para a elaboração do ICV, também foram levantadas informações sobre o percentual dos materiais recicláveis (papel/papelão, plástico, metal, vidro e borracha) correspondente à coleta seletiva e a central de triagem no período de 2005 a 2015 (Figura 19).

Figura 19: Percentual dos materiais recicláveis coletados pelos núcleos de coleta seletiva e pela central de triagem do município de João Pessoa/PB.



Fonte: Adaptado EMLUR, 2017.

Observando a Figura 19, verifica-se os percentuais de cada material reciclável em cada ano de estudo. Neste contexto, observa-se que os maiores índices de reciclagem em todos os anos estudados foram para o papel/papelão e o plástico. Analisando, os índices de cada material reciclável, o papel/papelão atingiu 45,5% no ano de 2006; o plástico e o metal tiveram a sua maior taxa no ano de 2007 com 44,2% e 29,9%, respectivamente.

No ano de 2014, o vidro apresentou 12,8%; e a borracha 3,01% no ano de 2008. Segundo o IPEA (2012) as taxas de reciclagem para o papel/papelão e alumínio estão acima de 35% e para o plástico e o vidro alcança valores próximos a 20%. A ABRELPE (2014) em seu panorama apresentou valores aproximados aos da taxa do IPEA (2010), tendo o alumínio 35,5%, o papel 45,7 e o plástico com 20,9%.

Os materiais recicláveis possuem um percentual de eficiência, que se refere à quantidade de materiais coletados que podem ser comercializados para os atravessadores e, deles revendidos para a indústria recicladora. Nesta pesquisa consideraram-se o percentual de 97,50% para o papel/papelão, 100% para a borracha, 90% para metal e vidro e 80% para o plástico (RIGAMONTI; GROSSO; SUNSERI, 2009). Além das quantidades de resíduos, foram consideradas outras variáveis de entrada, como o consumo de diesel (L/t), a energia (kWh/t) e água (kg/t) em cada etapa da gestão dos RDO.

### 5.2.1.1 Consumo Diesel

De acordo com os dados disponibilizados pela EMLUR, as associações dispõem de um caminhão Baú 3x4, com capacidade para transporte de quatro toneladas. A partir das distâncias percorridas por este transporte das residências até os núcleos, foram estimados o consumo de diesel das residências a cada núcleo de coleta seletiva (Tabela 7).

Tabela 7: Consumo de diesel e distâncias entre as residências (R) a cada núcleo de coleta.

<b>Residências –Núcleos</b>	<b>Km/t</b>	<b>L/km.</b>	<b>L/t</b>
<b>R- Núcleo 13 de Maio</b>	8,442	5,0	42,21
<b>R- Núcleo (Cidade Universitária)</b>	6,098	5,0	30,49
<b>R- Núcleo Cabo Branco</b>	5,833	5,0	29,16
<b>R- Núcleo do Bessa</b>	5,127	5,0	25,63
<b>R- Núcleo Mangabeira</b>	12,157	5,0	60,79

Fonte: Adaptado EMLUR, 2017.

A coleta indiferenciada é realizada por caminhões compactadores que possuem capacidade para dezesseis toneladas. Os consumos de diesel por este transporte das residências até a central de triagem e ao aterro sanitário estão detalhados na Tabela 8.

Tabela 8: Consumo de diesel das residências até a Central de Triagem e ao Aterro Sanitário.

<b>Bairros/Central de triagem</b>	<b>Km/t</b>	<b>L/km</b>	<b>L/t</b>
<b>Bairro dos Estados- Central de triagem/Aterro.</b>	8,091	0,333	2,69
<b>Cid. Universitária-Central de triagem/Aterro.</b>	9,708	0,333	3,23
<b>Cabo Branco- Central de triagem/Aterro</b>	8,471	0,333	2,82
<b>Bessa - Central de triagem/Aterro</b>	8,828	0,333	2,94
<b>Mangabeira-Central de triagem/Aterro</b>	7,718	0,333	2,57

Fonte: Adaptado EMLUR, 2017.

O consumo de diesel, também foi calculado tanto dos núcleos de coleta seletiva e da central de triagem até os galpões dos agentes intermediários (atravessadores). De acordo com

informações obtidas, o transporte utilizado para esse deslocamento é uma Mercedes-Benz 1113, com capacidade para transportar onze toneladas de resíduos.

A estimativa foi calculada levando em consideração que cada material reciclável possui um atravessador que revende para as indústrias recicladoras. Dessa forma, o consumo do diesel corresponde à distância percorrida dos núcleos até o galpão do atravessador (Tabela 9), assim como da central de triagem até o atravessador (Tabela 10).

Tabela 9: Média do consumo de diesel dos núcleos de coleta (N) até o galpão dos atravessadores (GA) por tipo de material.

<b>Material</b>	<b>Média em L/t</b>
<b>N- GA Papel/papelão</b>	0,155
<b>N- GA Vidro</b>	0,308
<b>N-GA Plástico</b>	0,168
<b>N- GA Metal</b>	0,438
<b>N- GA Borracha</b>	0,264

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 10: Consumo de diesel da central de triagem (CT) até o galpão dos atravessadores (GA) por tipo de material.

<b>Material</b>	<b>L/t</b>
<b>CT- GA Papel /papelão</b>	0,767
<b>CT-GA Vidro</b>	0,835
<b>CT- GA Plástico</b>	0,784
<b>CT- GA Metal</b>	0,670
<b>CT- GA Borracha</b>	1,085

Fonte: Autora, 2017.

Para o consumo de diesel do atravessador para a indústria recicladora, foi considerada a Mercedes-Benz 1113 como o transporte utilizado pelos atravessadores e, à distância até a indústria. (Tabela 11).

Tabela 11: Consumo de diesel do galpão dos atravessadores (GA) até as indústrias recicladoras (IR) por tipo de material.

<b>Material</b>	<b>L/t</b>
<b>GA- IR Papel/papelão</b>	6,280
<b>GA- IR Vidro</b>	4,245
<b>GA- IR Plástico</b>	0,554
<b>GA-IR Metal</b>	4,280
<b>GA-IR Borracha</b>	0,239

Fonte: Autora, 2017.

### 5.2.1.2 Locais da gestão dos Resíduos Sólidos Domiciliares a serem considerados no Inventário do Ciclo de Vida - ICV

Para análise dos impactos do ciclo de vida da gestão dos RDO, também foram estimados, os consumos de água, eletricidade e diesel dos locais onde são desenvolvidas as atividades de gestão dos resíduos.

Os locais considerados foram: galpões dos núcleos de coleta seletiva, central de triagem, aterro sanitário, galpão dos atravessadores e depósito das indústrias recicladoras. Na Tabela 12, está detalhado os consumos de água, eletricidade e diesel por núcleos de coleta seletiva.

Tabela 12: Consumo de água, eletricidade e diesel nos galpões dos núcleos de coleta seletiva.

<b>Locais</b>	<b>Consumo de água (kg/t)</b>	<b>Consumo de eletricidade (kWh/t)</b>	<b>Consumo de diesel (L/t)</b>
<b>Galpão do núcleo do Bairro dos Estados</b>	472,096	13,393	0,0
<b>Galpão do núcleo do Cabo Branco</b>	385,266	4,968	0,0
<b>Galpão do núcleo do Bessa</b>	766,023	8,301	0,0
<b>Galpão do núcleo da Cidade Universitária</b>	1905,23	13,164	0,0
<b>Galpão do núcleo do Mangabeira</b>	2.328,098	10,290	0,0

Fonte: Autora, 2017.

Os consumos de água e eletricidade foram calculados a partir de estimativas tendo como base, contas de água e energia disponibilizadas pela EMLUR. Observa-se, que nos galpões dos núcleos de coleta seletiva, o consumo de diesel foi zero, isto porque estes locais não fazem uso de maquinário que necessite este combustível.

No galpão dos atravessadores os consumos de água, eletricidade e diesel foram zero, tendo em vista que os materiais recicláveis que são comercializados pelos catadores já estão separados e, apropriados para serem revendidos para as indústrias recicladoras, não utilizando nenhum equipamento que consuma algum recurso citado anteriormente. Na Tabela 13, é mostrado o consumo da água, eletricidade e diesel pela central de triagem e aterro sanitário.

Tabela 13: Consumo de água, eletricidade e diesel pela central de triagem e aterro sanitário.

<b>Locais</b>	<b>Consumo de água (kg/t)</b>	<b>Consumo de eletricidade (kWh/t)</b>	<b>Consumo de diesel (L/t)</b>
<b>Central de Triagem</b>	1.072,98	45,878	0,0
<b>Aterro Sanitário</b>	0,0	0,041	0,010

Fonte: Autora, 2017.

Observa-se que o consumo de diesel foi zero na central de triagem, visto que nesse local não tem transporte e maquinários que necessite deste combustível. O aterro sanitário foi o único local que apresentou consumo de diesel, tendo em vista que existe a utilização de transporte para a realização da compactação e o aterramento dos resíduos.

O consumo da eletricidade no aterro sanitário foi estimado considerando apenas a instalação do escritório, pois não foi possível obter informações mais precisas por parte da concessionária. Na Tabela 14, é mostrado o consumo de água, eletricidade e diesel pelas indústrias recicladoras.

Tabela 14: Consumo de água, eletricidade e diesel pelas indústrias.

<b>Indústrias</b>	<b>Consumo de água (kg/t)</b>	<b>Consumo de eletricidade (kWh/t)</b>	<b>Consumo de diesel (L/t)</b>
<b>Papel/papelão<sup>4</sup></b>	2.000	750,00	0,0
<b>Plástico<sup>5</sup></b>	400	4.190,00	0,0
<b>Metal<sup>6</sup></b>	24.000.000	1.000-2.500	0,0
<b>Vidro<sup>7</sup></b>	20.000	1.440	0,0

Fonte: Autora, 2017.

Estas informações de consumo das indústrias de reciclagem foram estimadas a partir de dados secundários de diferentes sites, estas fontes estão citadas em notas de rodapé na Tabela 14. De acordo com as informações obtidas não existe o consumo de diesel no processo de reciclagem destes materiais, desta forma o seu consumo foi zero.

<sup>4</sup>Dados do World Wide Fund for Nature (WWF) Brasil. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/?uNewsID=14001>>. Acessado em: 12 de Dezembro de 2015.

<sup>5</sup>Dados da Greta Ambiental. Disponível em: <<http://www.getraambiental.com.br/especificacao.php>>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2015.

<sup>6</sup>Dados do autor Waldman (2003). Disponível em: <[http://mw.pro.br/mw/geog\\_mais\\_agua\\_menos\\_lixo.pdf](http://mw.pro.br/mw/geog_mais_agua_menos_lixo.pdf)>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2015.

<sup>7</sup>Dados do livro “os bilhões perdidos no lixo” de autoria de Calderoni (1998) e da página web FazFácilArtesana Ato. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/artesanato/beneficios-reciclagem/>>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2015.



### 5.2.2 Análise do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Nesta etapa os resultados do inventário, foram processados no software SimaPro 8.0, seguindo as recomendações da ABNT ISO 14.040(2014). Após esta fase foram geradas as contribuições líquidas para cada categoria de impacto em cada ano estudado.

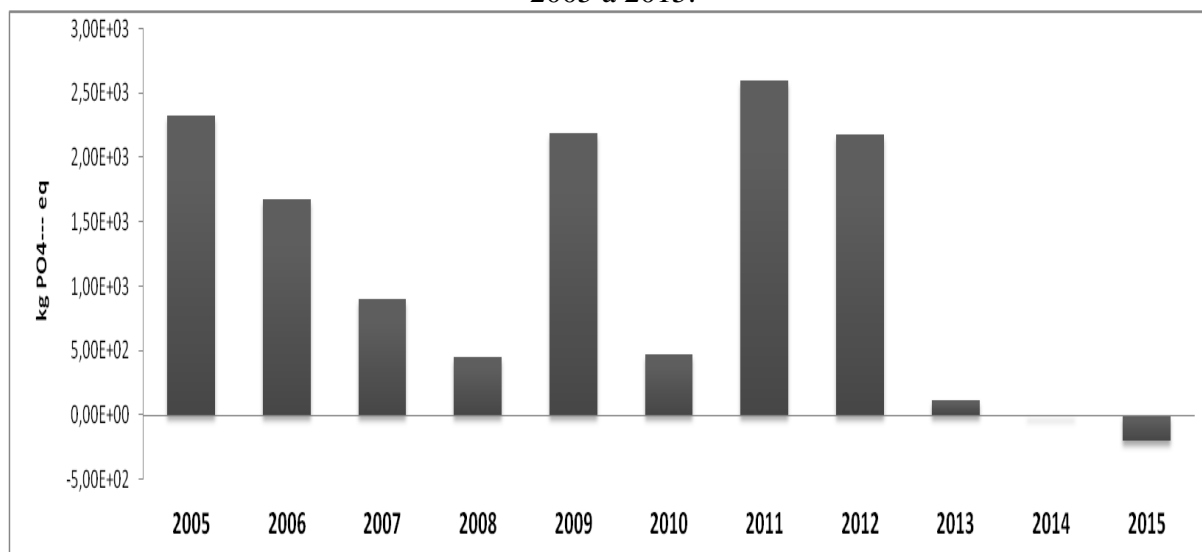
Desta forma, valores negativos representam benefícios ambientais líquidos e são atribuídos a preservação de emissões. Já os valores positivos, indicam prejuízos ao meio ambiente, proporcionando contribuições líquidas de emissões de componentes (FOOLMAUN e RAMJEEAWON, 2013).

Para cada categoria estudada (Tabela 3) foi avaliada uma contribuição geral do programa de coleta seletiva e, a influência das etapas transporte, aterro e reciclagem, pelo fato de serem citadas na literatura como as principais contribuintes dos impactos ambientais no processo de gestão dos resíduos sólidos domiciliares.

#### 5.2.2.1 Categoria Eutrofização

A eutrofização é um fenômeno que influencia tanto os ecossistemas terrestres, como os aquáticos. O nitrogênio e o fósforo são os elementos que mais implicam neste processo. O potencial de eutrofização, geralmente, é expresso em kg de PO<sub>4</sub> equivalentes (BAUMAN e TILLMAN, 2004). O processo de eutrofização ocorre na gestão dos resíduos sólidos a partir da contaminação dos corpos hídricos pelos nutrientes oriundos da decomposição dos resíduos sólidos (GARCIA, 2016). Na Figura 20, observa-se a contribuição geral do programa de coleta seletiva para a categoria eutrofização nos anos analisados.

Figura 20: Contribuição do programa coleta seletiva para a categoria eutrofização, período de 2005 a 2015.

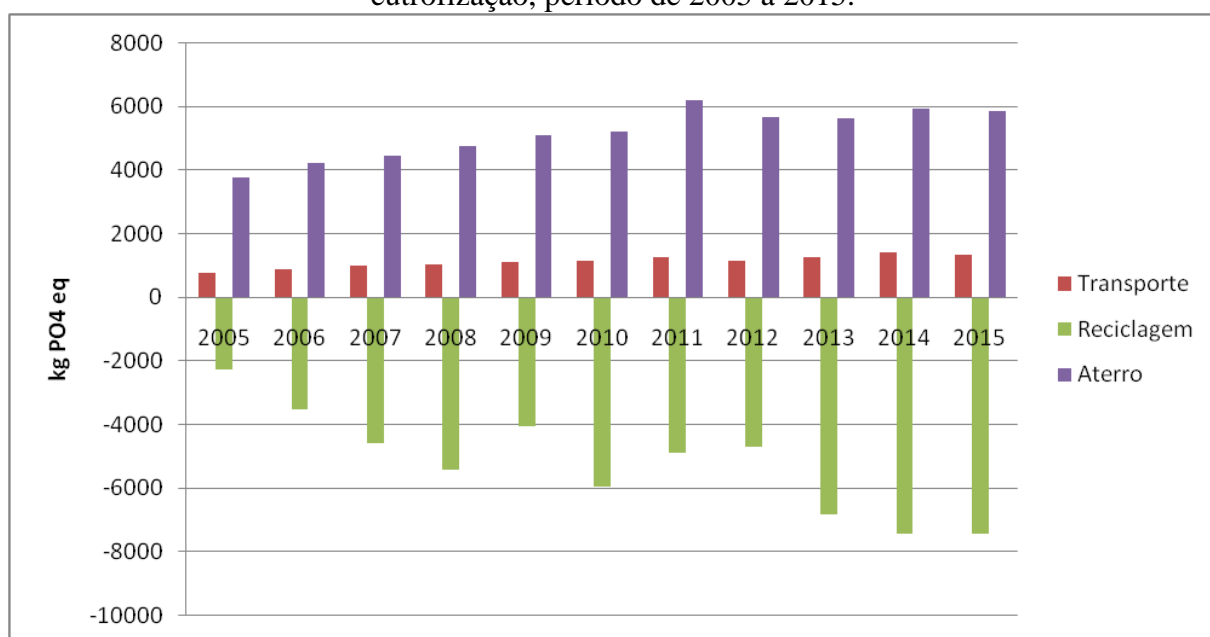


Fonte: Autora, 2017.

Observa-se na Figura 20, a emissão de gases contribuintes para a eutrofização na maioria dos anos, com exceção para o ano de 2015 que gerou uma contribuição líquida negativa. Analisando as etapas aterro sanitário, transporte e reciclagem (Figura 21) verifica-se que o aterro sanitário foi a etapa que mais contribuiu para essa categoria, seguindo pela etapa do transporte. Este fato pode ser entendido devido o aterro sanitário não possuir o aproveitamento energético dos gases produzidos nesta etapa, como também pela queima de combustíveis fósseis na etapa de transporte, que emite poluentes para atmosfera.

A reciclagem apresentou uma função significativa para a redução desses gases, mas em proporções menores que as das etapas anteriores para a maioria dos anos avaliados. No entanto, no ano de 2014 e 2015, a etapa da reciclagem compensou as emissões provenientes das etapas do aterro e do transporte.

Figura 21 : Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria eutrofização, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

No estudo desenvolvido por Trentin (2015) as etapas de coleta e disposição final em aterro sanitário também foram as principais causadoras de impacto na categoria eutrofização.

Segundo Tarantini et al (2009), a liberação de gases presentes nos lixiviados dos aterros representa uma contribuição significativa para esta categoria.

Nos cenários apresentados por Alencar (2013) o aterro sanitário se apresentou como um grande contribuinte de  $PO_4$  no meio ambiente. Para Guereca et al. (2006), o aterro sanitário também é o principal responsável pelo impacto da eutrofização devido aos lixiviados produzidos emitirem gases para a atmosfera.

Nas etapas de gestão dos resíduos apresentadas por Garcia (2016), a do aterro sanitário também apresentou uma maior contribuição para a categoria de eutrofização.

Bovea e Powell (2006) consideraram em seu estudo que a introdução das etapas de triagem, compostagem e recuperação energética, evitam o impacto ambiental por eutrofização. Apesar do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP) possuir a etapa da triagem, a não recuperação energética dos gases, provavelmente, foi o que mais contribuiu para a eutrofização.

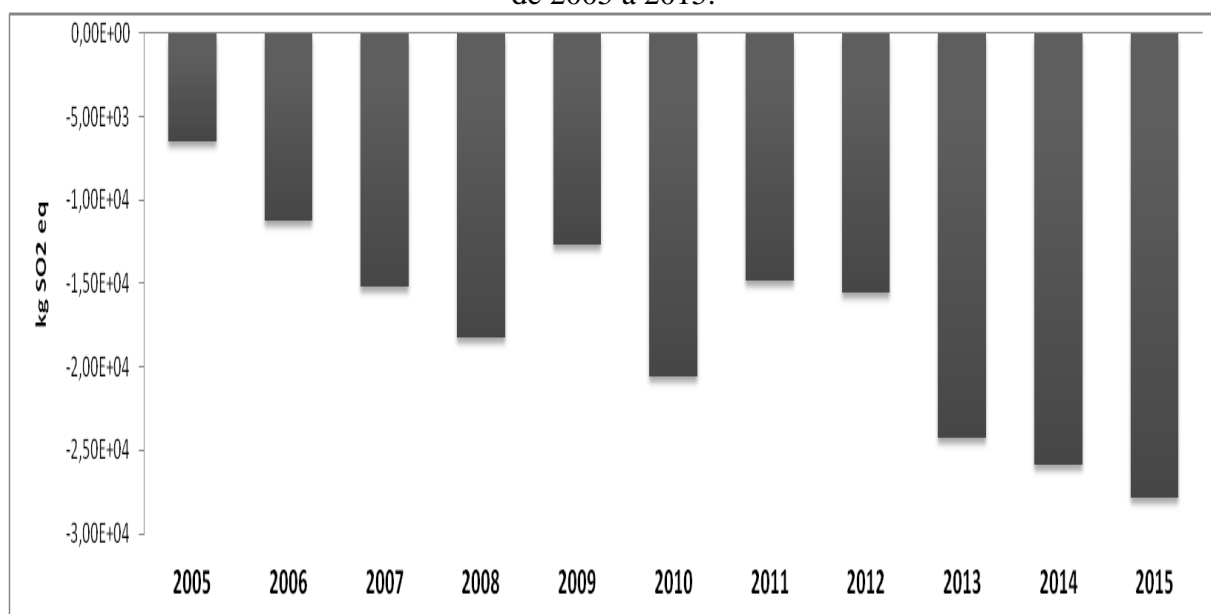
#### 5.2.2.2 Categoria de Acidificação

A categoria de impacto acidificação refere-se aos impactos derivados dos processos que aumentam a acidez nos corpos hídricos e nos solos pela concentração de íons de hidrogênio. A acidificação é causada devido à emissão atmosférica e deposição de substâncias químicas acidificantes (MENDES, 2013).

As substâncias que mais contribuem para a acidificação são  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HCl}$  e  $\text{NH}_3$ . O potencial de um poluente para a acidificação pode, assim, ser medido pela sua capacidade para formar íons  $\text{H}^+$ .

O potencial de acidificação é definido como o número de íons  $\text{H}^+$  produzidos por quilo (kg) de substância em relação ao  $\text{SO}_2$  (BAUMAN e TILLMAN, 2004; FERREIRA, 2004). Na Figura 22, pode-se verificar as contribuições líquidas geradas pelas etapas do programa de coleta seletiva para a categoria de acidificação.

Figura 22: Contribuição do programa coleta seletiva para a categoria de acidificação, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Observa-se na Figura 22, que em todos os anos analisados o impacto ambiental da categoria de acidificação foi negativo, com destaque para o ano de 2015 que atingiu a maior contribuição líquida negativa. Esse fato pode ser justificado pelo aumento de resíduos sólidos encaminhados para a reciclagem no ano de 2015 (Figura 18).

De acordo com a Figura 23, em todos os anos a reciclagem compensou as contribuições líquidas positivas geradas pela etapa do transporte para a categoria acidificação, tendo o ano de 2015 atingido a maior índice de reciclagem. Desta maneira, diversos materiais foram reciclados, reduzindo assim a utilização de novos materiais que emitiriam mais poluentes decorrentes da distância que seria percorrida.

Figura 23: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria acidificação, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Segundo Ibáñez-Fóres (2009), o processo de reciclagem proporcionou um impacto positivo na categoria de acidificação, no qual uma grande quantidade de substâncias, tais como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub> entre outras não são emitidas para a atmosfera, utilizando materiais reciclados. A autora, destaca que para cada tonelada de papel reciclado é evitado a emissão de 2.320g de SO<sub>x</sub>. Na pesquisa desenvolvida por Alencar (2013), foi verificada uma redução de 59,8% do potencial de acidificação nas etapas de triagem e reciclagem dos materiais recicláveis, quando comparado com a coleta e disposição dos resíduos no lixão.

Özeler et al. (2006), também constataram em estudo realizado na cidade de Ankara, na Turquia, que os impactos ambientais relacionados a acidificação foram reduzidos com o aumento da reciclagem dos materiais.

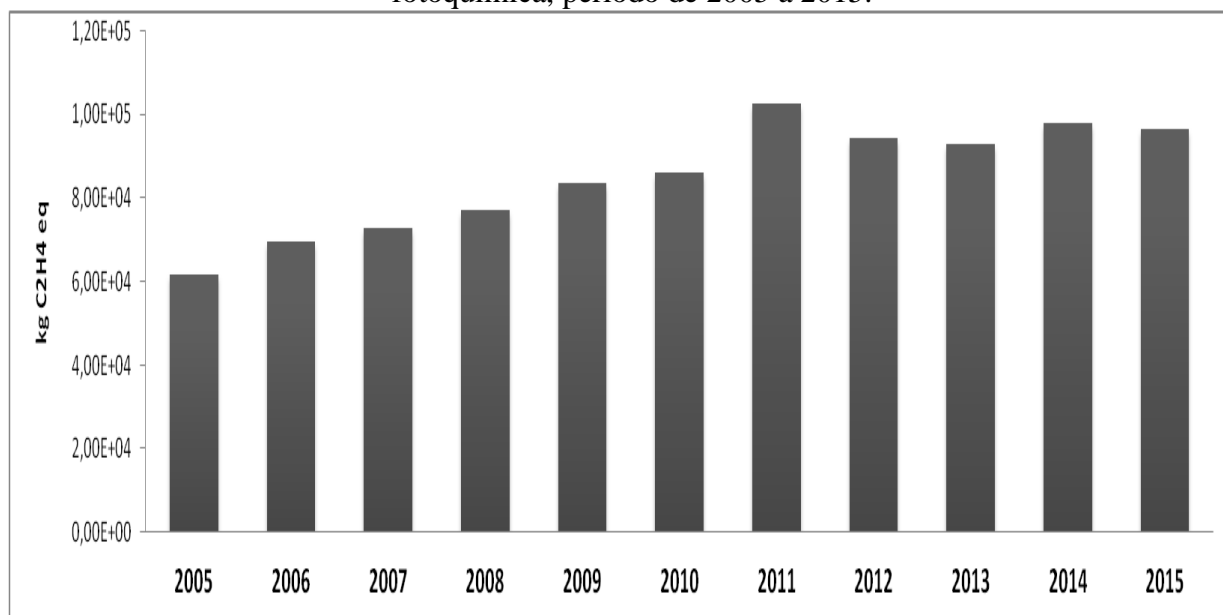
Chi et al. (2014) relataram que o processo de reciclagem fornece a produção de novos materiais, substituindo os que são fabricados a partir de materiais virgens, logo o processo de reciclagem evita emissões que seriam produzidas nesta fabricação. Além disto, a reciclagem diminui a quantidade de resíduos encaminhados aos aterros, que é a principal causa de impactos ambientais.

#### 5.2.2.3 Categoria Oxidação fotoquímica

As substâncias que possuem um potencial para a formação de ozônio fotoquímico são os compostos orgânicos voláteis (COV), que contêm hidrogênio e/ou dupla ligação. Os impactos potenciais são expressos a partir da emissão da substância de referência etileno  $C_2H_4$  (HAUSCHILD e WENZEL, 1998).

Nichols et al.(1996) apud Ferreira (2004) definiram a formação de ozônio fotoquímico como um impacto que pode receber contribuições do monóxido de carbono (CO) e de todos os compostos orgânicos voláteis (COV), com capacidade de reagir com o radical hidróxido  $k(OH)$  para formar radicais peróxidos, que na presença de óxidos de azoto ( $NO_x$ ) e luz ultra violeta (UV) podem induzir a formação de ozônio, dentre outros compostos reativos na troposfera. Na Figura 24, pode-se analisar as contribuições líquidas geradas pelas etapas do programa de coleta seletiva para a categoria de impacto oxidação fotoquímica.

Figura 24: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria oxidação fotoquímica, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

De acordo com a Figura 24, observa-se que o programa de coleta seletiva gerou contribuições líquidas positivas para a categoria oxidação fotoquímica em todos os anos analisados. Na Figura 25, verifica-se que o aterro sanitário foi a etapa que mais contribuiu na emissão de gases  $C_2H_4$  para a atmosfera. Pode-se perceber que a reciclagem ainda se apresenta incipiente para minimizar os compostos orgânicos voláteis emitidos pelo aterro sanitário para a atmosfera.

Figura 25: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria oxidação fotoquímica, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Garcia (2016) encontrou resultado semelhante, no qual a etapa do aterro sanitário era a etapa do sistema que mais contribuía com a oxidação fotoquímica. A autora, também identificou que a quantidade de emissões evitadas pela reciclagem, ainda é insuficiente em relação às emissões geradas pelo aterro sanitário.

Para Tarantini et al. (2009), os transportes também contribuem para o impacto ambiental de oxidação fotoquímica, emitindo 9% dos principais compostos orgânicos voláteis. Já Trenti (2015) e Mersoni (2015) avaliaram diferentes cenários em seus estudos, contudo em todos os cenários avaliados, a coleta e o aterro sanitário foram as etapas que mais contribuíram com a emissão para esta categoria. Na coleta, devido a queima dos combustíveis, emitindo gases como o  $CO$ ,  $NO_x$  e  $SO_2$  e, no aterro sanitário são emitidos para atmosfera os gases originados da decomposição dos lixiviados.

De acordo com Ibáñez-Fóres (2009), a recuperação energética do aterro sanitário é um fator essencial para a redução do impacto ambiental desta categoria, pois reduziria emissões superiores a 50%, já que estaria evitando que fossem emitidos  $C_2H_4$  para a atmosfera, proveniente da produção de energia a partir de combustíveis fósseis.

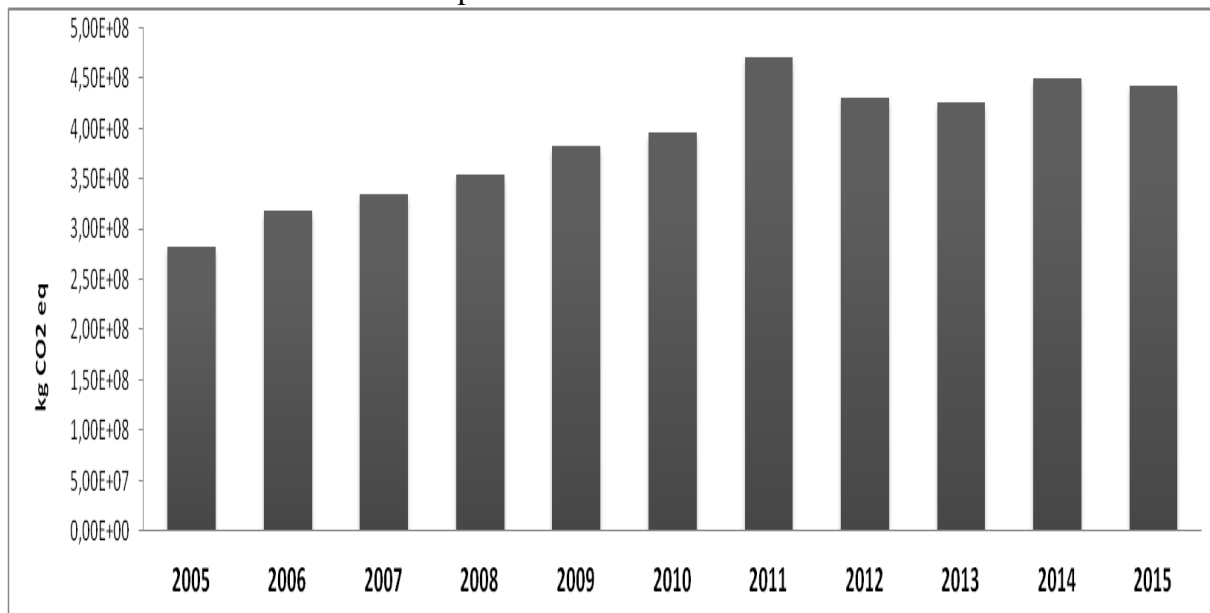
#### 5.2.2.4 Categoria Aquecimento Global

O potencial de Aquecimento Global (GWP100), é o responsável pela emissão de gases de efeito estufa (TARANTINI et al., 2009). O modelo de caracterização desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é selecionado para o desenvolvimento de fatores de caracterização, esses fatores são expressos como Potencial de Aquecimento Global para o horizonte temporal de 100 anos (GWP100), em quilos de dióxido de carbono/kg de emissão (GOEDKOOOP et al., 2004).

Segundo Zaman (2013), o descarte dos resíduos pode contribuir com o aquecimento global, já que possuem subprodutos gasosos nocivos e partículas que podem aumentar os gases de efeito estufa.

Na Figura 26, observa-se as contribuições líquidas geradas pelo programa de coleta seletiva para a categoria de impacto aquecimento global nos anos analisados.

Figura 26: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria aquecimento global, período de 2005 a 2015.

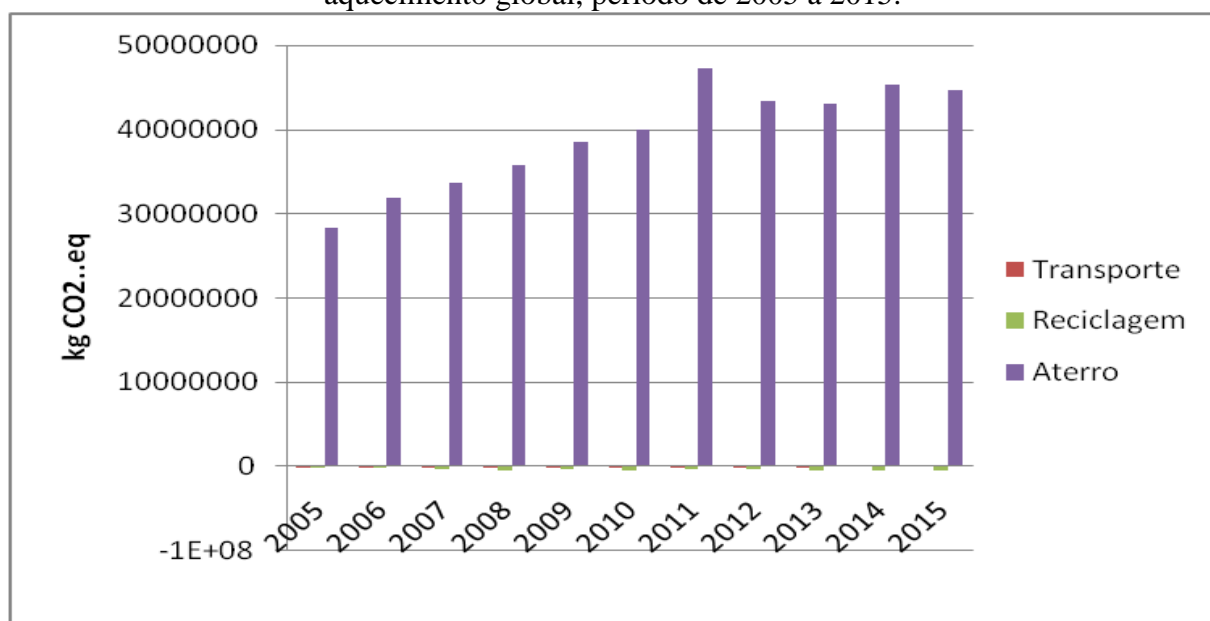


Fonte: Autora, 2017.

A partir da Figura 26, é possível verificar que para a categoria de impacto aquecimento global, a contribuição líquida positiva se fez presente em todos os anos analisados. Com destaque, para o ano de 2011 que obteve uma maior contribuição líquida positiva, quando comparado com os demais anos de observação. Esse fato se justifica por ser o ano que obteve uma maior coleta dos resíduos sólidos no município (Figura 17) e, conseqüentemente, o aterro sanitário teve um maior número de resíduos aterrados.

Constata-se na Figura 27, que a etapa do aterro sanitário foi que mais contribuiu para a emissão de gases poluentes da categoria aquecimento global.

Figura 27: Contribuição da etapa transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria aquecimento global, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Garcia (2016) verificou que a categoria aquecimento global está fortemente influenciada pela etapa do aterro sanitário, sendo essa etapa a que mais contribuiu para o impacto aquecimento global. Também foi observado pela autora supracitada, que a contribuição da reciclagem para reduzir esse impacto, ainda é insignificante.

Como alternativa Ibáñez- Fóres (2009) propõe o aproveitamento energético dos gases gerados no aterro. Nos cenários analisados por Özeler et al. (2006), se obteve uma baixa contribuição de emissão dos gases contribuintes do aquecimento global quando foi inserido a etapa de digestão anaeróbia antes do aterro sanitário e, uma maior contribuição com a colocação do processo de incineração antes do aterro sanitário. Alencar (2013) observou que o melhor cenário para a redução do potencial de aquecimento global é encaminhando o material orgânico para o processo de compostagem.



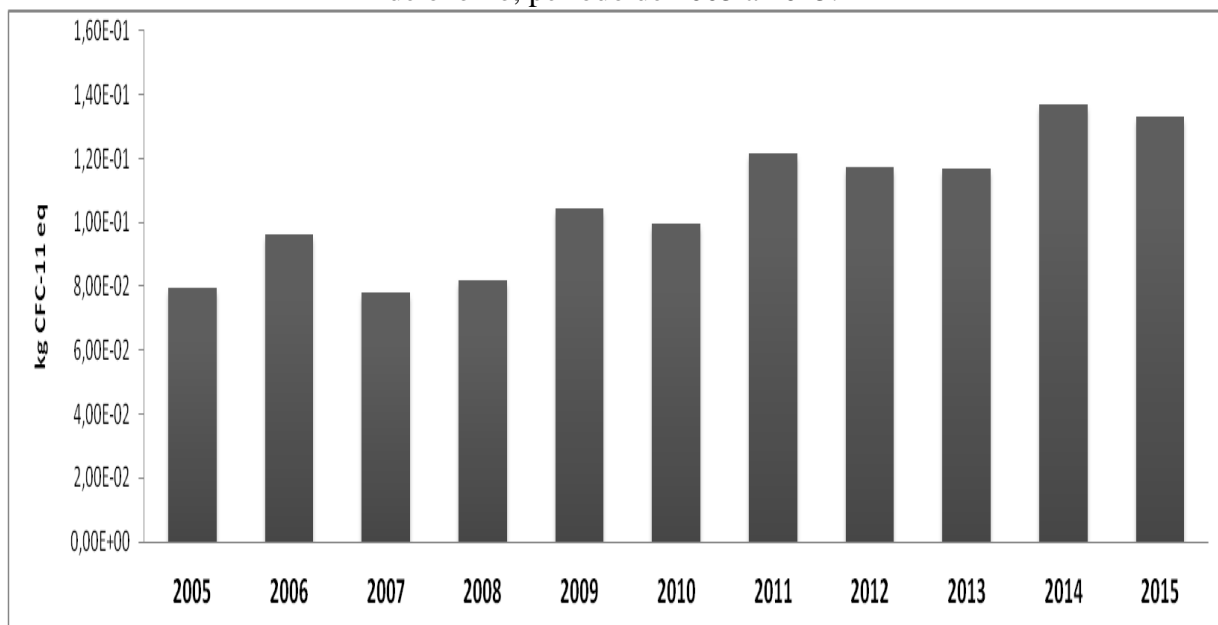
#### 5.2.2.5 Categoria Depleção da Camada de Ozônio

A redução da camada de ozônio propicia a elevação da quantidade de raios ultravioletas que atingem a superfície da terra, tendo como consequência o aumento de doenças e de diversos danos ao ecossistema (CHEHEBE, 1998 apud MONTEIRO, 2008).

Na utilização de aerossóis a base haletos orgânicos como o clorofluorcarbono (CFC-11) e seus derivados são os principais agentes de depleção da camada de ozônio (KULAY, 2000).

Segundo Monteiro (2008), a Organização Meteorológica Mundial (WMO) definiu um modelo de caracterização para medir impactos pelo potencial de depleção da camada de ozônio para os diversos gases em termos de kg CFC-11 equivalente/kg emissão. Na Figura 28, são mostradas as quantidades de CFC emitidos em cada ano analisado do estudo.

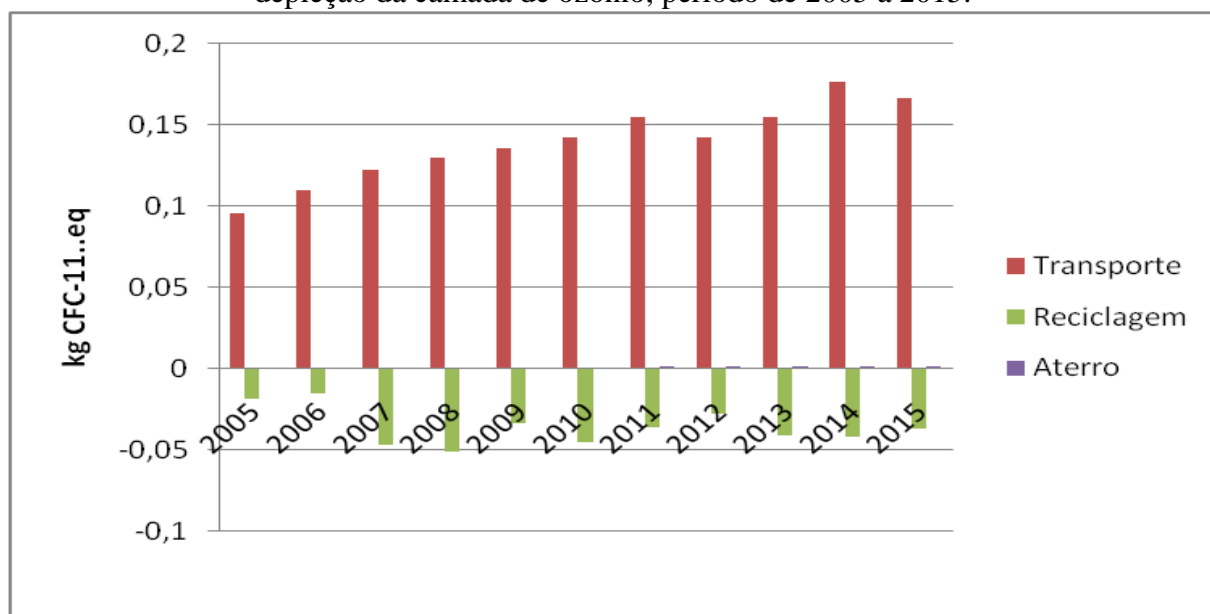
Figura 28: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção da camada de ozônio, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Observa-se na Figura 28, que em todos os anos analisados foram geradas contribuições líquidas positivas para a categoria de impacto depleção da camada de ozônio. Esse fato pode ser justificado pela significativa carga de emissões de CFC na etapa do transporte, como pode ser visualizada na Figura 29. A etapa da reciclagem reduziu a emissão de CFC, mas não suficiente para compensar totalmente a emissão desses gases para o ambiente.

Figura 29: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção da camada de ozônio, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Ibáñez-Fóres (2009), em sua pesquisa, encontrou resultado semelhante, no qual as etapas que mais contribuíram para a categoria de impacto depleção da camada de ozônio foram a coleta e o transporte, os valores obtidos na reciclagem e na recuperação de energia reduziram as emissões de CFC, mas não suficientes para compensar as emissões produzidas nas fases contribuintes.

No trabalho desenvolvido por Garcia (2016) as etapas de coleta e transporte foram as que mais colaboraram para este impacto, mas a etapa da reciclagem compensou as emissões de CFC emitidos pelas etapas anteriores para a atmosfera.

Nos cenários de gerenciamento dos resíduos sólidos apresentados por Alencar (2013) verificou-se que no qual só existe a coleta, transporte e lixão, a quantidade de CFC emitidos foram superiores aos demais cenários. Já o cenário que apresentou a maior redução do potencial de depleção da camada de ozônio foi o que contemplou a etapa de compostagem e o aterro sanitário com coleta e queima de 50% dos gases produzidos.

#### 5.2.2.6 Categoria Toxicidade Humana

A categoria toxicidade humana é proveniente de atividades antrópicas que emitem substâncias tóxicas para a atmosfera, podendo atingir o ser humano através de rotas de exposição no ambiente. Essas rotas de exposição podem acontecer por meio de vias aéreas ou por meio de ingestão de alimentos contaminados (LEME, 2010).

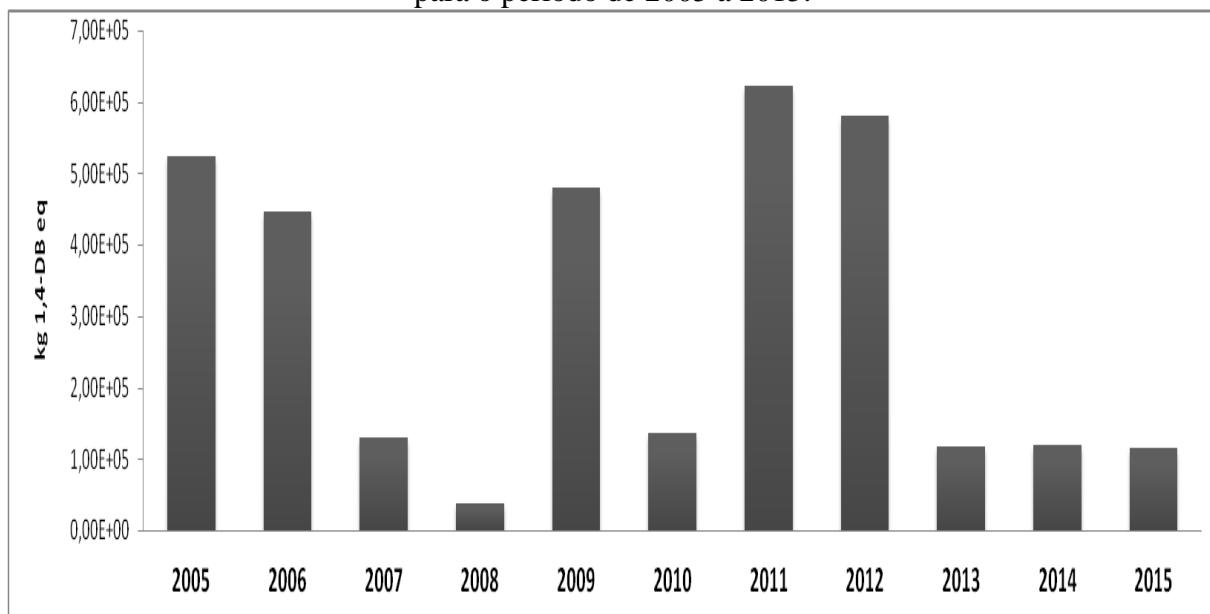
Existe diversos métodos de caracterização da toxicidade humana desenvolvidos e apresentados em CML (2001), dispondo de fatores de caracterização que são geralmente citados como potenciais de toxicidade humana (PTHs).

A determinação do PTHs pode envolver até quatro dimensões independentes, em função do ponto, na cadeia de mecanismos ambientais, em que o impacto ambiental é considerado: destinação, transferência, exposição e efeito (SILVA, 2005).

Segundo Barbosa (2012), os valores de caracterização desta categoria estão relacionados a efeitos toxicológicos crônicos, riscos toxicológicos acumulados e exposição a substâncias tóxicas equivalentes.

Para cada substância tóxica, os PTHs são expressos como equivalentes de 1,4-diclorobenzeno/kg de emissão (GOEDKOOOP et al., 2004). Na Figura 30, são mostradas as contribuições líquidas geradas pelas etapas de coleta seletiva para a categoria toxicidade humana.

Figura 30: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria toxicidade humana para o período de 2005 a 2015.

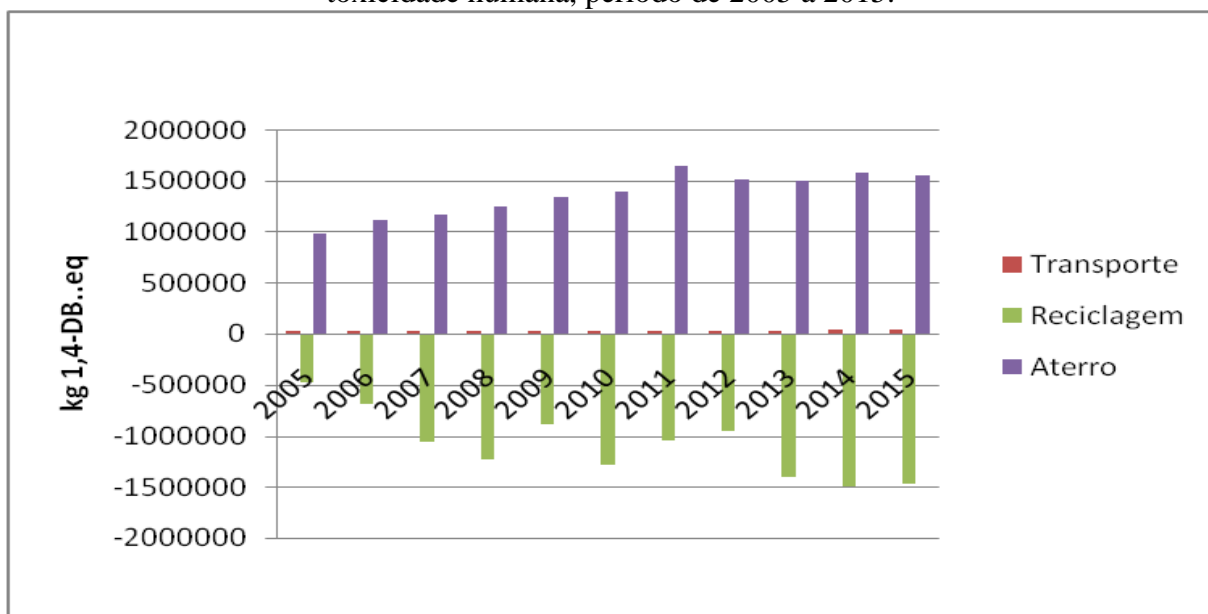


Fonte: Autora, 2017.

Verifica-se na Figura 30 contribuições líquidas positivas para a categoria de impacto toxicidade humana. Nos anos de 2005, 2011 e 2012 foram atingidas as maiores contribuições para a presente categoria. Esse fato pode ser compreendido pelo aumento do quantitativo coletado e encaminhado para o aterro, principalmente do ano de 2011 que atingiu o maior índice de massa coletada (Figura 17).

Na Figura 31, é comprovado que entre as principais etapas do processo o aterro sanitário foi a etapa que mais contribuiu para a categoria de impacto toxicidade humana. Pode-se observar que a reciclagem contribuiu para a redução deste impacto, mas esta contribuição não foi significativa para compensar as emissões das demais etapas do programa.

Figura 31: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria toxicidade humana, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Alencar (2013) comprovou uma redução de 32% na categoria de toxicidade humana, quando avaliou um cenário com aterro sanitário e queima de 50% dos gases produzidos, o pior resultado para esta categoria foi no cenário com lixão e sem queima dos gases.

Hong et al. (2015) avaliaram dois cenários, um com tratamento dos resíduos e disposição final adequada e outro com o tratamento dos resíduos sem a disposição final adequada dos mesmos. Em ambos, os cenários foram identificados elevadas contribuições para a categoria de impacto de toxicidade humana, tendo o segundo cenário um elevado potencial de toxicidade humana devido ao manuseio incorreto dos equipamentos eletrônicos.

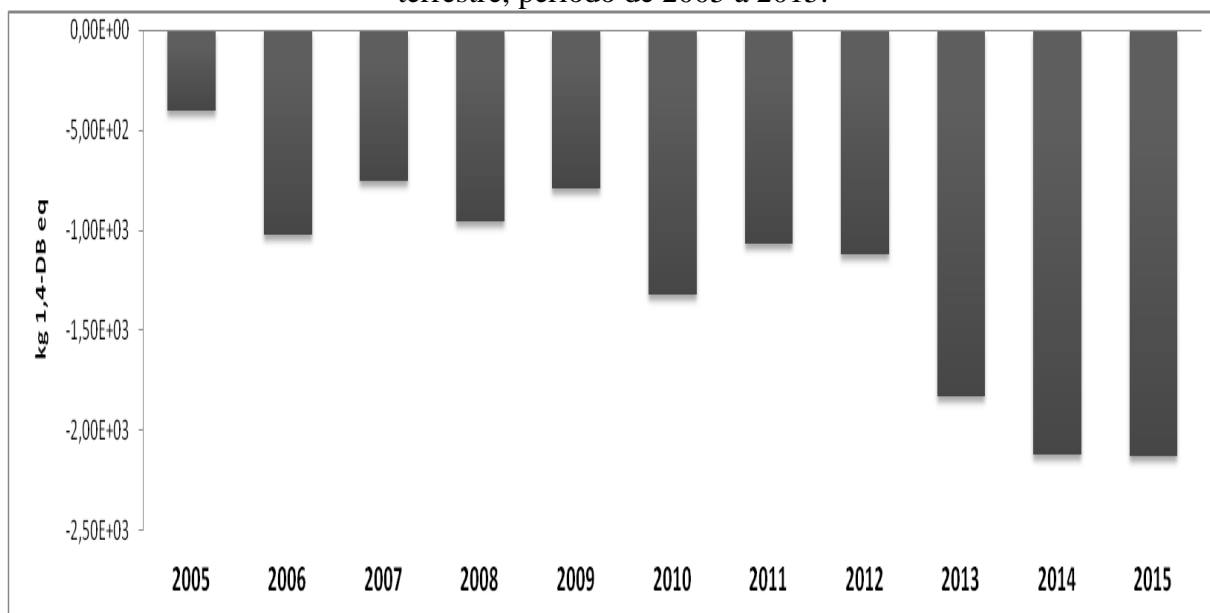
Na pesquisa desenvolvida por Yay (2015), o cenário com disposição dos resíduos em aterro sanitário sem o reaproveitamento do biogás, obteve um maior impacto na categoria de toxicidade humana.

### 5.2.2.7 Categoria Ecotoxicidade Terrestre

Esta categoria refere-se aos impactos causados por substâncias tóxicas emitidas sobre o ecossistema terrestre. A redução da biodiversidade da flora e da fauna e, da produção agrícola são alguns dos efeitos provocados por essa categoria de impacto.

As categorias de ecotoxicidade terrestre são calculadas da mesma forma que a toxicidade humana, eliminando o horizonte de tempo. Os fatores de caracterização são expressos igualmente em kg 1,4 diclorobenzeno equivalente/kg emissão (GUTIERREZ, 2014). Na Figura 32, observa-se as contribuições líquidas da categoria ecotoxicidade terrestre ao longo dos anos analisados.

Figura 32: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade terrestre, período de 2005 a 2015.

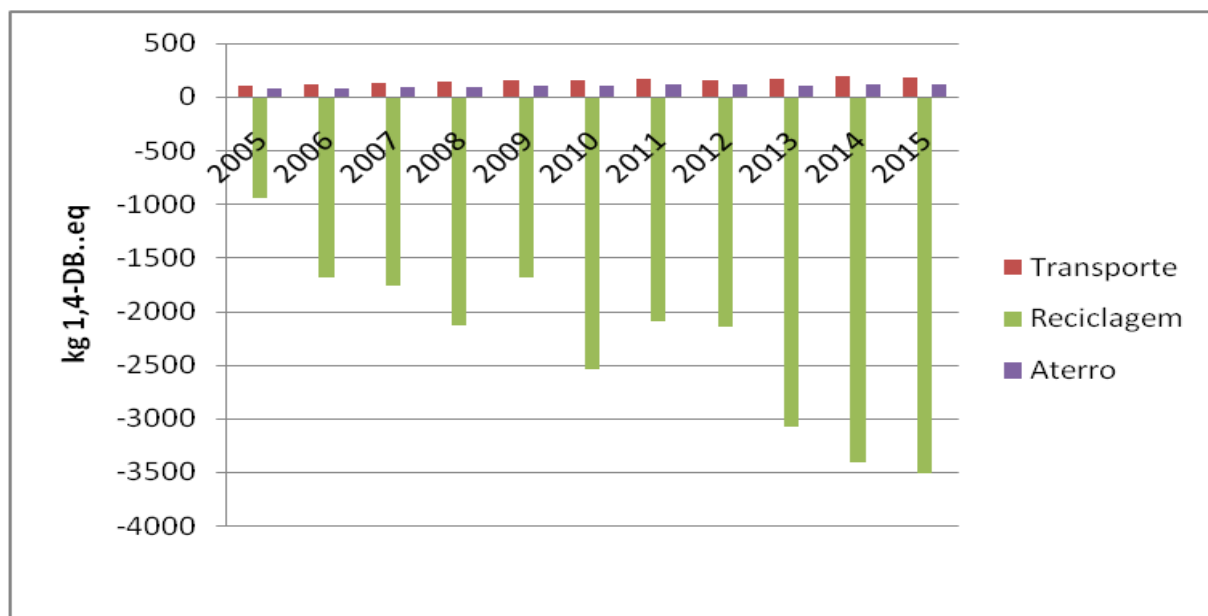


Fonte: Autora, 2017.

De acordo com a Figura 32, observa-se que a categoria de impacto ecotoxicidade terrestre teve contribuições líquidas negativas, gerando ganhos ambientais para o meio ambiente. Através da Figura 33, observa-se que nas etapas de transporte e aterro sanitário foram geradas contribuições positivas para esta categoria de impacto, principalmente pela queima dos combustíveis na etapa do transporte, como pela liberação de gases na etapa do aterro.

Apesar dessa contribuição, a reciclagem apresentou contribuições negativas superiores as contribuições positivas geradas nas etapas anteriores, compensando desta forma todas as emissões de poluentes das demais etapas do processo.

Figura 33: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade terrestre, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Rosando e Penteado (2015) obtiveram resultado semelhante ao desta pesquisa, no qual o transporte apresentou uma maior contribuição para a categoria de impacto ecotoxicidade terrestre em comparação a disposição no aterro de resíduo de construção civil -RCC-classe A.

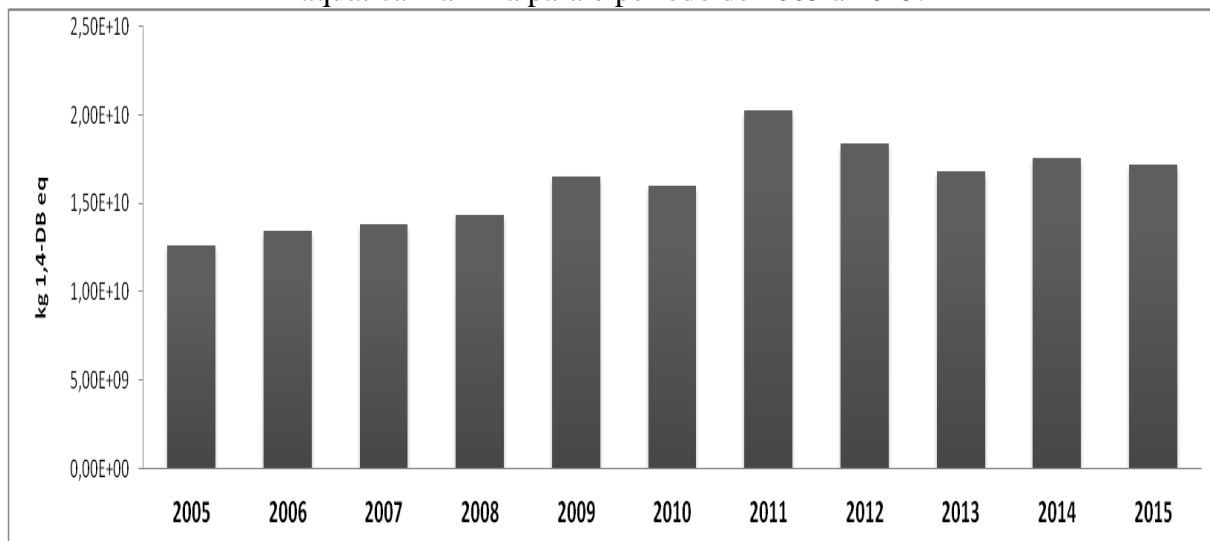
Nos cenários avaliados por Hong et al. (2015), a contribuição de ecotoxicidade terrestre foi maior no cenário sem o descarte final adequado dos resíduos eletrônicos. Yay (2015) verificou que a contribuição da ecotoxicidade terrestre era maior no cenário com disposição em aterro sem recuperação de biogás.

#### 5.2.2.8 Categoria Ecotoxicidade Aquática Marinha

A ecotoxicidade aquática marinha pode ser caracterizada pela exposição da fauna e flora a substâncias tóxicas podendo causar danos irreversíveis, entre estes o desbalanceamento da cadeia alimentar, com possível extinção de espécies (KULAY, 2000 apud MONTEIRO, 2008).

O potencial de ecotoxicidade aquática pode ser calculado com base em modelos de dose-resposta, estimando as consequências causadas pelas substâncias tóxicas no meio aquático, para um horizonte de tempo infinito (KULAY, 2004). Na Figura 34 observa-se o potencial de ecotoxicidade aquática marinha para o sistema estudado.

Figura 34: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade aquática marinha para o período de 2005 a 2015.

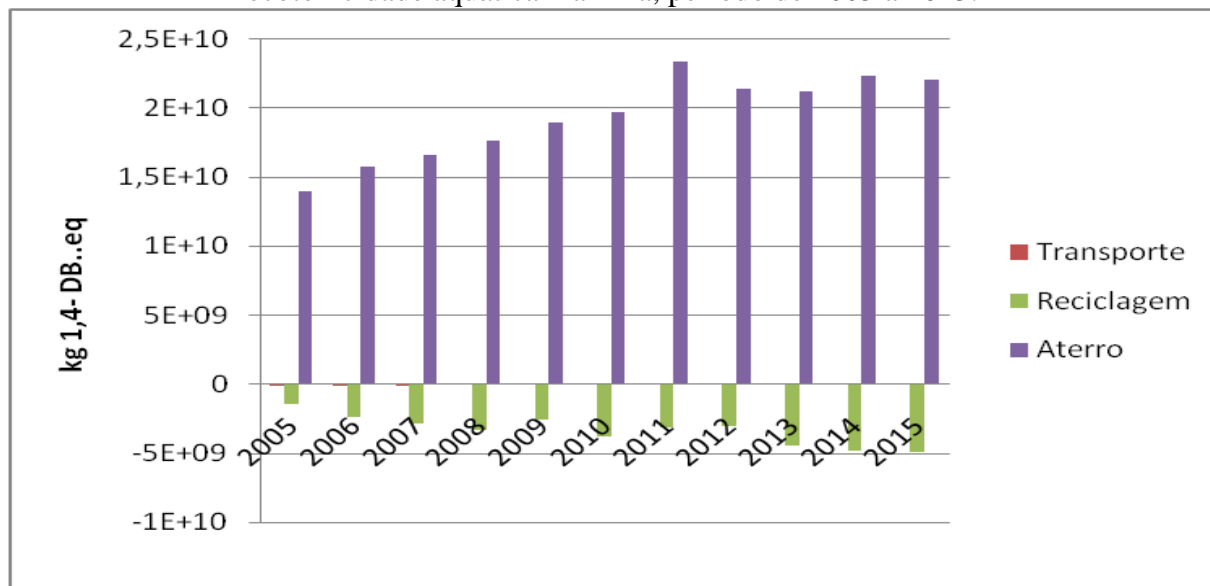


Fonte: Autora, 2017.

Conforme pode-se observar na Figura 34, em todos os anos analisados foram emitidas contribuições líquidas positivas pelo sistema de coleta seletiva para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha.

A etapa que mais contribuiu para os resultados (Figura 34), foi a etapa do aterro sanitário, como pode-se verificar na Figura 35, essa etapa foi a principal contribuinte para o impacto desta categoria. Pode-se observar ainda que a etapa da reciclagem gerou contribuições negativas para o meio ambiente, mas que não foi suficiente para compensar as emissões da etapa do aterro sanitário.

Figura 35: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade aquática marinha, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

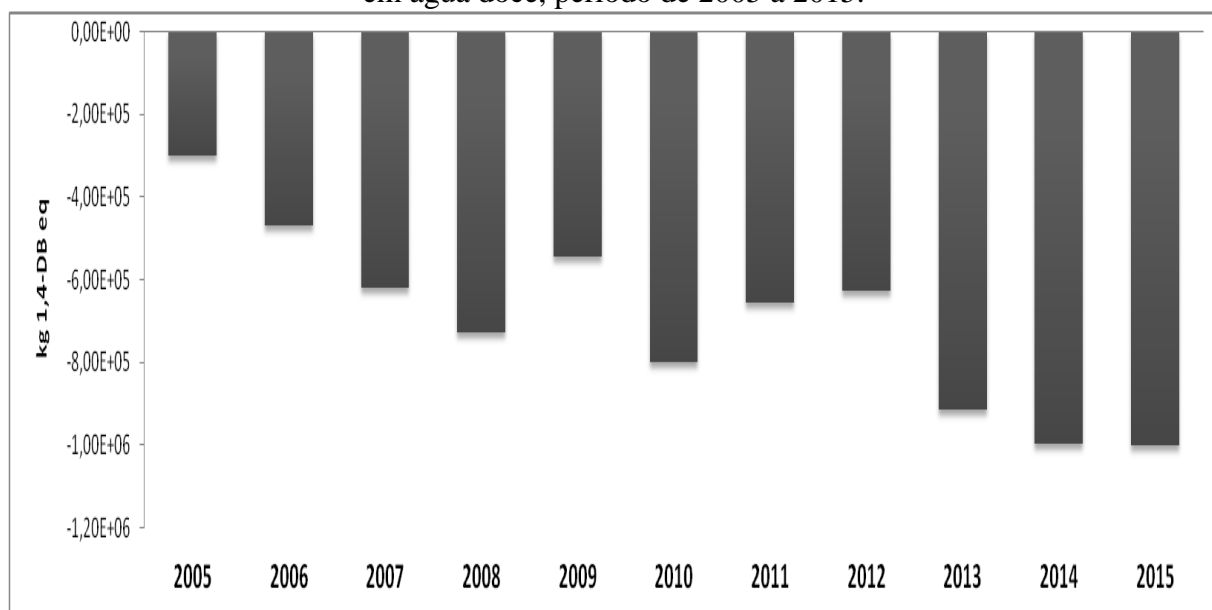
Nos cenários avaliados por Yay (2015), o potencial de ecotoxicidade aquática marinha foi alto quando os resíduos eram dispostos em aterros sanitários sem o reaproveitamento do biogás, o que foi verificado também neste trabalho.

Na pesquisa de Hong et al., (2015) foi observado também que no tratamento de resíduos eletrônicos, sem o descarte final adequado, as contribuições líquidas para a categoria de ecotoxicidade aquática marinha foram superiores a aquelas com descarte final adequado, tendo em vista a contaminação das águas pelo contato com metais pesados.

#### 5.2.2.9 Categoria Ecotoxicidade Aquática em Água Doce

O potencial de ecotoxicidade aquática em água doce é calculada da mesma forma que para a ecotoxicidade aquática marinha. Na Figura 36 verifica-se as contribuições do programa de coleta seletiva para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática em água doce.

Figura 36: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria ecotoxicidade aquática em água doce, período de 2005 a 2015.

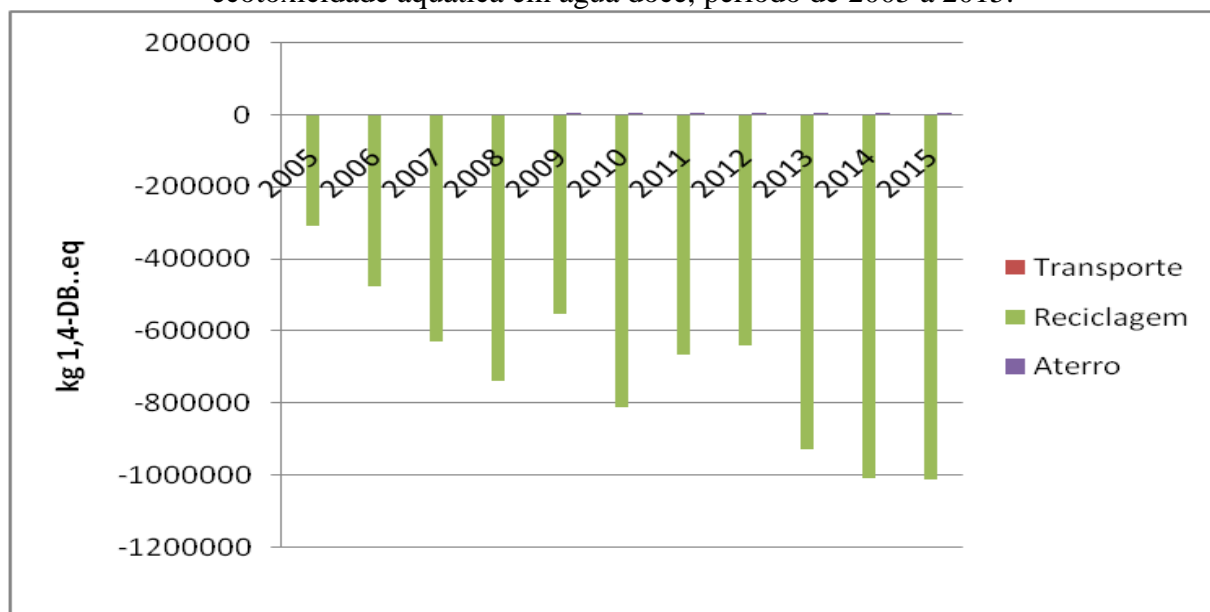


Fonte: Autora, 2017.

Observa-se na Figura 36, que o programa de coleta seletiva gerou contribuições negativas para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática em água doce em todos os anos analisados. Esse fato é justificado pelas altas taxas de contribuições líquidas negativas referentes à etapa da reciclagem, compensando as mínimas contribuições do aterro para esta categoria, (Figura 37).



Figura 37: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria ecotoxicidade aquática em água doce, período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Yay (2015) avaliou a categoria de impacto ecotoxicidade aquática em água doce e observou que no cenário no qual os resíduos eram dispostos em aterro, sem o aproveitamento energético, obteve-se maior contribuição líquida para este impacto.

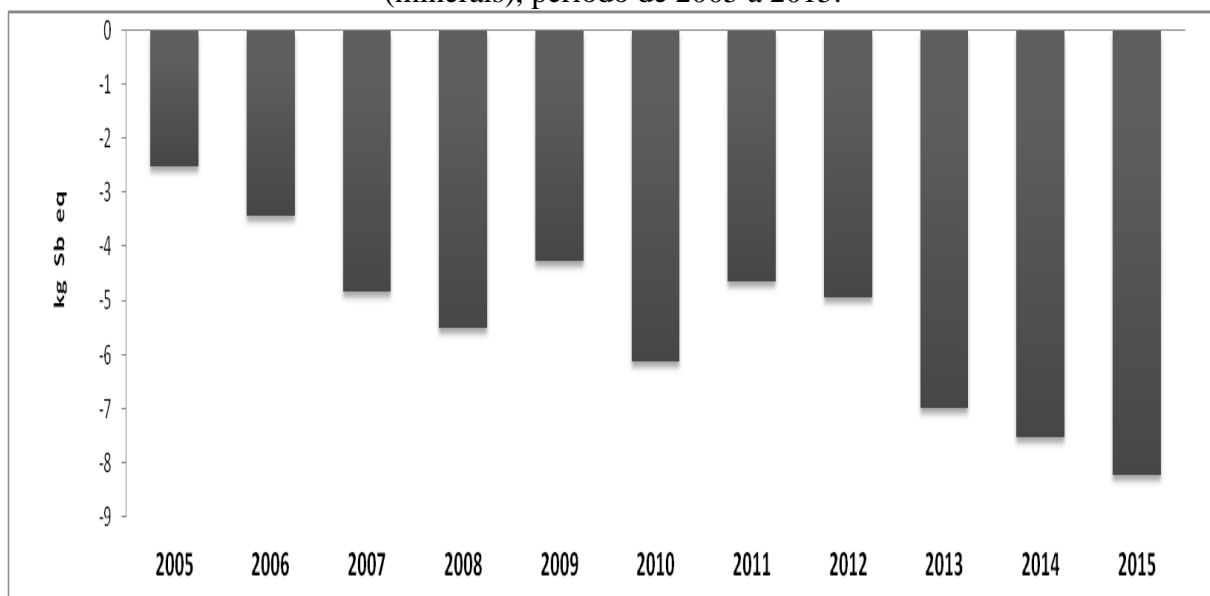
Hong et al. (2015) também analisaram a categoria ecotoxicidade aquática em água doce, constatando que as emissões contribuintes dessa categoria dobraram no cenário onde ocorria o tratamento de resíduos eletrônicos sem o descarte final apropriado para esse tipo de resíduo, comparando ao cenário com descarte final, tendo em vista a contaminação das águas por metais pesados.

#### 5.2.2.10 Categoria Depleção Abiótica

A categoria depleção abiótica é caracterizada pelo consumo dos recursos naturais não bióticos como insumos no ciclo de vida dos produtos (MONTEIRO, 2008).

Entre esses recursos estão os minerais e os combustíveis fósseis (CHEHEBE, 1998 apud MONTEIRO, 2008). Segundo Ferreira (2004), a depleção abiótica causa impactos através da redução da disponibilidade das gerações futuras terem acesso aos recursos naturais, causa pressão em recursos que os substituem e paralisação de atividades que necessitam deste recurso. Na Figura 38, pode-se observar o impacto da categoria depleção abiótica referente aos minerais.

Figura 38: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção abiótica (minerais), período de 2005 a 2015.

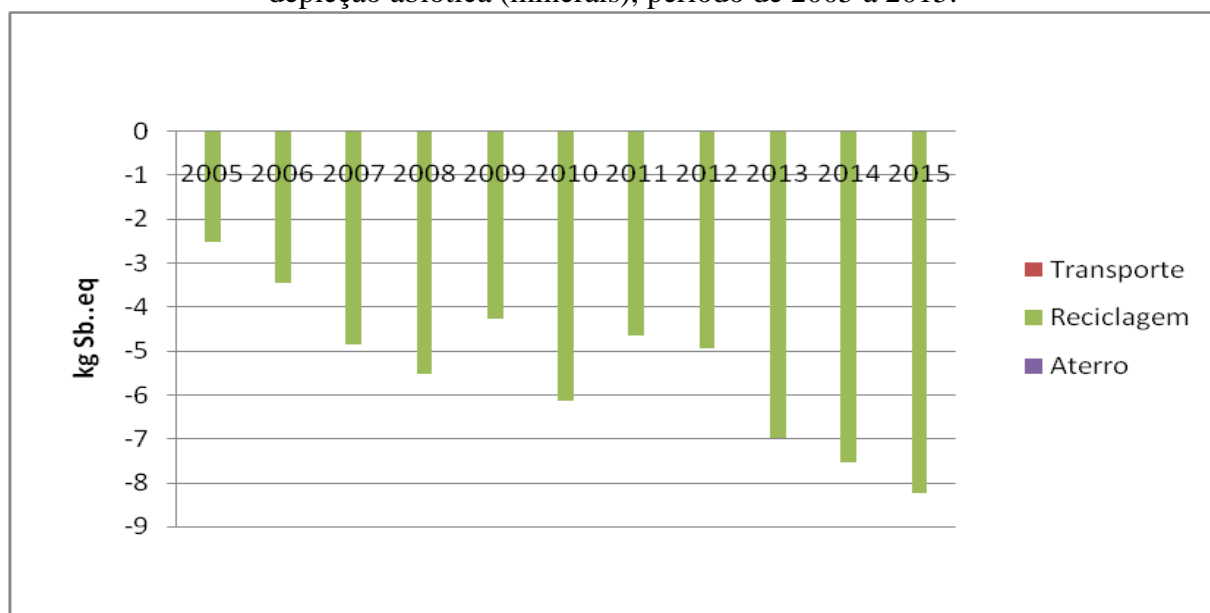


Fonte: Autora, 2017.

Verifica-se, na Figura 38, que o programa de coleta seletiva gerou contribuições negativas, ou seja, contribuiu de maneira positiva para a redução deste impacto.

Com a reciclagem dos materiais, houve uma redução no consumo de recursos naturais em todos os anos analisados (Figura 39), contribuindo desta maneira com a preservação dos recursos naturais.

Figura 39: Contribuição das etapas transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção abiótica (minerais), período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

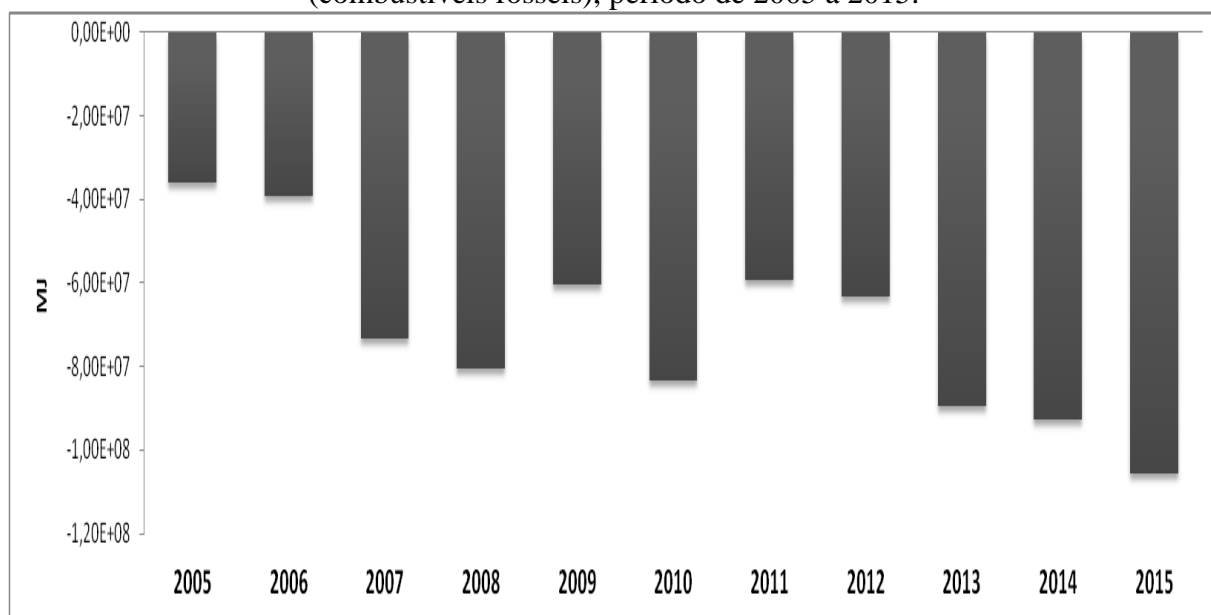
A reciclagem de materiais e a disposição dos rejeitos em aterro sanitário com recuperação de energia foi o cenário que Yay (2015) obteve as maiores contribuições líquidas negativa para a categoria de impacto depleção abiótica (minerais).

#### 5.2.2.11 Categoria Depleção Abiótica (Combustíveis Fósseis)

A caracterização da depleção abiótica de combustíveis fósseis está relacionada com o poder calorífico inferior do combustível fóssil. Os recursos que contribuem para essa categoria são: carvão, gás natural e petróleo bruto.

Essa categoria é expressa em MJ (CML, 2003 apud SOUZA, 2015). A contribuição de programa de coleta seletiva para a categoria de impacto depleção abiótica (combustíveis fósseis) no decorrer dos anos analisados pode ser observada na Figura 40.

Figura 40: Contribuição do programa de coleta seletiva para a categoria depleção abiótica (combustíveis fósseis), período de 2005 a 2015.

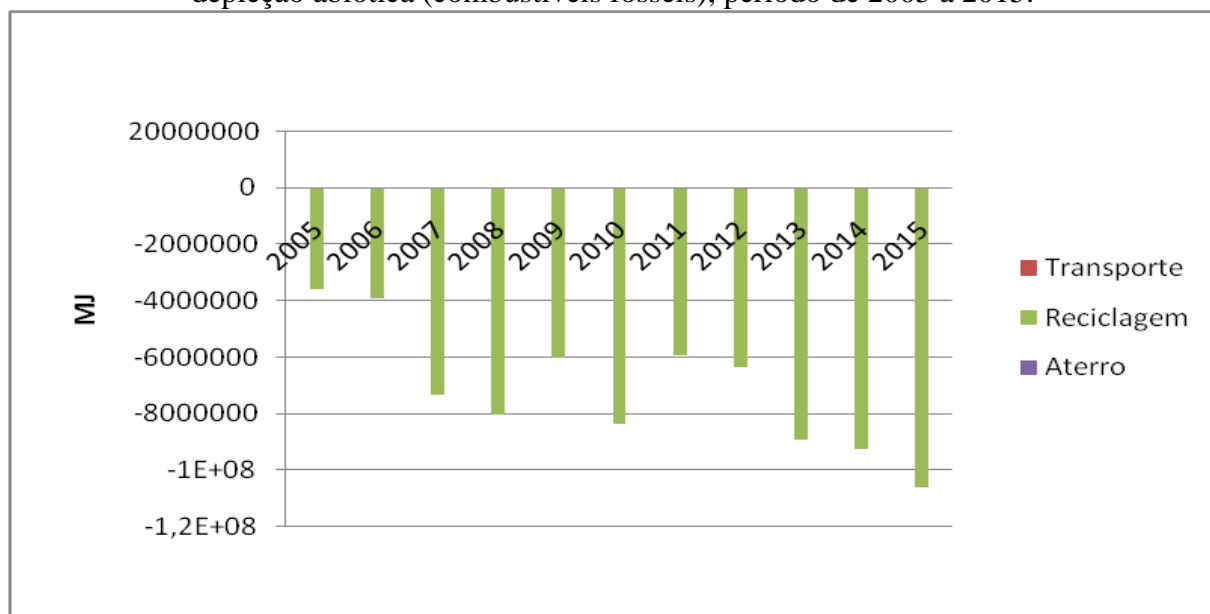


Fonte: Autora, 2017.

O programa de coleta seletiva gerou contribuições líquidas negativas para a categoria de impacto depleção abiótica (combustíveis fósseis) em todos os anos de observação (Figura 40), esse fato pode ser compreendido pelo aumento da taxa de reciclagem ao longo dos anos.

Na Figura 41, comprova-se que a etapa da reciclagem contribuiu satisfatoriamente para a presente categoria, uma vez que a mesma recupera recursos e energias na fabricação dos insumos, reduzindo a quantidade de combustíveis utilizados para a fabricação de novos produtos. Dessa forma, a etapa da reciclagem vem se tornando uma poderosa chave para o desenvolvimento sustentável tão almejado nos dias atuais.

Figura 41: Contribuição da etapa transporte, reciclagem e aterro sanitário para a categoria depleção abiótica (combustíveis fósseis), período de 2005 a 2015.



Fonte: Autora, 2017.

Yay (2015) relatou que a menor contribuição encontrada para a categoria depleção abiótica (combustíveis fósseis) foi no cenário com reaproveitamento de materiais e aterro sanitário com reaproveitamento de gases.

**6 CONCLUSÃO**

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que no que se refere ao diagnóstico realizado nos núcleos de coleta seletiva, foi observado que a maioria dos galpões possuem uma área favorável para a segregação e pesagem dos materiais recicláveis, tendo como exceção o núcleo do Cabo Branco que apresentou espaço inadequado e inexistência de cobertura, necessitando ser realocado para outro local ou reformado, de modo que os materiais coletados não sejam perdidos no período chuvoso. A divisão dos lucros com a comercialização dos materiais recicláveis é na maioria dos núcleos individual, sendo por partes iguais somente nos núcleos da associação Acordo Verde (Mangabeira e Caiq) e no núcleo do Roger.

Os preços para a comercialização em cada associação são semelhantes, sendo na maioria das vezes vendidos aos mesmos atravessadores. No núcleo Catajampa não foi informado os quantitativos coletados pela mesma, nem os preços para a comercialização. Segundo a presidente da associação o núcleo está se reestruturando, tendo em vista que antes o armazenamento dos materiais era feito nas próprias residências dos catadores, o que dificultava a quantificação e a negociação com os atravessadores.

Através da Análise do Ciclo de Vida foi possível identificar os impactos ambientais provenientes do programa de coleta seletiva no município de João Pessoa/PB, no período de 2005 a 2015. Levando em consideração o quantitativo de resíduos domiciliares coletados no referido município, verificou-se que a taxa de reciclagem destes materiais coletados ainda é baixa. Desta forma, o Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa é o principal destino dos resíduos coletados no município.

A coleta dos materiais recicláveis vem apresentando um crescimento sutil nos anos estudados (2005-2015), tendo em vista que no ano de 2005 a coleta seletiva apresentou um índice de aproximadamente 0,81 % de toda a massa coletada, tendo aumentado no decorrer dos anos, chegando a 1,58% no ano de 2015. Em todos os anos investigados, os materiais mais reciclados foram o papel/papelão; plástico e metal, este fato pode ser justificado pelo valor de venda, que de acordo com a pesquisa apresenta valores superiores ao do vidro e ferro, ficando atrás somente do preço do cobre.

Em relação aos impactos ambientais, verificou-se que o programa de coleta seletiva gerou contribuição líquida negativa, no ano de 2015, para a categoria de impacto eutrofização, nos demais anos estudados foram gerados contribuições positivas. Quando comparado as contribuições gerais para esta categoria com as etapas de transporte, aterro sanitário e da

reciclagem, a emissão gerada principalmente por  $\text{PO}_4$  nas etapas do aterro sanitário e do transporte, no ano de 2015, foram compensados pela etapa da reciclagem.

Nas categorias oxidação fotoquímica, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana e ecotoxicidade aquática marinha, foram gerados impactos ambientais, no qual a etapa de reciclagem não foi capaz de compensar as emissões dos poluentes em nenhum ano de observação. Já, nas categorias acidificação, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade aquática em água doce, depleção abiótica (minerais) e depleção abiótica (combustíveis fósseis) não foram gerados impactos para o meio ambiente, em nenhum ano de observação. Nestas categorias a etapa da reciclagem compensou as emissões geradas nas demais etapas do processo de coleta seletiva.

Desta maneira, pode-se concluir que com o crescimento da coleta seletiva no decorrer dos anos, diversos insumos foram reciclados, reduzindo a emissão de poluentes. Algumas categorias apesar de terem emitidos poluentes ao meio ambiente, foram insignificantes não ocasionando impactos ambientais. Entretanto para as categorias de oxidação fotoquímica, aquecimento global, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática marinha e eutrofização a redução de poluentes na etapa da reciclagem não foram suficientes para que estas categorias não gerassem impactos ao meio ambiente. Assim, deve-se buscar mecanismos que visem otimizar o programa de coleta seletiva do município e o reaproveitamento dos gases produzidos no aterro sanitário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABREU, M. F. **Do lixo à cidadania: estratégias para a ação**. Brasília: Caixa, 2001.
- ALENCAR, J. C. **Diagnóstico e Inventário de Ciclo de Vida do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Imperatriz - MA**. 2013. 94 f. Dissertação (Gestão e Tecnologia Ambiental) – Universidade de Santa Cruz do Sul, 2013.
- AL-SALEM, S.M.; EVANGELISTI, S.; LETTIERI, P. **Life cycle assessment of alternative technologies for municipal solid waste and plastic solid waste management in the Greater London area**. Chemical Engineering Journal, 244, 391- 402. 2014.
- ALAM, P., AHMADE, K. **Impact of solid waste on health and the environment**. Int. J. Sustain. Dev. 2, 165–168. 2013.
- ARAÚJO, M. G. **Modelo de Avaliação do Ciclo de Vida para a Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil**. 2013. 232 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- ASSEMBLEIA MUNICIPAL CONSTITUINTE. **Lei orgânica do município de João Pessoa/PB**. Plenário da Assembleia Municipal Constituinte na Casa de Napoleão Laureano em João Pessoa no Estado da Paraíba, em 02 de abril do ano de 1990. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/lei-organica-joao-pessoa-pb>. Acesso em: 28 de out. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2011. Disponível em:<[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm)>. Acesso em: 19 de jul. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2014. Disponível em:<[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm)>. Acesso em: 19 de jan. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas Público e Resíduos Especiais, 2015. Disponível em:<[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm)>. Acesso em: 11 de out. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – **Avaliação do ciclo de vida** – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.
- AZEVEDO SILVA, G. **Estimativa da Geração de Biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa através do teste BMP**. 2012. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/ PB. 2012.
- BARBOSA, P.P. **Análise de impactos ambientais da cadeia textil do algodão no espaço urbano-industrial: uma aplicação da avaliação do ciclo de vida**. 2012.120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- BANAR, M., COKAYGIL, Z., OZKAN, A. **Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey**. Waste Management v.29. p.54–62. 2009.

BAUMAN, H., TILLMAN, A. **The Hitch Hiker's Guide to LCA**. Student litteratur AB, Sweden. 2004.

BLENGINI, G.A., GARBARINO, E. **Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix**. Journal of Cleaner Production 18, p. 1021–1030. 2010.

BOVEA, M. D.; POWELL, J. C. **Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management**. Journal of environmental management. 79, 115-132, 2006.

BOGNER, J.; PIPATTI, R.; HASHIMOTO, S.; DIAZ, C.; MARECKOVA, K.; DIAZ, L.; KJELDSSEN, P.; MONNI, S.; FAAL, A.; GAO, Q.; ZHANG, T.; AHMED, M. A.; SUTAMIHARDJA, R.T.M.; GREGORY, R. **Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation)**. Waste Management. Res. 26, 11–32. 2008.

BONNER, C., **Waste pickers without frontiers: first international and third Latin American Conference of Waste-Pickers**. 2008. Disponível em: <http://www.wiego.org/sites/reports/files/WIEGO-WastePickers-Conf-Report-2008.pdf>. Acessado em: 21. Jan. 2017.

BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS, V.; GALLARDO, A.; COLOMER-MENDOZA, F. J. **Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study**. Waste Management, v. 30, p. 2383-2395, 2010.

BOVEA, M. D.; NÓBREGA, C. C.; MORAIS JUNIOR, J. A.; FONSECA, E.; LIMA, J. D. **Evolution of Environmental Performance in Waste Management in João Pessoa-Paraíba-Brazil**. In.: XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, p.11-13, 2012.

BRASIL. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm). Acessado em: 10 de fev de 2016.

\_\_\_\_\_. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acessado em: 10. fev. de 2016.

\_\_\_\_\_. Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional de Mudança Climática- PNMC**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm). Acessado em: 29 de abril de 2016.

BURNLEY, S.J., ELLIS, J.C., FLOWERDEW, R., POLL, A.J., PROSSER, H. **Assessing the composition of municipal solid waste in Wales**. Journal of resources Conservation & Recycling v. 49, p.264-283, 2007.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 2016. Disponível em: <http://www.fazfacil.com.br/artesanato/beneficios-reciclagem/>. Acesso em: 06. agost de 2016.



CAMPO, H. K. T. **Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil.** *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Guia da coleta seletiva de lixo.** 2º Ed. São Paulo, 2014.

CEMPRE. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Pesquisa ciclosoft.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: 02/jun/2017.

CHALKIAS, C., LASARIDI, K. **Optimizing municipal solid waste collection using GIS.** Athens; AG LoannouTheologu.WorldSci. Eng. Acad. Soc., 17–23, 15773.2009.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos** - Ferramenta Gerencial da ISO 14.000. Rio de Janeiro: Quality mark, 104p. 1998.

CHI, X., STEICHER-PORTE, M., WANG, M.Y.L., REUTER, M.A. **Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China.** Waste Management. V. 31, p.731–742. 2011.

CHI, Y.; DONG, J.; TANG, Y.; HUANG, Q.; NI, M. **Life cycle assessment of municipal solid waste source-separated collection and integrated waste management systems in Hangzhou, China.** *J Mater Cycles Waste Manag*, 2014.

CLIFT, R.; DOIG, A.; FINNVEDEN, G. **The application of life cycle assessment to integrated waste management.** Part 1. Methodology, Trans. IchemE 78 (B) 279–287.2000.

CML (2001), "**CML 2 baseline method**". University of Leiden, 2001.

COLTRO, L; GARCIA, E. E. C.; QUEIROZ, G. C. **Lyfe cycle inventory of electric energy system in Brazil.** Int. J. Lyfe Cycle Assment, Landsberg, v. 8, n, 5, 290 – 296p, 2003.

COOPER, J. S.; FAVA, J. A. **Life-cycle assessment practitioner survey: summary of results.** Journal of Industrial Ecology, 10(4), 12–14. 2006.

CORRÊA, R. C.; SIECCZKA, E. L. **O uso da ACV com a finalidade de tornar a obsolescência programada e/ou planejada um benefício sustentável para o cliente e para a empresa.** Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade. vol.3 n. 2, 2013.

CRUZ, M.L.F.R. **A caracterização de resíduos sólidos no âmbito da sua gestão integrada.** (Tese de Mestrado em Ciências do Ambiente no ramo de Qualidade Ambiental, Escola de Ciências) Universidade do Minho, Minho. 2005.

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

CURRAN, M. A. **Environmental life-cycle assessment.** The International Journal of Life Cycle Assessment, 1(3), 179–179.1996.

CURRAN, M.A. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. National Research Management Laboratory, United States Environmental Protection Agency, 2006.

DE ARAUJO MORAIS, Jr. **Influencedes pré-traitements mécaniqueset biologiquesdes Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) surleur comportement biophysico-chimiqueen Installation de Stockage de Déchets (ISD)**. Tese de doutorado: Institut Nacional desSciences Appliquées de Lyon, 219p. 2006.

DEN BOER, E.; DEN BOER, J.; BERGER, J; JAGER, J. **Waste management planning and optimization**. Handbook of municipal waste prognosis and sustainability assessment of waste management systems. Stuttgart: Ibidem-Verlart, 306p. 2005.

DEUTSCHE GESSELLSCHAFT FUR TECHNISCHE ZUSAMMENAR- BEIT (GTZ) **Partnerships for Recycling Management. The Waste Experts: Enabling Conditions for Informal Sector Integration in Solid Waste Management. Lessons learned from Brasil, Egypt and India**. Eschborn, 2010.

DE GIOANNIS, G.; MUNTONI, A.; CAPPAL G.; MILIA S. **Landfill gas generation after mechanical biological treatment of municipal solid waste. Estimation of gas generation rate constants**. Waste Management.v.29, p. 1026–1034. 2009.

DI MARIA, F.; MICALE, C. **Life cycle analysis of management options for organic waste collected in an urban area**. Environ SciPollut Res 22. p.248–263.2015.

ELKINGTON, J. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Capstone, 1997.

EPA- Environmental Protection Agency. **Life cycle assessment: principles and practice**. US EPA. 2006.

EPA-Environmental Protection Agency. Inventory of U.S. **Greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2012**. Fed.Regist. 79, 10143–10144. 2014.

EZEAH, C.; FAZAKERLEY, J. A.; ROBERTS, C.L. **Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries**. Waste Management. v. 33, p. 2509–2519. 2013.

FAHMI, W.S., SUTTON, K. **Cairo's Zabaleen garbage recyclers: multi-nationals' takeover and state relocation plans**. Habitat International. v. 30, p.809–837.2006.

FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos**. Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FERREIRA, S.; CABRAL, M.; da CRUZ, N. F.; SIMÕES, P.; MARQUES, R. C. **Life cycle assessment of packaging waste recycling system in Portugal**. Waste Management.2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.007>. Acessado em: 20. maio de 2015.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINEE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. **Recent developments in life cycle assessment**. J. Environ. Manage.,91, p. 1–21, 2009.

FLORES NETO, J. P.; LIMA, J.D.; QUEIROZ, M. A.; NÓBREGA, C.C. **Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa, PB.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20., 2004, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2004.

FOOLMAUN, R. K.; RAMJEEAWON, T. **Comparative life cycle assessment and social life cycle assessment of used polyethylene terephthalate (PET) bottles in Mauritius.** The International Journal of Life Cycle Assessment, V. 18, [Issue 1](#), p 155-171.2013.

GARCIA, H. R.M. **Avaliação do ciclo de vida socioambiental do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa/PB, Brasil. Estudo de caso: núcleo do Bessa.** 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2016.

GENTIL, E.C.; DAMGAARD, A.; HAUSCHILD, M.; FINNVEDEN, G.; ERIKSSON, O.; THORNELOE, S.; KAPLAN, P.O.; BARLAZ, M.; MULLER, O.; MATSUI, Y.; II, R.; CHRISTENSEN, T.H. **Models for waste life cycle assessment: review of technical assumptions.** Waste Manage. (Oxford) 30, p. 2636–2648, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOEDKOOP, M., OELE, M., EFFTING, S. **SimaPro Database Manual Methods library.** Pre Consultants, Netherlands.2004.

GOMES, H.P., NÓBREGA, C.C. **Economic viability study of a separate household waste collection in a developing country.** J Mater Cycles Waste Manag. V. 7, p.116–123. 2005.

GRETA AMBIENTAL. **Especificação da Reciclagem.** Disponível em:<<http://www.getraambiental.com.br/especificacao.php>>. Acesso em: 06. Jun. de 2016.

GUARDABASSIO, E. V. **Gestão pública de resíduos sólidos urbanos na região do grande ABC.** Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul. 2014. 249p. São Caetano do Sul, 2014.

GUERECA, L.P.; GASSÓ, S.; BALDASANO, J.M.; JIMÉNEZ-GUERRERO, P. **Life cycle assessment of two biowaste management systems for Barcelona, Spain.** Resources, Conservation and Recycling v. 49. P. 32–48, 2006.

GUIMARÃES, G. C. **Consumo sustentável para a minimização de Resíduos Sólidos Urbanos.** Dissertação de Mestrado (Centro de Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

GÜNTHER, W.M.R.; GRIMBERG, E. **Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en America Latina y el Caribe.** São Paulo: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), 2006.

GUTBERLET, J., BAEDER, A., **Informal recycling and occupational health in Santo Andre, Brazil.** International Journal of Environmental Health Research v.18, p.1–15. 2008.

GUTIERREZ, K. G. **Análise e gerenciamento de impactos ambientais no tratamento de esgoto doméstico mediante avaliação de ciclo de vida**. 2014.129f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

HAUSCHILD, M., WENZEL, H. **Environmental Assessment of Products**. Scientific background, vol. 2. Chapman & Hall, UK. 1998.

HONG, J.; SHI, W.; WANG, Y.; CHEN, W.; LI, X.; **Life cycle assessment of electronic waste treatment**. Waste Management, 38, p.357-365, 2015.

HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P., 2012. **What a Waste – A Global Review of Solid Waste Management**. World Bank, Washington DC, USA.

IBÁÑEZ-FORÉS. **Optimización del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Castellón de la Plana Mediante La Aplicación de Técnicas de Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**. 2009. 231 f. Proyecto Final de Carrera (Enginyeria Industrial) – Universitat Jaume I, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades@. João Pessoa. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada 2015 – João Pessoa**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250750&search=paraibaljoao-pessoa>>. Acessado em: 05/agosto/2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Pesquisa sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: IPEA, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA- IPEA. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**. Brasília p. 66. 2010.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos: relatório de pesquisa**. Brasília, p.77. 2012.

\_\_\_\_\_. **Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável – Brasil: relatório de pesquisa**. Brasília, p. 76. 2013.

IKUTA, F. A. **Resíduos sólidos urbanos no Pontal do Paranapanema – SP: inovação e desafios na coleta seletiva e organização de catadores**. 2010. 235 p. II. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2010.

JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. (eds.). **Política Nacional. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Manole, 2012.

JUCÁ, J. F. T. (Coord.) et al. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guarapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2014. Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/chamada\\_publica\\_residuos\\_solidos\\_Relat\\_Final.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/chamada_publica_residuos_solidos_Relat_Final.pdf)>. Acesso em: 26 out. 2016.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia Científica: teoria da ciência e iniciação**

à pesquisa. 30. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

KULAY, L. A. **Desenvolvimento de modelo de análise de ciclo de vida adequado às condições brasileiras: Aplicação ao caso do superfosfato simples**. 2000. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KULAY.L.A. **Uso da análise de ciclo de vida para comparação do desempenho ambiental das rotas úmida e térmica de produção de fertilizantes fosfatados**. 2004.314 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,2004.

KULCZYCKA, J., LELEK, L., LEWANDOWSKA, A., ZAREBSKA, J. **Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management – Comparison of Results Using Different LCA Models**. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 24, No. 1, p.125-140,2015.

LAURENT, A.; BAKAS, I.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; NIERO, M.; GENTIL, E.; HAUSCHILDA, M. Z.; CHRISTENSEN, T. H. **Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: lessons learned and perspectives**. Waste Management, v. 34, p. 573-588, 2014.

LEME, M.M.V. **Avaliação das opções tecnológicas para geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso**. 2010. 138p.Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) -Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2010.

LEVIS, J. W. & BARLAZ, M. A. **Is biodegradability a desirable attribute for discarded solid waste?perspectives from a national landfill greenhouse gas inventory model**. Environmental science&technology, 45(13), 5470–5476.2011.

LOPES, A. A. – **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, 2003. Depto de Engenharia da Universidade de São Paulo.2003.

LOU, Z.; BILITEWSKI, B.; ZHU, N.; CHAI, X.; LI, B.; ZHAO, Y. **Environmental impacts of a large-scale incinerator with mixed MSW of high water content from a LCA perspective**. Journal Environmental Sciences, 30, p. 173-179, 2015.

MAGRINI, A. **Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos**. Revista Brasileira de Energia, v. 8, n. 2, 2004.

MATOS, B. I. L. d. **Avaliação do desempenho ambiental da produção de mobiliário em Portugal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, 2012.

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

MEDINA. M. **Scavenger cooperatives in Asia and Latin America**. Resour. Conserv. Recycl., 31, p.51–69. 2000.

MEDINA, M. **The World's Scavengers: salvaging for Sustainable consumption and production**. Lanham MD: Altamira Press, 2007.

MENDES, N.C. **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil**. 2013. 149f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Carlos, 2013.

MENDES, S. **As contribuições da associação de catadores de Junqueirópolis/SP (ACAJUNQ) no processo de educação Ambiental**. 2014.164p.Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2014.

MERSONI, C. **Avaliação do ciclo de vida como técnica de apoio à decisão no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Garibaldi/RS**. 2015.152p. Dissertação (Mestrado em Engenharias e Ciências Ambientais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.

MONTEIRO, M. F. **Avaliação do ciclo de vida do fertilizante superfosfato simples**. 2008. 179f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAS RECICLÁVEIS - MNCR. **Análise do custo de geração de postos de trabalho na economia urbana para o segmento dos catadores de materiais recicláveis**. Relatório Técnico Final. Janeiro de 2006.

MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de João Pessoa**. Diagnóstico. 2014.

Disponível em:<<http://issuu.com/pmjp-online/docs/diagnostico>>. Acessado em: 28 de abril de 2016.

———. **Código Municipal de Meio Ambiente**. Lei complementar de 02 de Agosto de 2002. Disponível em:

[http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/codi\\_meio\\_ambi.pdf](http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/03/codi_meio_ambi.pdf). Acesso em: 28 de nov. 2016.

———. Lei nº 6811, de 04 de novembro de 1991. **Altera a natureza jurídica da Empresa Municipal de limpeza urbana – EMLUR e determina outras providências correlatas e complementares**. Paço da Prefeitura Municipal de João Pessoa, 1991.

———. Decreto nº 8.886, de 23 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre a política municipal de resíduos sólidos do município de João Pessoa e da outras providências**. Semanário oficial, João Pessoa, 18 a 24 de dezembro de 2016.

NETO, P. N. **Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas**. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

NICHOLS, P., HAUSCHILD, J., WAITE, P. **Impact Assessment of non Toxic Pollution in Life Cycle Assessment**. Em de Haes, H. (Ed.). Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment, (pp.63-74). Brussels, Belgium: SETAC-Europe.1996.

NREL - NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Integrated Municipal Solid Waste Management: Six Case Studies of System Cost and Energy Use. A Summary Report**. NREL/TP-430-20471. 1995.

NÓBREGA, C. C. **Viabilidade Econômica, com Valorização Ambiental e Social, de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares – Estudo de Caso: João Pessoa/PB**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

ÖZELER, D.; YETIS, Ü.; DEMIRER, G.N. **Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study**. Environment International, 32, 405 – 411, 2006.

PARAÍBA. Lei nº 9.260, de 25 de novembro de 2010. **Institui princípios e estabelece diretrizes da política estadual de saneamento básico (...) e dá outras providências**. Diário Oficial [do] Estado da Paraíba, João Pessoa, PB, 25 de nov. de 2010.

PAUL, J.G., ARCE-JAQUE, J., RAVENA, N., VILLAMOS, S.P. **Integration of the informal sector into municipal solid waste management in the Philippines—what does it need?** Waste Manage., 32, p. 2018–2028. 2012.

PHILLIPI JR. A., A.; AGUIAR, A. de. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In: PHILLIPI JR. A (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005.

PRÉ CONSULTANTS, 2013.SimaPro v. 8.0. PRé Consultants, B.V. Amersfoort, The Netherlands. 2013.

QUIRÓS, R.; GABARRELL, X.; VILLALBA, G.; BARRENA, R.; GARCÍA, A.; TORRENTE, J.; FONT, X. **The application of LCA to alternative methods for treating the organic fiber produced from autoclaving unsorted municipal solid waste: case study of Catalonia**. Journal of Cleaner Production, p. 1-13, 2014.

RAJENDRAN, S., HODZIC, A., SCELSE, L., HAYES, S., SOUTIS, C., M. ALMA’ADEED, M., and KAHRAMAN, R. **Plastics recycling: insights into life cycle impact assessment methods**. Plastics, Rubber and Composites, vol42, no 1, 10f. 2013.

RAUBER, M. E. **Apontamentos sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305, de 02/08/2010**. Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. v.4.n.4, p.01-24. 2011.

REICHERT, G. A. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo devida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. 276 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, Brasil.2013.

RIGAMONTI, L.; GROSSO, M.; SUNSERI, M. C. **Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems.** Int J Life Cycle Assess, 14, p. 411–419, 2009.

RIBEIRO, H. BESEN, G.R. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso.** Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v.2, n.4, 2006.

ROSADO, L.P; PENTEADO, C.S.G. **Avaliação dos impactos ambientais do transporte de pequenos volumes de resíduos da construção civil.** Simpósio sobre resíduos sólidos, 2015.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. **A influência dos padrões de consumo na geração de resíduos sólidos dentro do sistema urbano.** REDES, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 3, p. 5 -13, set/dez. 2008.

SANTOS, L. M. M. **Avaliação ambiental de processos industriais.** 2. ed. São Paulo: Signus Editora, 2006.

SANTOS, J.L.D. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis.** 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada, Faculdade de Ciências). Departamento de Zoologia e Antropologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2007.

SENZIGE, J. P.; MAKINDE, D.O.; NJAU, K.N.; NKANSAH-GYEKE, Y. **Factors influencing solid waste generation and composition in urban areas of Tanzania: The case of Dar-es –Salaam.** American Journal of Environmental Protection.v.3, n. 4, p.172-178, 2014.

SILVA, J. C. da. **Análise do impacto ambiental do processo de produção de Hidrogênio.** 2005. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Campinas, Campinas, São Paulo, 2005.

SOARES, S.R.; SOUZA, D.M.; PEREIRA, S. W. **A Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil.** In: Construção e Meio Ambiente. Editores: Miguel Aloysio Sattler e Fernando Oscar Ruttkay Pereira. Coleção Habitare, v. 7. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SOUTO, G. D. B., POVINELLI, J. **Resíduos Sólidos.** In: CALIJURI, M do C., CUNHA, D.G.F. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, p.565-588.2013.

SOUSA, M. J. **Avaliação do desempenho ambiental da avaliação do desempenho ambiental do sector agrícola em Portugal.** 2012.Dissertação(Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia- Universidade Nova de Lisboa, 2012.

SOUZA, L. L. P. D. **Avaliação do ciclo de vida do sistema veículo/combustível no Brasil.** 150p. 2015.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) –Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

SONNEMANN, G. (Project officer). JENSEN, A. A.; REMMEN, A. **Background report for a UNEP guide to Life Cycle Management – A bridge to- sustainable products.** 2006.



SONG, Q.; WANG, Z.; LI, J. **Environmental performance of municipal solid waste strategies based on LCA method: a case study of Macau.** Journal of Cleaner Production 57, 92-100, 2013.

SUTHAR, S.; SINGH, P.; "Household solid waste generation and composition in different family size and socio-economic groups: a case study," Sustainable Cities and Society, vol. 14, pp. 56-63, 2015.

TANG, Y.; MA, X.; LAI, Z.; CHEN, Z. **Energy Analysis and Environmental Impacts of a MSW Oxy-fuel Incineration Power Plant in China.** Energy Policy, 60, p. 132–141, 2013.

TAVARES, V. S. R. **Análise de Ciclo de Vida dos RU em Destino Final. Caso de Estudo: Aterros e Incineradoras de Portugal.** 2013.105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 2013.

TARANTINI, M.; LOPRIENO, A.D.; CUCCHI, E.; FRENQUELUCCI, F. **Life Cycle Assessment of waste management systems in Italian industrial areas: Case study of 1stMacrolotto of Prato.** Energy 34, p.613-622, 2009.

TRENTIN, A. W. S. **Diagnóstico e avaliação do ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Santa Cruz do Sul-RS.** 2015.114f. Dissertação (Mestrado em Gestão e tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.

TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues.** Civil Engineering series. McGraw-Hill International Editions, United States of America.1993.

VERGARA, S.E., TCHOBANOGLOUS, G. **Municipal solid waste and the environment: a global perspective.** Ann. Rev. Environ. Res. 37, 277–309.2012.

WALDMAN, M. **Mais Água, Menos Lixo: reciclar ou repensar?** (2003). Disponível em:<[http://mw.pro.br/mw/geog\\_mais\\_agua\\_menos\\_lixo.pdf](http://mw.pro.br/mw/geog_mais_agua_menos_lixo.pdf)>. Acesso em: 06/Agosto/ 2016.

WILSON, D., VELIS, C., CHEESEMAM, C. **Role of informal sector recycling in waste management in developing countries.** Habitat International. v.30, p. 797–808.2006.

WILSON, D., ARABA, A., CHINWAH, K., CHEESEMAM, C. **Building recycling rates through the informal sector.** Waste Management. v. 29, p.629–635.2009.

WOLF, M. National LCA Databases: status and ways towards interoperability. Maki Consulting: Berlin, 2014.

WOMEN IN INFORMAL EMPLOYMENT: GLOBALIZING AND ORGANIZING - WIEGO. Samson, M. (Ed.). **Refusing to be Cast Aside: Waste Pickers Organizing Around the World.** Cambridge, Wiego, 2009.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF) Brasil.Conheça os benefícios da coleta seletiva (2008). Disponível em:< <http://www.wwf.org.br/?uNewsID=14001>>. Acesso em: 06agosto/2016.

YASSIN, L., LETTIERI, P., SIMONS, S.R.J., GERMANÀ, A. **Techno-economic performance of energy-from-waste fluidized bed combustion and gasification processes in the UK context.** Chem. Eng. J. 146 (3) p. 315–327.2009.

YAY, A.S.E. **Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya.** Journal of Cleaner Production, 94, 284 - 293. 2015.

ZAMAN, A. U. **Life cycle assessment of pyrolysis–gasification as an emerging municipal solid waste treatment technology.** Int. J. Environ. Sci. Technol. 10, 1029–1038, 2013.

ZIA, H., DEVADAS, V., SHUKLA, S. **Assessing informal waste recycling in Kanpur City, India.** Management of Environmental Quality. v. 19, p. 597–612. 2008.

ZURBRUGG, Chris. **Solid Waste Management in Developing Countries.** SANDEC/EAWAG. 2003.

## APÊNDICES A- Questionário aplicado aos presidentes das associações



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – PPGECA



### INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

#### Presidente das Cooperativas/Associações dos núcleos de coleta seletiva

Entrevistador: \_\_\_\_\_ Data da entrevista: \_\_\_\_\_

1. Identificação: Cooperativa/Associação: \_\_\_\_\_

1.1 Contato: \_\_\_\_\_

1.2 Idade: \_\_\_\_\_

1.3 Sexo:

( ) Feminino

( ) Masculino

1.4 Naturalidade: \_\_\_\_\_

1.5. Onde mora?

( ) Nas proximidades do aterro

( ) Bairro / comunidade: \_\_\_\_\_

( ) Outra cidade: \_\_\_\_\_

1.6 Faixa etária (idade):

( ) menor de 18 anos

( ) 18 a 27 anos

( ) 28 a 36 anos

( ) 37 a 45 anos

( ) 46 a 54 anos

( ) 55 a 63 anos

( ) mais de 63 anos

1.7 Números de dependentes

( ) 0 a 3

( ) 4 a 6

( ) 7 a 9

( ) mais de 9

1.8 Números de filhos:

( ) 0

( ) 1 a 4

( ) 5 a 8

( ) mais de 8

## 2. Escolaridade

### 2.1. Estuda:

☐ Sim

☐ Não

### 2.2 Nível de escolaridade:

☐ Analfabeto

☐ Ensino fundamental completo

☐ Alfabetizado

☐ Ensino médio incompleto

☐ Ensino fundamental incompleto

☐ Ensino médio completo

## 3. Trabalho

3.1. Há quanto tempo trabalha na catação: \_\_\_\_\_

3.2 Tempo de trabalho na associação/cooperativa: \_\_\_\_\_

3.3. Qual era sua ocupação antes de fazer parte da associação /cooperativa? \_\_\_\_\_

3.4. Qual atividade você realiza na associação/cooperativa? \_\_\_\_\_

3.5. Quantas horas por dia trabalha na catação? \_\_\_\_\_

3.6. Quantos dias por semana? \_\_\_\_\_

3.7. Por que trabalha na catação?

☐ Desemprego

☐ Complementar renda da família

☐ Sem qualificação para outro trabalho

☐ Outro: \_\_\_\_\_

3.8. Quais as vantagens em fazer parte de uma associação/cooperativa?

---

---

3.9. Quem mantém o galpão de triagem?

---

---

3.10. Quantos associados atuam na catação dos materiais recicláveis?

---

3.11. Quais os bairros contemplados pela coleta seletiva neste núcleo?

---

---

**3.12.** Que tipo de material coleta e por quanto vende:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| <input type="checkbox"/> Alumínio      | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Cobre         | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Ferro         | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Papel         | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Papelão       | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Vidro         | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Plástico mole | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Plástico duro | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Plástico PVC  | Valor do Kg:_____ |
| <input type="checkbox"/> Plástico PET  | Valor do Kg:_____ |

**3.13.** Para quem vendo o material?

- |   |            |
|---|------------|
| <input type="checkbox"/> Sucateiro      | Nome:_____ |
| <input type="checkbox"/> Atravessadores | Nome:_____ |

**3.14.** Tem equipamento de proteção individual (EPI)?

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

**3.14.1.** Se sim, usa EPI durante o trabalho?

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|------------------------------|------------------------------|

**3.14.2.** Que tipo de EPI?

- |                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Luvas | <input type="checkbox"/> Óculos       |
| <input type="checkbox"/> Bota  | <input type="checkbox"/> Boné         |
| <input type="checkbox"/> Farda | <input type="checkbox"/> Outros:_____ |

**3.15.** Quanto ganha por semana com a catação? \_\_\_\_\_

**3.16.** Como é realizada a divisão dos lucros da comercialização dos materiais?

\_\_\_\_\_

**3.17** A EMLUR oferece algum suporte para o desenvolvimento da atividade?

\_\_\_\_\_

**3.18.** Quais os equipamentos existentes no núcleo para o desenvolvimento da atividade?

\_\_\_\_\_

**3.19.** Tem conhecimento do seu trabalho com educação ambiental?

☐ Sim

☐ Não

**3.20.** Tem conhecimento do código brasileiro de ocupação (CBO) do catador?

☐ Sim

☐ Não

#### *4. Situação Familiar*

**4.1.** Têm familiares trabalhando na catação?

☐ Sim

☐ Não

**4.1.1.** Quem?

☐ Pai

☐ Mãe

☐ Filhos

☐ Irmãos

☐ parentes

**4.2.** Tem filhos menores trabalhando na catação?

☐ Sim

☐ Não

**4.3.** Eles estudam?

☐ Sim

☐ Não

**4.4.** Sua família recebe bolsa família?

☐ Sim

☐ Não

**4.4.1.** Sua família recebe outro programa do governo?

☐ Sim

☐ Não

Qual: \_\_\_\_\_

**4.5.** Paga sua Previdência Social (INSS)?

☐ Sim

☐ Não

**4.5.1** Gostaria de pagar?

☐ Sim

☐ Não

**4.6. Qual é a renda da família:**

- ☐ até um salário mínimo                      ☐ 2 a 3 salários mínimos  
☐ de 1 a 2 salários mínimos                      ☐ mais de 3 salários mínimos

**4.7. Tem pessoa com deficiência/idoso na família?**

- ☐ Sim    ☐ Não

**4.7.1 Se sim, recebe benefício do INSS (BPC)?**

- ☐ Sim    ☐ Não

**5. Saúde**

**5.1. Apresenta algum problema de saúde?**

- ☐ Sim    ☐ Não

**5.1.1. Se sim, qual:**

- ☐ Dores articulares                      ☐ Dores nas pernas                      ☐ Outras: \_\_\_\_\_  
☐ Dores na coluna                      ☐ Alergia

**5.2. Já contraiu alguma doença devido ao trabalho na catação?**

- ☐ Sim    ☐ Não

**5.2.1. Que tipo: \_\_\_\_\_**

**5.3. Quais vacinas que já tomou por trabalhar na catação?**

- ☐ Tétano                                      ☐ Hepatite                                      ☐ Nunca tomou  
☐ Outra(s), qual(is)? \_\_\_\_\_

**6. Moradia**

**6.1 A moradia é:**

- ☐ Própria                      ☐ Financiada                      ☐ Alugada                      ☐ Cedida

( ) Outro:\_\_\_\_\_

**6.2** A sua casa é feita de:

( ) Tijolo      ( ) Taipa      ( ) Madeira      ( ) Papelão      ( ) Outros:\_\_\_\_\_

**6.3** A sua casa possui:

- ( ) Energia elétrica clandestina      ( ) Rede de esgoto – CAGEPA  
( ) Energia ligada pela ENERGISA      ( ) Fossa  
( ) Água tratada – CAGEPA      ( ) Esgoto a céu aberto  
( ) Banheiro

*7. Quais as dificuldades enfrentadas para a realização do seu trabalho?*

---



## ANEXO A – Certidão de Aprovação do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

### CERTIDÃO

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou por unanimidade na 2ª Reunião realizada no dia 23/03/2017, o Projeto de pesquisa intitulado: **“AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA D PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA – PB, BRASIL”**, da pesquisadora Wanessa Alves Martins. Prot. nº 069/17. CAAE: 64852117.8.0000.5188.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à apresentação do relatório final do estudo proposto à apreciação do Comitê.

  
Andrea Márcia da C. Lima  
Rég. SIAPE 11173/0  
Secretária do CEP-CCS-UFPB