

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA
CIDADE DO RECIFE-PE A PARTIR DE INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE**

AMANDA RODRIGUES SANTOS COSTA

Orientadora: Prof. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir

Co-orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

RECIFE – PE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

AMANDA RODRIGUES SANTOS COSTA

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA
CIDADE DO RECIFE-PE A PARTIR DE INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir

Co-orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

RECIFE - PE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C837a Costa, Amanda Rodrigues Santos
Análise da gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade do Recife-PE a partir de indicadores de sustentabilidade / Amanda Rodrigues Santos Costa. – 2017.
88 f. : il.

Orientadora: Soraya Giovanetti El-Deir.
Coorientador: José Fernando Thomé Jucá.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Gerenciamento 2. Mensuração 3. Análise multivariada
4. Pegada ecológica I. El-Deir, Soraya Giovanetti, orient. II. Jucá, José Fernando Thomé, coorient. III. Título

CDD 628

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**ANÁLISE DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DO RECIFE-
PE A PARTIR DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE**

Amanda Rodrigues Santos Costa

APROVADO EM: ____ DE _____ DE 2017

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (PPEAMB/UFRPE)

Examinador Interno

Prof. Dr. Eduardo Antônio Maia Lins (IFPE)

Examinador Externo

Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir (PPEAMB/UFRPE)

Orientadora

Prof. Dr. Vicente de Paula Silva (PPEAMB/UFRPE)

Coordenador

Dedico este trabalho a Deus, razão de tudo.

À minha família, motivação diária de orgulhá-los é o que me move.

A meus amigos, pela parceria na vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que iluminou o meu caminho durante essa trajetória e o faz sempre.

Sou eternamente grata também à minha família, meus pais, irmão, avó, tios, primos e todos que fazem parte da minha grande e amada família. Pelo incentivo diário, recursos e motivações para sempre buscar o melhor na minha carreira profissional. Agradeço a eles também por sempre mostrarem o caminho certo e pelos conselhos nos momentos de decisões. São os principais responsáveis por esta conquista.

À minha orientadora Profa. Soraya Giovanetti El-Deir, pela dedicação ao trabalho e pela oportunidade de crescimento profissional. Agradeço também ao meu co-orientador Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá pela oportunidade da parceria para a concretização da pesquisa. Agradeço também ao Prof. Dr. Paulo José Duarte pelas orientações com o estudo da estatística, meus sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos, pela amizade, companheirismo, conselhos, momentos de descontração e boas risadas, que fazem os dias mais leves e felizes. Especial agradecimento às amigas da UFRPE pelo convívio diário, Alcione, Sara e Thaís.

A nossa querida Nana, secretária do departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, pela dedicação ao exercício de suas funções e por ser tão prestativa; e a Walquíria, pela atenção e eficiência a sua função, grata por todos os conselhos e orientações.

RESUMO

A gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos são atividades diretamente relacionadas à sustentabilidade, por envolver aspectos ligados às questões ambientais e socioeconômicas. A operacionalização do desenvolvimento sustentável na gestão destes resíduos está atrelada ao uso de mecanismos de mensuração de todas as dimensões envolvidas. Indicadores de Sustentabilidade podem funcionar para estes fins na medida em que agregam e quantificam informações buscando avaliar a sustentabilidade. O objetivo deste trabalho foi estudar indicadores de sustentabilidade a partir da qualificação gravimétrica e da quantificação volumétrica dos resíduos sólidos da cidade do Recife-PE, buscando determinar *clusters*, para dar suporte a um modelo de gestão mais sustentável. Para isso, determinou-se através do estudo bibliométrico os indicadores de sustentabilidade adequados para aplicação na gestão de resíduos sólidos urbanos; os dados volumétricos e gravimétricos dos resíduos de vidro, dos plásticos PEAD, PVC e PET, do isopor, do jornal/revista, do têxtil, do metal e do papel/papelão do município do Recife-PE foram transpostos para parâmetros de sustentabilidade, nos quais foram realizadas análises estatísticas para levantamento de inferências; foram analisadas políticas nacionais para apontar indícios da presença dos indicadores como proposta metodológica. Os resultados demonstraram que a pegada ecológica foi o indicador apropriado para ser aplicado no estudo. Desta forma, os dados quantitativos e qualitativos dos resíduos foram utilizados para se obter os valores de pegada ecológica e a partir destes fez-se análise de componentes principais e agrupamento hierárquico. A análise multivariada mostrou que as variáveis relacionadas aos plásticos compõem com maior intensidade a componente que explicou a porcentagem majoritária de variância dos dados de Pegada, seguida dos resíduos de vidro e metal, o resíduo têxtil e papel/papelão. A análise de Agrupamento formou cinco subgrupos semelhantes entre si e distintos dos demais, sendo os subgrupos influenciados pelos maiores ou menores valores de pegada para o conjunto dos materiais. A avaliação da legislação ambiental, orientadora de políticas públicas para os resíduos sólidos urbanos no país, não evidencia a presença dos indicadores de sustentabilidade como proposta metodológica para a gestão. Desta maneira, a utilização dos indicadores de sustentabilidade, notadamente a Pegada Ecológica, pode constituir uma ferramenta de auxílio à construção de modelos setoriais de gestão de resíduos sólidos urbanos, de maneira a observar particularidades e características de cada região referentes ao impacto ambiental que os resíduos gerados podem causar. Neste sentido, o presente estudo busca delinear possíveis novas inferências para melhoria do gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos.

Palavras-chave: Gerenciamento; Mensuração; Análise multivariada; Pegada ecológica.

ABSTRACT

The management of solid urban waste is an activity directly related to sustainability, since it involves aspects related to environmental, social and economic issues. The operationalization of sustainable development in the management of this waste is linked to the use of measurement mechanisms of all dimensions involved. Sustainability indicators can work for these purposes as they aggregate and quantify information seeking to assess sustainability. The objective of this work was to study sustainability indicators based on the gravimetric qualification and volumetric quantification of solid waste in the city of Recife, Brazil, in order to determine clusters to support a more sustainable management model. For this, the bibliometric study determined the adequate sustainability indicators to be studied in the context of solid urban waste management; Afterwards, the volumetric and gravimetric data of the waste glass, HDPE, PVC and PET plastics, Styrofoam, newspaper / magazine, textile, metal and paper / cardboard from the city of Recife-PE were transposed to sustainability parameters, in which statistical analyzes were carried out to collect inferences; National policies were also analyzed to point indications of the presence of indicators as a methodological proposal. The results showed that the ecological footprint was the most appropriate indicator to be applied in the study. In this way, the quantitative and qualitative data of the residues were used to obtain the ecological footprint values and from them the main components analysis and hierarchical grouping were done. The multivariate analysis showed that the variables related to plastics compose with greater intensity the component that explained the majority of variance of the Footprint data, followed by glass and metal residues, later the textile waste and paper / cardboard. The Grouping Analysis formed five subgroups similar to each other and distinct from the others, and the subgroups formed were influenced by the higher or lower footprint values for the set of materials. The evaluation of environmental legislation, which guides public policies for solid urban waste in the country, does not evidence the presence of sustainability indicators as a methodological proposal for management. In this way, the use of sustainability indicators, notably the Ecological Footprint, can be a tool to assist the construction of sectoral solid waste management models, so as to observe particularities and characteristics of each region regarding the environmental impact that wastes can cause. In this sense, the present study seeks to outline possible new inferences to improve the management of solid waste.

Key words: Management; Measurement; Multivariate analysis; Ecological footprint.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma dos indicadores gerenciais de entrada (<i>input</i>) e de saída (<i>ouput</i>) para resíduos sólidos urbanos.....	18
Figura 2. Organograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.	20
Figura 3. Frequência das publicações entre 2010 e 2016 para as palavras-chave “indicadores de sustentabilidade” e “resíduo sólido”, na <i>Web of Science</i>	30
Figura 4. Número de artigos da produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade” associado à “resíduos sólidos”, por país, na <i>Web of Science</i>	31
Figura 5. Periódicos mais representativos na publicação de artigos sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado a “resíduos sólidos”, entre 2011 e 2016, na <i>Web of Science</i>	32
Figura 6. Número de artigos da produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado à “resíduos sólidos”, por área do conhecimento, na <i>Web of Science</i>	33
Figura 7. Produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado a “resíduos sólidos”, por autores com trabalhos publicados na <i>Web of Science</i> , entre 2010 e 2016	34
Figura 8. Pegada ecológica dos materiais para cada setor de coleta estudado	39
Figura 9. Dispersão amostral das variáveis vidro, PEAD, PVC, PET, isopor e metal por ilustração <i>box plot</i>	42
Figura 10. Dispersão amostral das variáveis jornal/revista, têxtil, papel/papelão por ilustração <i>box plot</i>	43
Figura 11. Relação entre a renda domiciliar e a Pegada dos resíduos têxteis para os setores selecionados.....	45
Figura 12. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica nas duas primeiras componentes principais	47
Figura 13. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados nas duas primeiras componentes principais	48
Figura 14. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica entre a segunda e terceira componentes principais	49
Figura 15. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados entre a segunda e terceira componentes principais	49
Figura 16. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica entre a primeira e terceira componentes principais.....	50
Figura 17. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados entre a primeira e terceira componentes principais	51

Figura 18. Dendrograma dos setores de coleta da cidade de Recife-PE agrupados quanto a Pegada ecológica de materiais selecionados	53
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Indicadores de Sustentabilidade e respectivas metodologias	16
Quadro 2. Identificação e caracterização dos 31 setores de coleta selecionados da cidade do Recife-PE.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Trabalhos mais citados dentro da produção científica sobre indicadores de sustentabilidade associado à resíduos sólidos no período entre 2011 e 2016, na <i>Web of Science</i>	34
Tabela 2. Classificação dos artigos por presença de indicadores selecionados.....	35
Tabela 3. Pegada Ecológica dos materiais mais comuns no fluxo dos resíduos sólidos urbanos	38
Tabela 4. Análise Descritiva da Pegada ecológica por tipo de material.....	41
Tabela 5. Correlação entre as Pegadas Ecológica dos materiais e a densidade populacional e renda domiciliar.....	44
Tabela 6. Proporção e proporção acumulativa da variância explicada por cada componente principal.....	46
Tabela 7. Cargas fatoriais das variáveis para as componentes principais selecionadas.....	46
Tabela 8. Comparação entre diferentes metodologias para formação de grupos dos setores de coleta urbana da cidade de Recife-PE.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise de Ciclo de Vida
BIP	Índice de Biodiversidade e Parceria
Cempre	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CP	Componentes Principais
CV	Coefficiente de Variação
DP	Desvio Padrão
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
Emlurb	Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
Gha	<i>Hectar Global</i>
GNP	<i>Gross National Product</i>
GRS	Grupo de Resíduos Sólidos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPA	Índice de Performance Ambiental
IPV	Índice Planeta Vivo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISA	Índice de Sustentabilidade Ambiental
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
Kg	Kilograma
Km²	Quilômetros quadrado
m³	Metro cúbico
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade

PE	Pegada Ecológica
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PET	Poliétileno Tereftalato
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PVC	Policloreto de Vinila
RMR	Região Metropolitana do Recife
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
T	Tonelada
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
WoS	<i>Web of Science</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	2
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1	A problemática dos resíduos sólidos urbanos.....	3
3.2	Definições e caracterização dos resíduos sólidos	5
3.3	Parâmetros conceituais da gestão de resíduos	7
3.4	Legislação	9
3.5	Indicadores.....	11
3.5.1	Definições e características dos indicadores de sustentabilidade	13
3.5.2	Indicadores para resíduos sólidos	17
4.	METODOLOGIA.....	20
4.1	Procedimentos metodológicos da pesquisa	21
4.2	Módulo I: Definição dos Indicadores de sustentabilidade para a gestão de RSU.....	21
4.2.1	Estudo bibliométrico.....	21
4.2.2	Definição dos indicadores de sustentabilidade	22
4.3	Módulo II: Análise Multivariada dos dados	23
4.3.1	Origem dos dados	23
4.3.2	Tratamento Estatístico	25
4.3.2.1	Análise de Componentes Principais	26
4.3.2.2	Agrupamento	26
4.4	Módulo III: Discussão de políticas públicas para RSU a partir de indicadores de sustentabilidade.....	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	Módulo I: Estudo bibliométrico e definição dos indicadores de sustentabilidade para RSU.....	29
5.1.1	Estudo Bibliométrico	29
5.1.2	Definição dos indicadores de sustentabilidade	35
5.2	Módulo II: Análise Multivariada dos dados	37
5.2.1	Pegada Ecológica por setor dos materiais selecionados	37
5.2.2	Análise descritiva dos dados.....	41
5.2.3	Análise dos componentes principais.....	45
5.2.4	Análise de agrupamento	52

5.3	Módulo III: Discussão de políticas públicas a partir de indicadores de sustentabilidade.....	56
6.	CONCLUSÃO.....	60
7.	RECOMENDAÇÕES.....	62
	REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

Pensar em desenvolvimento sustentável é equilibrar o progresso econômico com outras metas que busquem atingir a sustentabilidade, a qual trata de compatibilizar o crescimento econômico com a preservação ambiental e justiça social. Apesar de ser um conceito entendido intuitivamente por todos, mostra-se difícil de ser expresso de forma concreta e operacional (BRIASSOULIS, 2001).

Nesse sentido, o surgimento de medições torna-se indispensável, tal como os indicadores, cujo papel como ferramenta é agregar e quantificar informações de um modo que o significado fique mais aparente, simplificando informações sobre fenômenos complexos, tentando melhorar com isso o processo de comunicação. (PEREIRA, 2008; KEMERICH et al., 2014).

Indicadores de sustentabilidade, por sua vez, funcionam como ferramenta de medição, os quais, através da comparação entre a situação atual e a sustentável, refletem até que ponto os objetivos propostos para o meio ambiente estão sendo cumpridos. Estes indicadores podem auxiliar na descrição das condições de sistemas complexos e interdependentes; dependendo dos mecanismos de monitoramento, facilitam a avaliação de desempenho de políticas sustentáveis; além de alertar a sociedade para mudanças nos sistemas sociais, culturais, econômicos e ambientais (PEREIRA, 2008).

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), exatamente por envolver aspectos ligados às questões ambientais, sociais e econômicas, está diretamente atrelada à sustentabilidade (MILANEZ, 2002). Esses resíduos, produzidos em grande quantidade devido à expansão tecnológica e a padrões inadequados de consumo, são um dos principais contribuintes da crise ambiental, por representarem desperdício de matéria e energia e pelos impactos ambientais e sociais relacionados à disposição final inadequada dos mesmos (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

Estes resíduos, caso não geridos de forma sustentável, acumulam-se no meio, afetando os ecossistemas, a biocenose, o biótopo e a qualidade ambiental. Podem ser danosos à saúde pública e ao bom funcionamento do ambiente, afetando diretamente as condições adequadas de vida e saúde dos seres vivos. Nesse contexto, os indicadores de sustentabilidade buscam sistematizar informações e avaliar os sistemas de gestão, auxiliando na orientação de políticas públicas, bem como no monitoramento destas, e na tomada de decisão dos gestores. O presente estudo pretendeu agregar valor aos modelos de gestão dos resíduos sólidos, que atualmente são baseados em dados de volumetria e gravimetria, trazendo novas informações para promoção de modelos mais sustentáveis.

2. OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo geral estudar indicadores de sustentabilidade a partir da qualificação gravimétrica e da quantificação volumétrica dos resíduos sólidos da cidade do Recife-PE, buscando determinar a partir destes o grau de similaridade entre sub-regiões da cidade através da determinação de *clusters*, visando dar suporte para um modelo de gestão sustentável.

Os objetivos específicos a ser alcançados foram:

- Analisar o estado da arte dos indicadores de sustentabilidade, verificando a aderência destes ao tema resíduos sólidos;
- Transpor dados volumétricos e gravimétricos para indicadores de sustentabilidade, buscando, a partir destes, o estabelecimento de *clusters* e similaridades;
- Analisar legislações nacionais enquanto políticas públicas relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos a partir da presença de indicadores de sustentabilidade, visando à identificação destes como proposta metodológica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Busca apresentar as bases teóricas que fundamentaram a pesquisa. O conteúdo consiste em explicar a problemática envolvendo os resíduos sólidos urbanos; os conceitos e a caracterização dos resíduos e da gestão e do gerenciamento integrado; bem como as legislações relacionadas a estes temas. Nesta seção pretende-se também tratar dos indicadores de sustentabilidade e a relação destes com os resíduos sólidos urbanos.

3.1 A problemática dos resíduos sólidos urbanos

O crescimento populacional e a aceleração da urbanização, ao longo do tempo, mudaram a dinâmica da relação entre o homem e a natureza. Odum (1988) considera que estes fatores, especialmente a partir do século XX, promoveram mudanças no planeta mais do que qualquer outra atividade antrópica. Nesse contexto, as cidades estão no foco da problemática ambiental, pois a concentração dos seres humanos e o processo de dominação do espaço urbano aceleram a degradação do meio (PEREIRA, 2012). No entanto, uma análise histórica a cerca do surgimento das cidades e da gestão de resíduos sólidos evidencia que esta não é uma discussão exclusiva da contemporaneidade.

As primeiras comunidades humanas surgiram com a popularização da prática da agricultura, ocorrida no período pré-histórico, conhecido como Neolítico. Neste, homens nômades que praticavam a caça, pesca e coleta de vegetais, passaram a conviver em comunidades agrícolas. A produção não absorvida pela economia de subsistência passou a dar base a estruturação do escambo. Desta forma, as cidades surgem devido ao início do comércio e da manufatura especializada, com o acréscimo da produção agrícola de alimentos. Estas passam a ser uma localidade de afirmação de novas relações de poder (RÊGO, 2012).

As cidades continuaram transformando-se. Porém, com a Revolução Industrial no século XVIII, este processo foi acelerado através da industrialização. Iniciou-se a urbanização, provocando um êxodo do homem do campo para as cidades. Nesta época, o avanço da medicina favoreceu o crescimento populacional e o conseqüente aumento da expectativa de vida (op. cit.). A partir de então, os impactos ambientais passaram a ter um grau de magnitude alto, devido à intensidade das atividades antrópicas sobre o meio e à pressão sobre os recursos naturais, aumentando a geração de resíduos e os problemas no descarte e na apropriação dos recursos naturais.

A cultura das comunidades, aliada ao progresso tecnológico, ao nível econômico, assim como aos valores individuais, apresentam relação com os elevados padrões de consumo (MUCELIN; BELLINI, 2008). Este padrão, juntamente aos aspectos da descartabilidade e obsolescência programada¹, atesta um estado de insustentabilidade, uma vez que resulta em maior produção de resíduos e incentiva o desperdício, acarretando problemas relacionados à disposição final, submetendo os ecossistemas a uma pressão incessante (GODECKE et al., 2012).

Segundo Echegaray e Afonso (2014), existe um dilema na sociedade moderna em relação à solução das questões ambientais que versa sobre a escolha entre mudanças comportamentais ou a confiança em saídas tecnológicas. Esta última, apesar de reconhecida como parte importante do processo, não é suficiente para tratar o problema como um todo, havendo a necessidade de incluir as dimensões cultural e social. Tal fato contribui para a emergência de um consumo consciente, dentro de um contexto de mudanças de valores e de estilo de vida.

No primeiro momento, a solução para a geração de resíduos era considerada simples, pois bastava descartá-los nas áreas mais distantes dos centros urbanos, fora do alcance da população. A partir do avanço da tecnologia e da ciência, proporciona-se uma diferente compreensão sobre a gestão de resíduos sólidos, focado na busca da melhor qualidade do meio e da saúde para o homem (PEDROSA; NISHIWAKI, 2014). Entretanto, ainda há realidades onde as soluções para os problemas ambientais seguem a lei do menor esforço, ou seja, eliminação dos efeitos negativos através do simples afastamento do poluente gerado, da diluição ou da dispersão (ALBUQUERQUE, 2009).

Ao longo do tempo, os parâmetros quantitativos e qualitativos dos resíduos sofreram alterações; no entanto, o modo de geri-los não tem acompanhado tais mudanças (SANTIAGO; DIAS, 2012). Quando dispostos de forma inadequada, os resíduos sólidos podem acarretar poluição do ar, degradação do solo, contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelo chorume produzido decorrente da degradação da matéria orgânica e intensificação de enchentes. Também pode provocar o aumento da incidência de doenças causadas por vetores que se proliferam com o acúmulo do lixo, catação em condições

¹ Segundo Vieira e Rezende (2014), consiste na estratégia utilizada por fabricantes que programam para que a vida útil dos produtos de consumo tenha tempo determinado, reduzido, com o objetivo de incentivar a compra de novos bens dentro de um curto período de tempo.

insalubres na rua e em áreas de disposição, levando até a prejuízos turísticos (COUTINHO et al., 2011; JACOBI; BESEN, 2011).

Para combater tais efeitos, faz-se necessário o conhecimento aprofundado dos conceitos e características dos resíduos, a origem e grau de periculosidade, a fim de que se construam ações e políticas estruturadas, com vistas a reduzir a geração destes, o reaproveitamento e melhor gestão dos mesmos. O aprofundamento no conhecimento dos resíduos sólidos é primordial para que se estruturem formas de gestão sustentáveis e que respondam ao desafio da sustentabilidade.

3.2 Definições e caracterização dos resíduos sólidos

O termo lixo usualmente é considerado como todo material sólido descartado, sem utilidade. Já o resíduo caracteriza-se como um material que ainda pode ser utilizado para algum fim. No capítulo 21 da Agenda 21 Global, “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos”, os resíduos sólidos compreendem

todos os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua e os entulhos de construção. Em alguns países, o sistema de gestão dos resíduos sólidos também se ocupa dos resíduos humanos, tais como excrementos, cinzas de incineradores, sedimentos de fossas sépticas e de instalações de tratamento de esgoto (CNUMAD, 1995, p. 341).

Segundo a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), popularizada na literatura e a qual se repete na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), encontrada na Norma Brasileira 10.004/2004, resíduos sólidos são

resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).

Esta definição mantém-se na literatura científica, tal como encontrada em Braga et al. (2010, p. 269), no qual os “resíduos são todos os produtos ou subprodutos resultantes de processos de diversas atividades, como a industrial, a doméstica, a hospitalar, a comercial, a agrícola, a limpeza pública e o saneamento, entre outros”. A PNRS traz também o conceito de rejeito, diferenciando-o do que é o resíduo ao dizer que

rejeito são resíduos sólidos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final adequada (BRASIL, 2010, Art. 3º).

Quanto a classificação dos resíduos, a norma 10.004 (ABNT, 2004) considera as propriedades dos materiais, classificando-os em resíduos perigosos ou Classe I (apresentam características, em determinado grau, de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade; desta forma, oferecem risco à saúde humana e ao meio natural) ou não-perigosos ou Classe II. Estes são subdivididos em não-inertes ou Classe II A (os quais podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água) e inertes ou Classe II B (classificados pela solubilidade dos seus constituintes).

A PNRS utiliza os critérios de origem e periculosidade para a classificação dos resíduos sólidos. Quanto à origem, os resíduos são classificados como domiciliares, de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos (que engloba os domiciliares e de limpeza urbana), de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de saneamento básico, industriais, de serviço de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e resíduos de mineração (BRASIL, 2010). Segundo a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) (PERNAMBUCO, 2010, Art. 3º), os resíduos sólidos enquadram-se nas seguintes categorias:

I - resíduos urbanos: provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, da varrição, de podas e da limpeza de vias, logradouros públicos e sistemas de drenagem urbana passíveis de contratação ou delegação a particular, nos termos de lei municipal;

II - resíduos industriais: provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como, os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e de manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETAs e Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs;

III - resíduos de serviços de saúde: provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal, de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal, de barreiras sanitárias, bem como, medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados;

IV - resíduos de atividades rurais: provenientes da atividade agropecuária, inclusive os resíduos dos insumos utilizados; V - resíduos provenientes de portos, aeroportos, terminais rodoviários, e ferroviários, postos de fronteira e estruturas similares: são os provenientes de embarcação, aeronave ou meios de transporte terrestre, incluindo os produzidos nas atividades de operação e manutenção, os associados às cargas e os gerados nas instalações físicas;

VI - resíduos da construção civil: provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como, tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica, denominados entulhos de obras, calça ou metralha.

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles provenientes do ambiente urbano, cujas fontes geradoras podem ser as residências, a varrição das feiras livres e dos estabelecimentos comerciais e de serviços, os quais são de atribuição e responsabilidade exclusivas da prefeitura, desde a coleta até a destinação final (CEMPRE, 2010). A gestão municipal sobre os resíduos sólidos urbanos tem sido um grande desafio para os administradores públicos. Segundo Marchi (2015), este poder não consegue acompanhar, com eficiência, o aumento da geração de resíduos nos centros urbanos e sanar, com agilidade, os problemas técnicos e operacionais.

Desta forma, faz-se necessário compreender os fundamentos da gestão e do gerenciamento no que tange aos resíduos sólidos urbanos, estando pautado numa visão sistêmica, integradora, devido à complexidade do meio urbano. Assim, busca-se a conexão entre os diversos atores sociais envolvidos no processo, com vistas a proposição de um modelo de gestão de resíduos sólidos urbanos ajustado às particularidades locais.

3.3 Parâmetros conceituais da gestão de resíduos

A palavra gestão provém do latim *gestione* e significa “o ato de gerir, administrar”. Por sua vez, gerir consiste em realizar ações que busquem a realização de um negócio ou processo (DIAS, 2002). Lopes (2003) apresenta a distinção entre gestão e gerenciamento, quando

afirma que a gestão de resíduos sólidos constitui-se nas normas e leis relacionadas a estes, ao passo que gerenciamento congrega todas as operações que envolvam os resíduos, como coleta, transporte, disposição final, entre outras.

Com definição mais completa a respeito destes dois termos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos afirma que a gestão é o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável; sendo que gerenciamento é compreendido como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e rejeitos (BRASIL, 2010).

De forma mais contextualizada, Braga et al. (2010) afirmam que o conceito de gestão está atrelado às etapas do gerenciamento, significando as ações referentes ao controle da geração, armazenamento, coleta, transporte, processamento e disposição dos resíduos, de modo que inclua os princípios da saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos naturais e estética, e que represente as atitudes e as mudanças de hábitos das comunidades. Este autor afirma que uma eficiente gestão dos resíduos sólidos envolve o conhecimento das alternativas e tecnologias disponíveis, os custos e aplicabilidade, considerando as questões políticas, administrativas e legais, a partir de dados consistentes.

Seguindo esta linha de pensamento, Gunther e Grimberg (2006) falam que a gestão integrada é um conceito interdisciplinar e em construção, que pode ser entendido por três níveis relacionados: (i) as etapas de operação, (ii) a intersetorialidade entre as diferentes esferas de governo e (iii) a articulação entre os múltiplos agentes sociais - o governo, o setor privado e a sociedade. Para Besen et al. (2014), a gestão integrada e sustentável de resíduos resulta numa hierarquia de objetivos que incluem a minimização da geração de resíduos; a redução dos impactos negativos dos resíduos; a maximização da reutilização, da reciclagem e da compostagem; a recuperação de energia; a promoção de tratamento e a disposição final de forma ambientalmente segura.

A gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos é uma das estratégias propostas pela Agenda 21 brasileira (MMA, 2004) para adequada gestão dos recursos naturais. Para alcance dessa gestão, o documento propõe que se deve

Promover a gestão de resíduos sólidos urbanos a partir do planejamento integrado de intervenções; da adoção de instrumentos econômicos para incentivo às boas práticas de gestão, com ênfase na conscientização do consumidor; da reutilização, reciclagem e redução dos resíduos sólidos; da

punição às práticas inadequadas de gestão dos resíduos sólidos; da identificação de critérios para seleção de áreas de disposição de resíduos; e dos procedimentos específicos para resíduos especiais e perigosos; da responsabilidade pós-consumo para o produtor ou importador e do estímulo à formação de parcerias entre municípios vizinhos que vise, desde a coleta seletiva até a construção de aterro sanitário (MMA, 2004, p. 47).

A Agenda 21 brasileira propõe como ação necessária “definir uma legislação de resíduos sólidos, com claras definições de obrigações e responsabilidades para os diferentes atores sociais, com base no reaproveitamento e na redução da geração de lixo” (MMA, 2004, p. 34). Em boa parte a PNRS (BRASIL, 2010) já respondeu a esta questão, havendo necessidade da operacionalização dos sistemas e a responsabilização dos diversos entes e atores envolvidos. Neste sentido, observa-se a necessidade da atuação do poder público, através de instrumentos normativos adequados para minimizar e assegurar a preservação do meio ambiente (SOUZA, 2014).

Dessa maneira, o arcabouço legal que busca definir as diretrizes nacionais para a adequada gestão dos recursos naturais vem se delineando, principalmente, a partir da década de 80, reconhecendo-se a necessidade de regular a ação do homem sobre o meio em que vive a fim de garantir a qualidade e quantidade dos recursos disponíveis para as futuras gerações.

3.4 Legislação

No Brasil, os principais marcos legais relacionados à gestão de RSU são a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (BRASIL, 1981), a Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998), a Lei de Consórcios Públicos (BRASIL, 2005), a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (BRASIL, 2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). Estas leis são integradas e complementares, sendo guiadas pela Constituição Federal (BRASIL, 1988). Tais leis constituem a base do sistema jurídico-ambiental brasileiro para regulamentação da gestão de RSU (JUCÁ et al., 2013).

A Política Nacional do Meio Ambiente foi promulgada pela Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 com o objetivo de “preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981). Para esta lei, o lançamento de matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos constitui na degradação da qualidade ambiental, ou seja, na alteração adversa das características do meio ambiente.

A Constituição Federal de 1988 foi a primeira a tratar do meio ambiente, estabelecendo os princípios da PNMA (SANTOS, 2014). No Art. 225 afirma-se que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Foi a partir desta Constituição que os municípios foram reconhecidos como entes federativos, ao lado da União, Estados e Distrito Federal, com autonomia financeira, legislativa e administrativa (GABRIEL, 2010). Tal fato consagra a titularidade dos municípios nos serviços de limpeza urbana, desde a coleta até a destinação final (SOUZA, 2014).

A Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/1998) dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Desta maneira, segundo esta lei, é crime ambiental causar poluição de qualquer natureza em níveis que afete a saúde humana, provoque a mortandade de animais ou destruição significativa da flora (BRASIL, 1998, Art. 61). Neste ponto, está incluída a disposição irregular de resíduos sólidos em lixões, tendo os gestores responsáveis pela gestão dos RSU a obrigação de organizar e prestar os serviços públicos adequados de limpeza urbana, sob a pena de serem responsabilizados legalmente caso não o fizerem.

Já a Lei de Consórcios Públicos (Lei 11.107/2005) estabeleceu parâmetros de gestão e determinação prévia de condições contratuais de prestação de serviços e a prescrição de critérios técnicos para a cobrança de tarifas (BRASIL, 2005). Nesse sentido, regulamenta os sistemas de gestão de RSU, os quais estão tendendo para modelos que privilegiem a gestão colegiada, o controle externo e a divisão de responsabilidades, de modo que as prestações de serviço podem ser realizada de forma direta ou indireta e consorciada, o que compreende os consórcios públicos (JUCÁ et al., 2013).

A Política Nacional de Saneamento Básico, que foi promulgada pela Lei 11.145 de 05 de janeiro de 2007, estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, o qual integra o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007). Para a referida lei, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos constituem o “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas” (BRASIL, 2007, Art. 1).

Na intenção de promover os princípios e as diretrizes para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, em 2 de agosto de 2010, foi instituída no Brasil a Política Nacional dos

Resíduos Sólidos (PNRS), pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010). Após 20 anos tramitando no Congresso Nacional, esta lei estabeleceu um novo marco regulatório para o país, tratando, dentre outros temas, sobre logística reversa e responsabilidade compartilhada, reciclagem e incentivo a não geração. É fundamentada nos princípios da visão sistêmica, considerando as dimensões ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; do desenvolvimento sustentável; do reconhecimento do resíduo sólido como bem de valor econômico; e do direito da sociedade à informação e ao controle social, dentre outros. Um dos objetivos da lei é a “estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços” (BRASIL, 2010, Art. 7).

Em Pernambuco, a primeira Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) foi criada em 2001, sob a lei 12.008 (PERNAMBUCO, 2001). Esta foi desenvolvida com base nos princípios básicos da Agenda 21 e já estabelecia a erradicação dos lixões, a promoção de modelos de gestão com uma visão sistêmica e a responsabilidade pós-consumo do produtor pelos produtos. Em 2010, com a promulgação da PNRS, a PERS foi revisada e a nova lei estadual de resíduos sólidos foi promulgada, a 14.236 (PERNAMBUCO, 2010). Esta tem a proposta de orientar as ações voltadas ao planejamento e gestão dos resíduos no Estado com vistas a uma adequada coleta e destinação final ambientalmente correta.

Ambas as Políticas, nacional e estadual, têm como um dos objetivos a implantação da gestão integrada de resíduos. Esta se baseia em modelos integrados e sustentáveis que tratam desde a minimização da geração dos resíduos, a maximização do reaproveitamento e reciclagem, até o processo de tratamento e destinação final, considerando a ampla participação dos diversos setores da sociedade e as dimensões econômica, ambiental e social. Para Santiago e Dias (2012), esta gestão deve ser constantemente avaliada.

Para tanto, indicadores podem constituir ferramentas importantes para que os gestores públicos e privados de resíduos sólidos obtenham informações e possam avaliar e monitorar o gerenciamento, bem como planejar estratégias que busquem uma gestão a qual favoreça a melhoria na qualidade de vida da população e também a proteção ao meio ambiente.

3.5 Indicadores

A palavra “indicador” tem origem do latim *indicare*, que significa indicar, revelar, apontar, assimilar. No âmbito da gestão, os indicadores têm o objetivo de mensurar e/ou qualificar a realidade, de forma a melhor compreendê-la, entendendo as diversas relações existentes entre os componentes constituintes. Desta forma, os indicadores constituem

ferramentas para análise da realidade, fornecendo informações e definindo critérios para formulação de estratégias e ações em diferentes escalas de atuação – global, nacional e regional – e por diferentes agentes – tomadores de decisão, políticos, economistas, técnicos e a sociedade em geral (RAMOS, 2013; VON SPERLING; VON SPERLING, 2013).

Para a *European Environment Agency*, indicador é uma medida, geralmente quantitativa, que pode ser usada para retratar e comunicar fenômenos complexos de forma simples, incluindo tendências e progressos ao longo do tempo (EEA, 2005). Fornece destaque a assuntos significativos ou torna perceptíveis fenômenos que não são imediatamente observáveis e revela significados que vão além do que é realmente medido.

Segundo Rametsteiner et al. (2011), Santiago e Dias (2012) e Ramos (2013), os indicadores conseguem reduzir uma grande quantidade de dados para uma forma mais simples, descrevendo condições ou tendências. Estes fornecem informações para possibilitar a transformação do meio físico e social, buscando a formulação de políticas e ações. Os mesmos devem ser de fácil compreensão, o método do cálculo relativamente simples, permitindo comparações entre fenômenos avaliados, analiticamente válidos e utilizar dados existentes e confiáveis. São, portanto, instrumentos de apoio de políticos, cientistas, gestores e cidadãos na compreensão da relação e intensidade do vínculo entre diferentes componentes do sistema estudado.

Segundo a *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), indicadores são parâmetros ou valores derivados destes, que fornecem informações sobre um fenômeno, transmitindo significados que vão além das propriedades diretamente relacionadas ao valor e são desenvolvidos para uma finalidade específica. A seleção dos indicadores deve seguir critérios gerais, os quais são a relevância política, a solidez analítica e a mensurabilidade (OECD, 1993).

Para Van Bellen (2002), os indicadores são um modelo da realidade, mas não podem ser considerados como a própria realidade, entretanto devem ser analiticamente legítimos e construídos dentro de uma metodologia coerente de mensuração. São fragmentos de informação que apontam para características dos sistemas, destacando o que está acontecendo no mesmo. Os indicadores são utilizados para simplificar informações sobre fenômenos complexos e para tornar a comunicação destes mais compreensível e quantificável. Tem como objetivo principal agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente.

É importante entender que num conjunto de informações é possível distinguir os conceitos de dados, indicadores e índices (PHILIPPI JÚNIOR et al., 2005). Os dados são as

informações brutas, sem tratamento. Os indicadores apresentam certo grau de sistematização e fornecem mensagens que não precisam de maiores interpretações, consegue representar aspectos do fenômeno estudado. Os índices constituem a agregação de indicadores, ou seja, diferentes indicadores são combinados algebricamente de acordo com o objetivo proposto, sendo concebidos quando se deseja uma visão mais sintética e simplificada de um fenômeno ou conjunto de fenômenos (MILANEZ, 2002).

Os primeiros indicadores a serem formulados foram os econômicos, em escala micro, seguido dos de escala macro, a partir dos anos 30. Os indicadores sociais foram idealizados a partir dos anos 60 e os ambientais são os mais recentes, utilizados a partir dos anos 70 e 80 (MILANEZ, op. cit.). Os indicadores ambientais surgiram dos esforços de governos e organizações internacionais, resultado das conferências voltadas à discussão sobre o estado do meio ambiente (KEMERICH et al., 2014).

Já a ideia de indicadores para mensurar a sustentabilidade surgiu na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em 1992, a chamada Eco-92, através da Agenda 21, programa de ação para alcance do desenvolvimento sustentável dos países (SILVA et al., 2014). Portanto, a partir da publicação e divulgação deste documento, teve início a expansão de pesquisas e trabalhos voltados a ideia da inclusão de uma ferramenta de auxílio para avaliar e monitorar sistemas complexos da sociedade, os indicadores de sustentabilidade.

3.5.1 Definições e características dos indicadores de sustentabilidade

Os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, em alguns momentos, confundem-se e são tratados como sinônimos. O Relatório *Brundtland* propôs a definição de desenvolvimento sustentável, sendo usualmente utilizada, o qual se refere àquele que satisfaça as necessidades do presente, sem comprometer as futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades (CMMAD, 1991). Neste momento, o elemento humano foi considerado, ou seja, não se trata somente do impacto da atividade econômica sobre o meio ambiente, mas também as consequências dessa relação sobre a qualidade de vida e bem-estar da população presente e futura.

Já a sustentabilidade versa sobre como os seres humanos devem se relacionar com a natureza, uns com os outros e às futuras gerações, sendo coerente com o crescimento econômico sustentado e com a justiça social, no uso parcimonioso dos recursos naturais (SARTORI et al., 2014). Desta forma, este termo é abordado a partir das dimensões

econômica, social e ambiental, buscando alcançar o equilíbrio entre estas, sendo que os tomadores de decisão tanto em nível local, regional, nacional e internacional precisam de informações nesse sentido (VAN BELLEN, 2002).

Desta maneira, os conceitos de desenvolvimento sustentável e sustentabilidade são basilares e complementares, sendo o primeiro o caminho para se alcançar o segundo (FERNANDES; CANDIDO, 2015).

Nesse contexto, os indicadores de sustentabilidade são ferramentas que auxiliam no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, tendo como função principal fornecer informações sobre o estado das diversas dimensões que o compõe (CARVALHO et al., 2011). Para Guimarães e Feichas (2009), a busca deste pressupõe proatividade, visão de longo prazo, participação da sociedade e acompanhamento de resultados. Desta maneira, os indicadores constituem instrumentos de apoio na medida em que indicam a situação atual do estado do ambiente e o destino a ser alcançado, possibilitando a correção de rumos e mudança de comportamentos.

Segundo Van Bellen (2002), indicadores de sustentabilidade permitem traçar um modelo da realidade, comparar situações, avaliar metas e objetivos, além de antecipar futuras condições e tendências. Para este autor, mensurações são indispensáveis para que o conceito de desenvolvimento sustentável se torne operacional, pois podem ajudar os gestores e o público em geral a definir objetivos, além de permitir o monitoramento destes.

O processo de gestão necessita de mensuração e esta auxilia na escolha entre alternativas políticas mais sustentáveis e fornece uma base quantitativa de avaliação de desempenho, permitindo comparações no tempo e no espaço. Teixeira (2012) destaca também que, ao apontar as atividades mais impactantes, os indicadores de sustentabilidade podem guiar a definição de políticas públicas.

Para Milanez (2002), há uma diferença entre indicadores de sustentabilidade e os de gerenciamento. O primeiro tem um enfoque voltado a dimensão ambiental, o segundo aborda também questões das dimensões econômica e social. Briassoulis (2001) explica que a maioria desses indicadores são unidimensionais, ou seja, descrevem uma única dimensão (indicadores ambientais, sociais ou econômicos), e referem-se principalmente à dimensão ambiental, tratando da pressão humana sobre os recursos naturais ou as condições do meio ambiente. Estes não podem ser considerados indicadores de sustentabilidade em si mesmos; no entanto possuem um potencial representativo dentro do contexto do desenvolvimento sustentável.

Os indicadores na dimensão ambiental são parte integrante e indivisível da estrutura de informação, avaliação e decisão sobre sustentabilidade. Estes tratam do uso coerente dos

recursos naturais, do clima global, da capacidade de suporte dos ecossistemas, do uso do solo, dentre outros, e permitem a análise das condições e mudanças da qualidade do meio natural, bem como de tendências, servindo de suporte à tomada de decisão e formulação de políticas e práticas sustentáveis (GOMES; MALHEIROS, 2012).

Van Belen (2002) identificou três principais sistemas de indicadores de sustentabilidade: (i) o *Ecological Foot Print* (a Pegada ecológica), (ii) *Dashboard of Sustainability* (Painel da Sustentabilidade) e (iii) *Barometer of Sustainability* (Barômetro da Sustentabilidade). Philippi Júnior et al. (2005) trata como indicadores agregados de desenvolvimento sustentável o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), a Pegada Ecológica e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Pereira (2008) afirma que os indicadores de sustentabilidade devem refletir o quanto o uso atual de recursos naturais está distante do objetivo. O autor cita o conceito de estratégia ecológica, a qual analisa os impactos de atividades econômicas em sistemas ecológicos, e afirma que indicadores físicos que quantificam os limites das funções ecológicas críticas podem ser caracterizados como indicadores da sustentabilidade forte. Em seu trabalho, são discutidos a Emergia e Análise Emergética e a Pegada Ecológica.

A análise emergética foi proposta pelo pesquisador Howard Odum constituindo uma metodologia para estimar os valores de emergia (memória energética) incorporado aos produtos, processos e serviços ambientais, assim como o impacto das atividades antrópicas nos ecossistemas (RODRIGUEZ; MELO; RODRIGUEZ, 2014). A Pegada ecológica é definida como a terra (ou água), biologicamente produtiva, necessária para produzir os recursos consumidos pela população e absorver parte dos resíduos gerados (HUIJBREGTS et al., 2008). Consiste numa ferramenta de mensuração de fluxos de matéria-prima e energia existente num determinado sistema, convertendo-os, de forma adequada, em áreas produtivas de terra (FEITOSA et al., 2010).

Ambos os indicadores, emergia e pegada ecológica, se fundamentam na Teoria dos Sistemas², pois quantifica os fluxos de energia e massa de uma economia ou atividade, convertendo tais valores em área correspondente de terra ou água necessária para sustentar este sistema. O principal objetivo deste indicador é auxiliar na tomada de decisão e motivar a população quanto a um consumo consciente dos recursos, além de permitir a comparação

² De acordo com Misoczky (2003), a Teoria dos Sistemas fala que os sistemas humanos são como os sistemas biológicos abertos, ou seja, possuem contornos, componentes e relações entre as partes, seguindo os mesmos princípios de auto-regulação, entropia e evolução.

entre diferentes locais, levando diversos países e municípios a colocarem em prática e monitorarem as agendas de desenvolvimento sustentável (SANTOS et. al., 2008).

Segundo Cervi e Carvalho (2010), dentre os indicadores de sustentabilidade, a Pegada Ecológica é um dos mais difundidos e utilizados mundialmente. O governo da Suíça foi o primeiro país a adotar este indicador, de forma complementar às estatísticas públicas. Para Van Bellen (2002), está entre as principais ferramentas de avaliação da sustentabilidade, sendo a mais lembrada e conhecida por especialistas.

Segundo Pérez (2012), os indicadores de sustentabilidade medem fisicamente os insumos utilizados em diferentes produtos e serviços da economia em relação a vida útil, nível de consumo e impacto ambiental, objetivando mensurar fluxos disponíveis ou consumidos de bens e serviços ambientais, com rigor científico e metodológico. Podem ser classificados em monetários e biofísicos. O primeiro grupo é exemplificado pelo Produto Interno Bruto Verde (PIB Verde), Índice de Bem-estar Econômico Sustentável e Contas patrimoniais; e o segundo, pela Mochila Ecológica (SCHMIDT; BLEEK, 1994), Pegada Ecológica (WACKERNAGEL; REES, 1996), espaço ambiental (SPANGENBERG, 1999), Capacidade de Carga (WACKERNAGEL; REES, 1996), ISA e Índice Planeta Vivo.

Barbosa et al. (2013) apresentam como indicadores ambientais o ISA, o Índice de Performance Ambiental (IPA), o Índice Planeta Vivo (IPV), a Pegada Ecológica (PE) e os Indicadores de Biodiversidade em Parceria (BIP 2020). Este autor fez análise comparando as metodologias de cada índice (Quadro 1). Desta forma, o maior desafio dos indicadores é retratar a situação de sustentabilidade de maneira simples, apesar da incerteza e complexidade. A ideia é que, através das informações obtidas pela utilização destes, possam ser subsidiadas as etapas de planejamento, implantação e acompanhamento das políticas de gestão do meio ambiente voltadas ao uso racional dos recursos naturais e ao ordenamento das intervenções no meio ambiente (RAMOS, 2013; KEMERICH et al., 2014).

Quadro 1. Indicadores de Sustentabilidade e respectivas metodologias

Indicador	Metodologia
ISA	Índice de sustentabilidade ambiental que classifica os países de acordo com as suas capacidades para proteger o ambiente nas próximas décadas. Utilizado em mais de 100 países e baseia-se na pesagem de 21 indicadores básicos contendo duas a oito variáveis em cada um deles, para caracterizar o nível de sustentabilidade do país, enquanto avalia a qualidade da água e do ar, a biodiversidade e a gestão dos recursos naturais.
IPA	Índice de desempenho ambiental que quantifica e classifica países e companhias, de acordo com os seus desempenhos ambientais. Utilizado em mais de 100 países e baseia-se em 16 indicadores analisados em seis categorias políticas criteriosamente definidas: Saúde Ambiental, Qualidade do Ar, Recursos Hídricos, Biodiversidade e Habitat, Recursos Naturais Produtivos e Energia Sustentável.

IPV	O Índice Planeta Vivo é um indicador do estado geral dos ecossistemas da Terra e baseia-se nos dados nacionais e globais de consumo dos recursos naturais e o aumento dos efeitos da poluição. As primeiras medidas em 1999 levaram em conta três indicadores (cada um foi mensurado em 100, para o ano de 1970, e recebeu o peso) do estado dos ecossistemas naturais: 1. Área mundial de cobertura florestal; 2. Populações de espécies de água doce; 3. Populações de espécies marinhas. Índices separados são produzidos para espécies terrestres, marinhas e de água doce, e as três tendências médias são usadas para criar um índice agregado.
PE	A Pegada ecológica funciona como uma ferramenta de gerenciamento dos usos dos recursos naturais por indivíduos, comunidades, cidades, regiões, nações e a humanidade em geral. A Pegada ecológica mede em que grau os recursos naturais estão sendo utilizados com maior rapidez do aquela da sua capacidade de regeneração. A sua metodologia inclui mais de 4 mil tópicos e aproximadamente 10 mil cálculos por país, por ano; a Pegada Ecológica documenta recursos naturais (como exemplo: terra cultivável, pastos, florestas e áreas pesqueiras) disponíveis no país, bem como a demanda do país por esses recursos.
BIP 2020	O Índice de Biodiversidade e Parceria 2020 é um produto da Convenção de Biodiversidade, onde foram estabelecidas metas relacionadas aos cuidados com a biodiversidade do planeta para o ano de 2010, mas estas não foram cumpridas. Assim, o BIP 2020 é uma tentativa de ampliação da consciência da biodiversidade global para o cumprimento de metas até o ano de 2020. A metodologia do BIP é a ampla comunicação entre os países sobre as suas ações em prol da biodiversidade, assim como o monitoramento das condições positivas e/ou negativas da biodiversidade sob a sua jurisdição. Nesse sentido, a criação de indicadores de biodiversidade, a realização de eventos internacionais para dar publicidade sobre a biodiversidade dos países potencializa a defesa da biodiversidade no planeta.

Fonte: Barbosa et al. (2013)

Dentro deste contexto, a gestão de resíduos sólidos urbanos é um dos temas que carece de instrumentos de mensuração e avaliação com base em indicadores, para que gestores possam planejar estratégias que deem continuidade ao crescimento econômico, mas que também favoreçam a qualidade de vida da população, sem se desvencilhar da proteção aos recursos naturais.

3.5.2 Indicadores para resíduos sólidos

Neste ponto, percebe-se que os indicadores podem ser classificados em objetivos e subjetivos ou quantitativos e qualitativos. Os objetivos/quantitativos quase sempre medem quantidades, em números, e por isso são mais fáceis de validar e melhores aceitos. Os subjetivos/qualitativos são medidos geralmente com base em abordagem perceptiva, variando conforme as pessoas conhecem ou não a realidade (MILANEZ, 2002), exprimindo características ou qualidades. Phillipi Júnior et al. (2005) verificam, dessa forma, o uso mais frequente de indicadores quantitativos no processo geral de planejamento e gestão do meio ambiente.

Segundo Silva (2015), os indicadores que interferem na realidade do gerenciamento dos RSU podem ser classificados em indicadores-insumo (*input*) e indicadores-produto (*output*). O primeiro é chamado também de *input* processual e refere-se aos elementos de

entrada que geram resultados sob a forma de bens, serviços ou informações, como os indicadores socioeconômicos de renda e população. Já o segundo trata dos elementos de saída, ou seja, o produto gerado após atividade processual, como os resíduos sólidos gerados, tanto em termos qualitativos como quantitativos (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma dos indicadores gerenciais de entrada (*input*) e de saída (*output*) para resíduos sólidos urbanos.



Fonte: SILVA (2015).

Os indicadores de resíduos, segundo Greene e Tanjes (2014), são importantes para comparações entre sistemas, facilitar a comunicação do processo de gestão e orientar melhorias às políticas voltadas para esta área. No geral, irão indicar as medidas necessárias para alcançar os objetivos propostos para o sistema de gestão dos resíduos. Cifrian et al. (2015) acrescentam que indicadores e índices auxiliam os tomadores de decisão na formulação, implementação e avaliação de modelos e políticas públicas. Se considerar os indicadores de sustentabilidade, estes orientam para um plano de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos, imprescindível para o estabelecimento de um progresso sustentável futuro.

Milanez (2002) propôs uma matriz de indicadores qualitativos e quantitativos baseados em Princípios de Sustentabilidade para a gestão dos RSU, seguido por Polaz, Teixeira (2009), Santiago e Dias (2012), que elaboraram uma Matriz de Indicadores de Sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos, divididos em dimensões, utilizando de indicadores qualitativo-subjetivos.

Dentre os indicadores relacionados aos RSU, Polaz e Teixeira (2009) consideram como mais utilizado o que mede a quantidade gerada de resíduos/habitante/tempo, além da recuperação de resíduos municipais, entendido como o conjunto de operações (reciclagem, reutilização e/ou compostagem) que permite o aproveitamento total ou parcial dos resíduos. O

cálculo percentual é feito a partir da razão entre o total anual de resíduos municipais recuperados e o total anual de resíduos municipais gerados.

No Brasil, Besen (2011) afirma que são utilizados vários indicadores oficiais de resíduos sólidos em pesquisas do governo, dentre estas a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), a Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (IBGE, 2016a), os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IBGE, 2015a) e o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (IBGE, 2015b) são relevantes para um conhecimento da situação de municípios, estados, regiões e do país por meio de dados oficiais. Dentro do SNIS, a autora destaca o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, que realiza a coleta de dados institucionais, operacionais e econômicos, sobre a prestação de serviços de limpeza urbana em amostras significativas de municípios brasileiros. Identificou também que organizações empresariais realizam pesquisas para monitoramento da gestão de resíduos, como a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a qual elabora o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015). Como parâmetros voltados para a gestão de RSU, a nível global, esta autora identificou a Pegada Ecológica e a Pegada de Carbono.

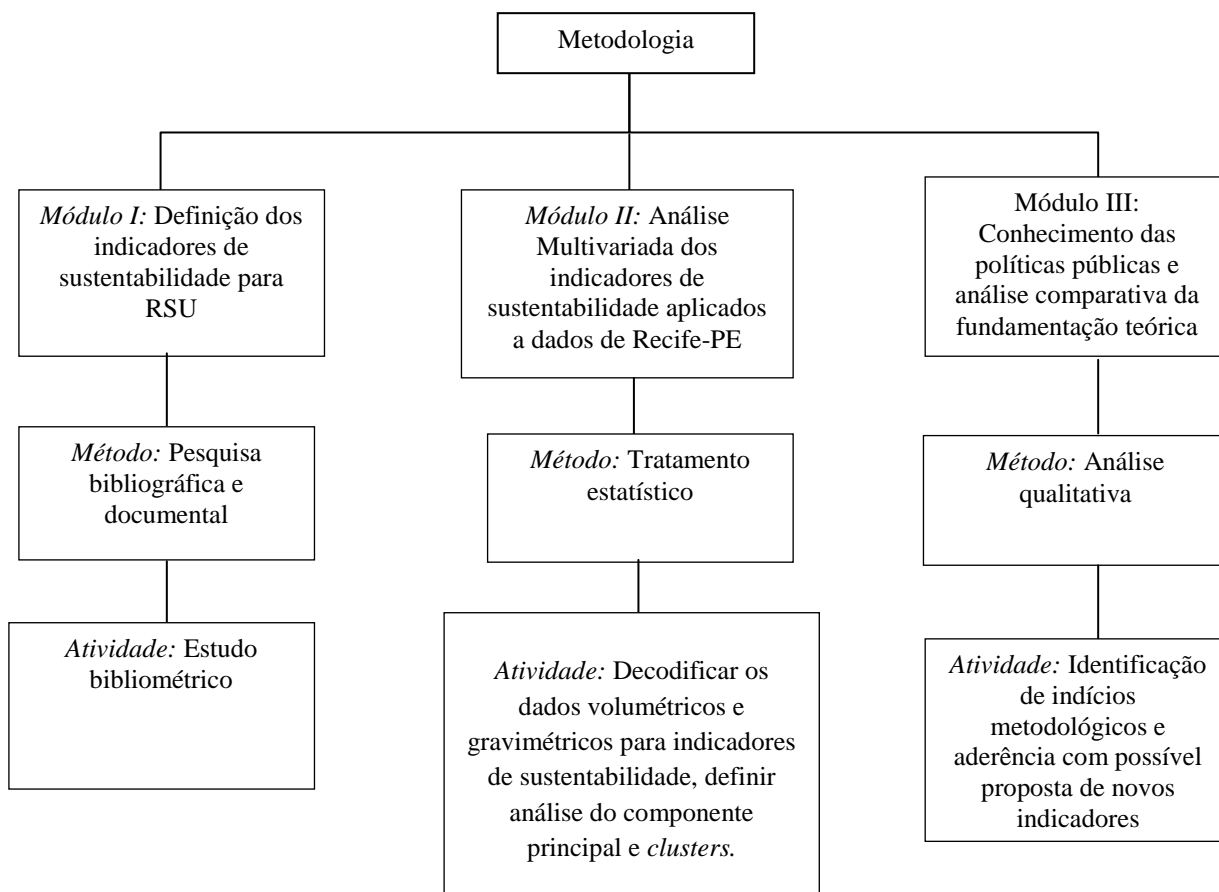
A Pegada Ecológica da geração de resíduos sólidos significa a mensuração da terra biologicamente produtiva para assimilação dos resíduos gerados, bem como para consumo de bens produzidos com matéria-prima extraída da natureza (KISSINGER et. al., 2013).

Desta forma, indicadores de gravimetria, que representam a diferenciação dos resíduos por tipologia, e volumetria dos resíduos sólidos urbanos podem ser agregados aos indicadores de sustentabilidade, tal como prediz Milanez (2002), para mensurar aspectos sustentáveis e compará-los com outras localidades, fornecendo novas informações para a gestão no âmbito municipal, constituindo uma ferramenta de auxílio para o planejamento de metas e também para comunicação com a sociedade. Neste sentido, o presente estudo busca realizar análises com indicadores de sustentabilidade a partir dos dados gravimétricos e volumétricos da cidade do Recife – PE, buscando refletir sobre a pertinência do uso destes e de formas de representar melhor o significado ambiental dos resíduos, buscando assim contribuir para o estabelecimento de estratégias que melhorem o gerenciamento e a gestão.

4. METODOLOGIA

A metodologia foi estruturada em três módulos (Figura 2), seguindo as recomendações de El-Deir et al. (2010). No primeiro, foi realizado estudo bibliométrico para análise do “estado da arte” dos indicadores de sustentabilidade e da aderência à temática dos RSU, para posterior definição dos indicadores a serem utilizados no trabalho; no segundo módulo foram delimitados os dados para a internalização destes indicadores e o tratamento, com base em estatística Multivariada, a fim de comparar com trabalho realizado por Silva (2015); e no terceiro foi realizada análise de políticas públicas envolvendo a gestão de resíduos sólidos urbanos e os indicadores de sustentabilidade, buscando identificar indícios metodológicos e aderência com possível proposta de novos indicadores.

Figura 2. Organograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.



Fonte: a autora.

4.1 Procedimentos metodológicos da pesquisa

Nos aspectos gerais, o presente estudo classifica-se como uma pesquisa aplicada, pois ao abordar a aplicação dos indicadores de sustentabilidade na gestão de RSU “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais” (SILVA; MENEZES, 2005). Quanto à abordagem, é classificada em quali-quantitativa, na medida em que busca o estado da arte dos indicadores de sustentabilidade e analisar as legislações pertinentes quanto políticas públicas na gestão de RSU; além de recorrer a dados quantitativos para tratamento das informações utilizando análises estatísticas (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Do ponto de vista dos objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como exploratória, pois tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o tema abordado, com vistas a torná-lo mais explícito e constituir hipóteses (GIL, 2010). Para tanto, os procedimentos técnicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica e documental, com o método do estudo bibliométrico, e análise de conteúdo, para levantamento dos dados secundários; o estudo de caso para dados da cidade de Recife-PE, buscando trabalhar aspectos específicos de um fenômeno e suas decorrências; e o tratamento estatístico dos dados levantados.

4.2 Módulo I: Definição dos Indicadores de sustentabilidade para a gestão de RSU

Esta etapa da pesquisa proporcionou maior familiaridade ao tema dos indicadores de sustentabilidade e resíduos sólidos a partir da análise de trabalhos desenvolvidos na área temática, a partir da revisão bibliográfica e análise de conteúdo. Tais métodos foram utilizados com o propósito de definir os indicadores a serem trabalhados no presente estudo.

4.2.1 Estudo bibliométrico

A bibliometria é uma técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico (ARAUJO, 2006). Dentro do método bibliométrico, três leis clássicas se destacam. A Lei de Lotka ou Lei do Quadrado Inverso, que propõe um modelo de distribuição tamanho-frequência dos

diversos autores em um conjunto de documentos para medir a produtividade dos autores. A Lei de Bradford ou Lei de Dispersão permite, através da medição da produtividade das revistas, identificar o núcleo e as áreas de dispersão sobre um determinado assunto em um conjunto de revistas. Já a Lei de Zipf ou Lei do Mínimo Esforço trata em medir a frequência do aparecimento das palavras em vários textos, gerando uma lista ordenada de termos de uma disciplina ou assunto determinado (VANTI, 2002). Tal estudo utilizou destes métodos, buscando fornecer uma visão geral do tema e a produção científica atrelada aos aspectos que foram abordados na dissertação.

Desta forma, foi efetuada uma pesquisa em documentos científicos que abordavam indicadores de sustentabilidade e a relação com resíduos sólidos urbanos. Os documentos deveriam constar na base de dados da *Web of Science* (WoS), reconhecida como prestigiosa base de dados de revistas científicas, a qual permite acesso a mais de 9 mil publicações periódicas de distribuição mundial (PONS, 2012). Nesta, a publicação deveria ter ocorrido entre os anos de 2010-2016, ressaltando que como a mesma foi feita em meados do último ano, não contemplou toda a produção de 2016.

A seleção dos trabalhos ocorreu em setembro de 2016 e as palavras-chave utilizadas foram, inicialmente, “indicadores de sustentabilidade” (*indicators*sustainability*). Para restringir o universo de pesquisa ao tema focal foi utilizada a palavra-chave “resíduos sólidos” (*solid waste*). Assim, o universo amostral foi definido retirando os artigos de congresso (*proceedings paper*) e capítulos de livro (*book chapter*).

Os documentos foram analisados com base no quantitativo de publicação por ano, no país de origem, autores e periódicos com maior número de publicações, principais áreas do conhecimento e artigos mais citados. Nesta etapa, foi utilizado o *software Microsoft Excel* 2010 para criar a base de dados dos documentos selecionados e análise dos resultados (VISEU et al., 2015).

4.2.2 Definição dos indicadores de sustentabilidade

A seleção dos indicadores foi baseada na análise de conteúdo dos artigos amostrados no estudo bibliométrico. A escolha foi pautada na aderência e relevância do tema indicadores de sustentabilidade aos resíduos sólidos, bem como a facilidade e

qualidade dos dados necessários. Para tanto, foi seguida as orientações de Bardin (1995) para análise do conteúdo, consistindo em três etapas.

Inicialmente houve a formulação do objetivo da análise, ou seja, a finalidade da leitura do material, o qual foi identificar os indicadores mais apropriados para transposição de dados gravimétricos e volumétricos em parâmetros de sustentabilidade. Na etapa seguinte, teve lugar a exploração do material, com a redução do universo de pesquisa, limitando aos artigos que apresentassem no texto algum dos seguintes indicadores: Pegada ecológica (*ecological footprint*), Pegada de carbono (*carbon footprint*), Análise emergética (*emergy analysis*), Índice de Sustentabilidade Ambiental (*Environmental Sustainability Index*) e PIB verde (*Green GNP*). Como último passo nesta etapa, ocorreu o tratamento dos dados, inferência e interpretação: a partir da leitura dos documentos foram identificados os conceitos e aplicação de cada indicador e, portanto, definido os indicadores para o desdobramento do estudo.

4.3 Módulo II: Análise Multivariada dos dados

Este módulo foi caracterizado como uma pesquisa exploratória e quantitativa, pelo uso da quantificação no tratamento das informações, através de análise estatística (DALFOVO et al., 2008). Este seguirá a proposta da análise exploratória de dados de Morettin e Bussab (2012), a qual pretende a redução, análise e interpretação dos dados considerados, procurando extrair a maior quantidade possível de informação para posterior inferência estatística. Para tanto, foram delimitados os dados do estudo de caso, a cidade de Recife-PE, e especificados os procedimentos estatísticos.

4.3.1 Origem dos dados

O presente estudo fundamenta-se em dados da geração de RSU da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, que compreende uma área de cerca de 220 km². É constituída por 94 bairros, comportando uma população estimada em 1.625.583 de habitantes (IBGE, 2016b). Para os fins deste trabalho, foram utilizados os dados volumétricos e gravimétricos de 31 setores de coleta de resíduos sólidos do município (Quadro 2).

Estes setores constituem micro áreas que compreendem bairros, de forma parcial ou total, pelos quais os caminhões coletores passam e realizam as atividades de coleta e

limpeza urbana, constituindo cerca de 30% da população finita. Visando abranger rotas³ com as mais diversas características, sendo assim representativos da população total, os critérios de escolha dos setores foram: os bairros inseridos; localização geográfica; nível econômico, através da renda familiar média dos bairros incluídos no setor; presença de estabelecimentos comerciais e domiciliares; e frequência dos veículos coletores de RSU. Para estes setores, foi realizado estudo da composição gravimétrica e volumétrica de todos os resíduos coletados no serviço de limpeza urbana da cidade, trabalho executado por Silva (2015) e Jucá et al. (2014), compondo os dados que foram trabalhados na presente pesquisa.

Quadro 2. Identificação e caracterização dos 31 setores de coleta selecionados da cidade do Recife-PE.

Nº	Setor	Bairros inseridos nos setores	Localização Geográfica	Nível Econômico
1	Setor 1-04	Casa Amarela e Monteiro	Região Noroeste	Classe Baixa
2	Setor 1-16	Casa Forte, Parnamirim e Casa Amarela	Região Noroeste	Classe Alta
3	Setor 1-22	Arruda e Água Fria	Região Norte	Classe Baixa
4	Setor 1-30	Campina do Barreto, Peixinhos e Água Fria	Região Norte	Classe Baixa
5	Setor 1-38	Prado, Zumbi, Madalena e Cordeiro	Região Oeste	Classe Média
6	Setor 2-14	San Martin, Mustardinha e Bongi	Região Sudoeste	Classe Média
7	Setor 2-34	Imbiribeira, Jiquiá, Afogados e Areias	Região Sul	Classe Média
8	Setor 2-40	Ipsep	Região Sul	Classe Média
9	Setor 2-42	Ipsep	Região Sul	Classe Média
10	Setor 2-44	Afogados e Bongi	Região Sudoeste	Classe Baixa
11	Setor 3-01	Santo Amaro e Campo Grande	Região Centro	Classe Baixa
12	Setor 3-05	Espinheiro, Aflitos e Encruzilhada	Região Noroeste	Classe Média
13	Setor 3-09	Jaqueira, Tamarineira, Rosarinho e Graças	Região Noroeste	Classe Alta
14	Setor 3-37	Cordeiro, Zumbi e Iputinga	Região Oeste	Classe Baixa
15	Setor 3-45	Madalena, Graças e Derby	Região Oeste	Classe Alta
16	Setor 4-03	Pina e Boa Viagem	Região Sul	Classe Alta
17	Setor 4-13	Boa Viagem	Região Sul	Classe Média
18	Setor 4-17	Boa Viagem e Imbiribeira	Região Sul	Classe Baixa
19	Setor 4-23	Boa Viagem	Região Sul	Classe Alta
20	Setor 4-29	Boa Viagem	Região Sul	Classe Média
21	Setor 5-03	Boa Vista, Soledade e Ilha do Leite	Região Centro	Classe Média
22	Setor 5-09	Recife, Santo Amaro e Santo Antônio	Região Noroeste	Classe Média
23	Setor 5-11	Santo Amaro e Boa Vista	Região Centro	Classe Média
24	Setor 5-14	Torrões e Cordeiro	Região Oeste	Classe Baixa
25	Setor 5-22V	Água Fria e Fundão	Região Norte	Classe Baixa
26	Setor 5-32V	Dois Unidos, Beberibe e Linha do Tiro	Região Norte	Classe Baixa

³ Rotas constituem itinerários de coleta, os quais são trajetos que o veículo coletor deve percorrer dentro de um mesmo setor, num mesmo período (PASCOAL JUNIOR; OLIVEIRA FILHO, 2010).

27	Setor 6-12	Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba	Região Noroeste	Classe Baixa
28	Setor 6-20	Morro da Conceição, Vasco da Gama	Região Noroeste	Classe Baixa
29	Setor 6-24	Mangabeira e Alto José do Pinho	Região Noroeste	Classe Baixa
30	Setor 6-82	Pina, Imbiribeira e Cabanga	Região Centro	Classe Baixa
31	Setor 6-84	Brasília Teimosa e Pina	Região Sul	Classe Baixa

Fonte: Silva (2015)

Para definir o objeto final do presente estudo, foram ainda delimitados os tipos de resíduos, dentre a composição gravimétrica, considerados componentes de bens de consumo que acabam na cadeia dos resíduos sólidos urbanos. Estes, segundo Kissinger et al. 2013, são: o vidro, os plásticos PEAD, PVC e PET, o isopor, o jornal/revista, o têxtil, o metal e o papel/papelão. Desta feita, observaram-se os dados de volumetria e gravimetria, apresentados anteriormente, relativos a estes resíduos, constituindo, portanto, os dados que serão transpostos para o indicador de sustentabilidade que será escolhido *a posteriore*.

4.3.2 Tratamento Estatístico

Inicialmente os dados levantados foram descritos em planilha do *software Microsoft Excel 2010* para composição do banco de dados. Estes foram organizados por setor de coleta e buscou-se analisar com base em estatística os dados volumétricos e gravimétricos convertidos para parâmetros sustentáveis. O primeiro procedimento realizado foi a análise descritiva, a qual busca descrever e resumir os dados. Em seguida, como forma de ilustrar, utilizou-se de gráficos *box plot* a fim de avaliar a variabilidade dos dados. Nesta etapa também foram realizadas análises de correlação de Pearson (com nível descritivo em $p < 0,05$) entre os indicadores ambientais e socioeconômicos, a fim de realizar inferências.

Após a inspeção inicial do conjunto de dados, devido à natureza das informações, foi aplicada análise multivariada, a qual corresponde a diversos tipos de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (MOITA NETO, 2004). Estas variáveis devem ser aleatórias e inter-relacionadas de modo que seus efeitos não são significativamente interpretados separadamente. O objetivo da análise multivariada é medir, explicar e prever o grau de relação entre variáveis, de modo que se obtenha uma compreensão mais completa e realista na tomada de decisão (HAIR et al., 2009).

Após as análises, foi realizado estudo comparativo com os resultados obtidos por Silva (2015), buscando, desta forma, avaliar as semelhanças e diferenças entre o estudo com indicadores socioeconômicos, gravimetria e volumetria dos RSU, feitos pelo citado autor, com o presente trabalho, que inclui os indicadores de sustentabilidade no gerenciamento de RSU.

4.3.2.1 *Análise de Componentes Principais*

A Análise de Componentes Principais (ACP), de acordo com Lyra et al. (2010), dentre os diferentes métodos de análise multivariada, é uma das mais importantes, inclusive por servir de base para a maioria dos outros métodos. Como uma ferramenta de análise exploratória, a ACP permite revelar a existência de padrões nos dados e expressá-los de modo que semelhanças e diferenças sejam destacadas (SANTO, 2012). Portanto, esta técnica transforma um conjunto original de variáveis em outro conjunto, as componentes principais (CP), cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que a componente principal 1 possui mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante, proporcionando a redução da dimensão de dados (MOITA NETO; MOITA, 1998). As componentes são expressas por cargas fatoriais para cada variável presente na estrutura dos dados, denominadas autovetores. Também, cada componente acumula uma parte da variabilidade total, gerando uma estimativa da variância compartilhada por cada componente, chamada de autovalores (HAIR et al., 2009).

Neste estudo, foi aplicada a ACP para o conjunto de dados baseado na matriz de correlação das variáveis, não sendo desta maneira necessária a padronização dos dados. O critério de seleção dos CP consistiu em incluir os componentes cujos autovalores próprios sejam superiores a 1, segundo o critério de Kaiser (1958). Também, consideraram-se na composição de cada CP variáveis cujas cargas fatoriais sejam maiores que 0,5, conforme realizado por Finkler et al. (2015).

4.3.2.2 *Agrupamento*

Em seguida foi realizada a análise de *cluster* ou aglomerados, técnica de agrupamento cujo objetivo é encontrar e separar objetos ou variáveis em grupos similares (VICINI, 2005). A aplicação da técnica é construída a partir de medidas matemáticas de semelhança ou de medidas de distância (dissimilaridade) (PREARO, 2008). Os grupos resultantes devem ter alta homogeneidade interna e alta

heterogeneidade externa. Desta forma, pretende-se encontrar similaridades entre diferentes regiões da cidade em estudo, segundo os dados dos indicadores de sustentabilidade, para proposição de modelos de gerenciamento de RSU por grupos.

Para tanto, neste trabalho foi utilizado o procedimento de agrupamento hierárquico, o qual não é necessário determinar previamente o número de *clusters*, com representação gráfica de uma estrutura do tipo árvore, denominada dendrograma. A medida de dissimilaridade utilizada foi a distância euclidiana e o método de agrupamento de *Ward* (HAIR et al., 2009). Para definição do número de grupos traçou-se a linha de corte ou linha de “Fenon”, que é uma linha que intercepta os ramos formados pelo dendrograma, paralela ao seu eixo horizontal, na qual o número de ramos interceptado constitui o número de grupos (SOUZA; SOUZA, 2006).

Todos os cálculos estatísticos, bem como os gráficos gerados, foram realizados através do *software Statistica* na versão 7.0 no Departamento de Estatística da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

4.4 Módulo III: Discussão de políticas públicas para RSU a partir de indicadores de sustentabilidade

Este módulo foi caracterizado como uma pesquisa qualitativa, preocupando-se com o aprofundamento da compreensão de um fenômeno específico, políticas públicas voltadas aos resíduos sólidos urbanos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Classifica-se também como exploratória, à medida que pretende tornar mais explícita a problemática em questão (GIL, 2010). Para tanto, foram utilizados os métodos de pesquisa bibliográfica e documental.

Tanto a pesquisa documental como a pesquisa bibliográfica tem como objeto de investigação documentos. A análise dos documentos propõe-se a produzir ou reelaborar conhecimentos e criar novas formas de compreender os fenômenos, ou seja, deve ocorrer a interpretação dos dados, a síntese e, na medida do possível, fazer-se inferências (SILVA et al., 2009). Apesar de parecer semelhantes, esses dois tipos de pesquisa apresentam diferenças. Ambas constituem um procedimento que se utiliza de métodos e técnicas para a apreensão, compreensão e análise de documentos. A diferença está na natureza das fontes (GIL, 2010).

A pesquisa bibliográfica é baseada em documentos já elaborados por fontes científicas tais como livros, periódicos e artigos científicos (SILVA et al., 2009). A pesquisa documental é muito próxima da pesquisa bibliográfica, no entanto utiliza-se de

contribuições que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, as fontes primárias. Nesta categoria estão os regulamentos, boletins, relatórios técnicos, leis, decretos, documentos conservados em arquivos de instituições públicas ou privadas, dentre outros (GIL, 2010). Portanto, neste trabalho, foi realizada pesquisa bibliográfica em artigos científicos e pesquisa documental em leis e resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA - referentes ao tema do trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados da pesquisa, sendo divididos em módulos, segundo a proposta metodológica. O primeiro módulo demonstrando o estudo bibliométrico e os indicadores definidos para a pesquisa, o segundo módulo apresentando o estudo estatístico dos dados e, por fim, o terceiro módulo, a discussão da temática da sustentabilidade na gestão dos resíduos sólidos urbanos com base nas legislações pertinentes a esta temática.

5.1 Módulo I: Estudo bibliométrico e definição dos indicadores de sustentabilidade para RSU

Pretende-se, neste item, realizar a compreensão dos termos e analisar as frequências que as mesmas ocorrem em bibliografias, por meio da construção de gráficos e tabelas. Tal estudo dará direção a escolha do indicador a ser utilizado no estudo dos resíduos sólidos, a partir dos dados volumétricos e gravimétricos.

5.1.1 Estudo Bibliométrico

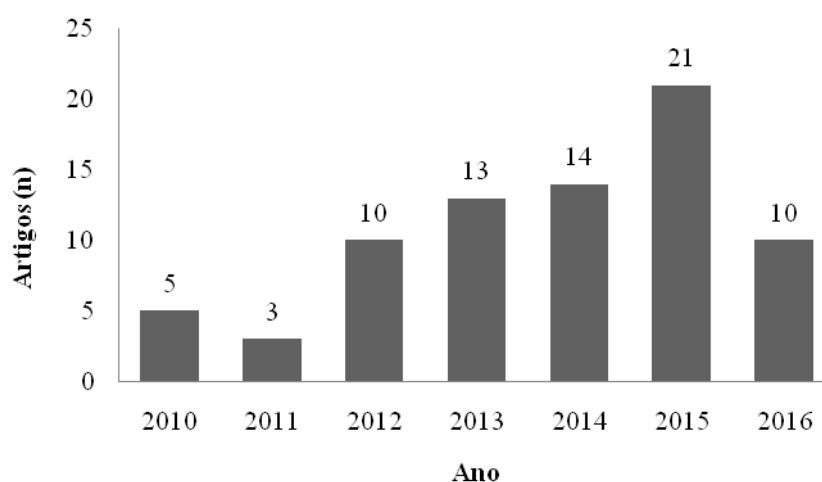
Para Cifrian et al. (2015), um sistema de informações sobre resíduos é necessário para facilitar a melhor gestão destes, fornecendo dados confiáveis aos gestores, autoridades, organizações sociais, instituições públicas e a sociedade em geral, constituindo a base para definição de políticas públicas e implementação de programas e projetos. Os indicadores de sustentabilidade constituem, desta maneira, ferramentas que fornecem tais informações, auxiliando na formulação de modelos de gestão de resíduos mais sustentáveis, o que destaca a importância de estudos científicos voltados à temática.

A busca inicial do estudo bibliométrico com o termo “indicadores de sustentabilidade” (*indicators*sustainability*) resultou em mais de 4.935 títulos. Cruzando este termo com a palavra-chave “resíduos sólidos” (*solid waste*), o banco de dados identificou 85 documentos. Selecionando apenas os artigos publicados em periódicos a mostra final resultou em 76 artigos científicos.

Em relação ao recorte temporal, a maior quantidade de artigos publicados que tratam do tema “indicadores de sustentabilidade” associados de alguma forma a “resíduos sólidos” ocorreu em 2015 em 21 artigos (Figura 3). O aumento de publicações em relação aos primeiros anos analisados pode ser identificado como o reflexo da expansão da produção científica no tema, tendo em vista a busca por soluções que auxiliem a gestão de resíduos sólidos a partir de indicadores que internalizem os conceitos do desenvolvimento sustentável.

O tema sustentabilidade tem sido objeto de estudo em várias áreas, inclusive através de estudo bibliométrico. Na área de economia empresarial Silinske et al. (2012) realizaram análise bibliométrica sobre a sustentabilidade aplicada neste campo de estudo, com recorte temporal no período de 2003 a 2012. Na área de gestão de projetos, Morioka e Carvalho (2016) propuseram o estudo bibliométrico e análise de conteúdo para analisar as dimensões da sustentabilidade na literatura da gestão de empresas e organizações entre os anos de 1991 e 2011. Sobre o tema resíduos sólidos, Deus et al. (2015) analisaram o impacto da Política Nacional de Resíduos Sólidos na evolução da produção científica nacional sobre resíduos urbanos através de estudo bibliométrico, com recorte temporal entre 2003 e 2013.

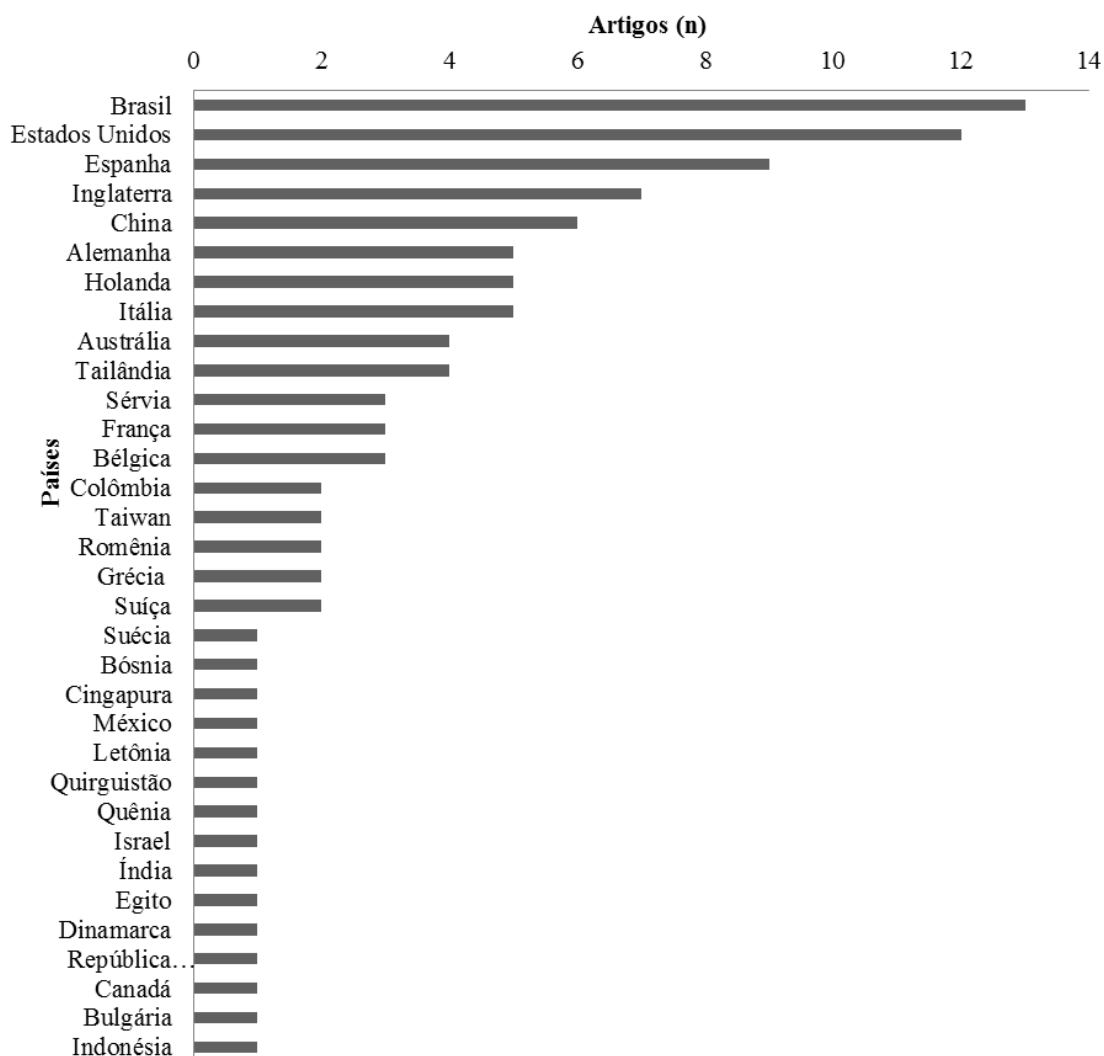
Figura 3. Frequência das publicações entre 2010 e 2016 para as palavras-chave “indicadores de sustentabilidade” e “resíduo sólido”, na *Web of Science*



Em relação ao quantitativo de artigos oriundos de cada país, o Brasil é o que apresenta o maior número de documentos publicados (13), seguido dos Estados Unidos (12) (Figura 4). Vale destacar que, quando um trabalho é de autoria de investigadores de

diferentes países, a publicação é tida em consideração a cada um deles. Dentre as publicações brasileiras, as instituições que se destacam são a Universidade de São Paulo, a Universidade do Vale do Rio dos Sinos e a Universidade Federal do Rio de Janeiro. O periódico com mais publicações é o Engenharia Sanitária e Ambiental, revista publicada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. O idioma mais presente nas publicações foi o inglês, mostrando que este idioma tem mais alcance nas publicações.

Figura 4. Número de artigos da produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade” associado à “resíduos sólidos”, por país, na *Web of Science*

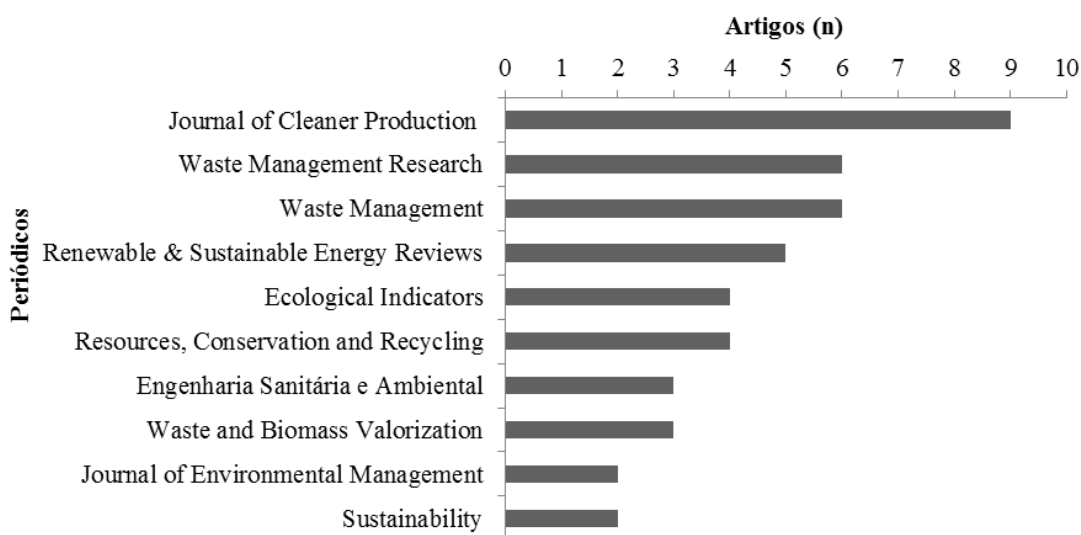


O debate sobre a promoção de indicadores específicos para sustentabilidade teve início com a ECO-92, no Rio de Janeiro, por meio da Agenda 21 (CNUMAD, 1995).

Nesta fica expressa, no capítulo 8, a necessidade de se desenvolver indicadores para o monitoramento e avaliação do desenvolvimento sustentável (SILVA et al., 2014). Na Agenda 21 brasileira, este princípio é mantido, sendo proposto como ação o “desenvolvimento de estudos para definição de novos indicadores de uso sustentável dos recursos naturais” (MMA, 2004). Esta orientação contribui para o desenvolvimento de pesquisas sobre a temática de indicadores.

O periódico *Journal of Cleaner Production* (2017), da Editora Elsevier, foi o que concentrou mais publicações sobre o tema, num total de 9 (Figura 5). Esta revista incentiva a investigação científica para construção de regiões e sociedades mais sustentáveis. Os periódicos *Waste Management Research*, também da Editora Elsevier, e *Waste Management*, publicação oficial da *International Solid Waste Association* (ISWA), apresentam cada um 6 publicações. Ambas as revistas dedicam-se a divulgar artigos relativos aos processos e tecnologias relacionadas a gestão dos resíduos sólidos. Verificou-se que os periódicos selecionados são classificados em A1, A2 e B1 para a área de Engenharia I e B2 para áreas de Saúde Coletiva e Biotecnologia (*Waste Management Research* e *Waste and Biomass Valorization*, respectivamente), segundo classificação de Periódicos Qualis da Capes (2016).

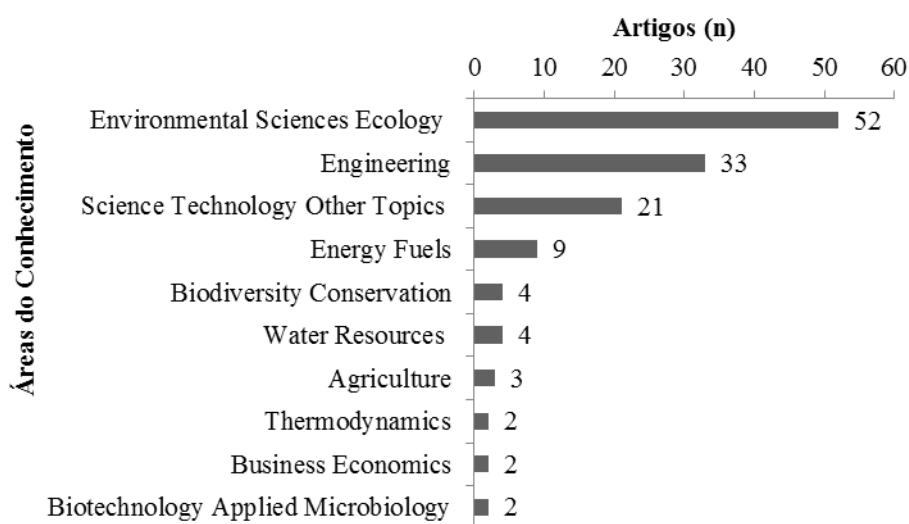
Figura 5. Periódicos mais representativos na publicação de artigos sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado a “resíduos sólidos”, entre 2011 e 2016, na *Web of Science*



Dentre as principais áreas do conhecimento, a *Environmental Sciences Ecology* (Ciência Ambiental e Tecnologia) se destacou, com 52 artigos classificados, seguida da *Engineering* (Engenharia), com 33 (Figura 6). Esta mesma configuração foi encontrada

por Rocha et al. (2013) em estudo bibliométrico da produção científica sobre Gestão de Projetos e Sustentabilidade, na base de dados da *Web of Science*, no período de 2002 a 2011. A *Environmental Sciences* também teve destaque na análise bibliométrica realizada por Chen et al. (2017) sobre a produção científica relacionada aos resíduos de comida, também na base de dados *Web of Science* no período de 1997 a 2014.

Figura 6. Número de artigos da produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado à “resíduos sólidos”, por área do conhecimento, na *Web of Science*



No que concerne aos autores, os pesquisadores Costas Velis e David Wilson apresentam 5 publicações (Figura 7), ambos, sendo renomados no estudo da gestão de resíduos sólidos. O primeiro é da Universidade de Leeds, no Reino Unido, e trabalha com os temas resíduos sólidos, engenharia ambiental, economia circular, dentre outros relacionados. O segundo desenvolve estudos sobre gestão integrada de resíduos e é considerado um dos líderes internacionais do tema. Atualmente está vinculado ao *Imperial College*, de Londres. Ambos os pesquisadores, sendo do Reino Unido, evidencia tal região nas pesquisas relacionadas ao tema.

Considerando a amostra analisada, os artigos mais citados (Tabela 1) tratam dos princípios da gestão integrada de resíduos, com propostas de indicadores para avaliação e monitoramento dos sistemas. Observa-se que, pelo critério de citação, destacam-se os artigos de Wilson et al. (2012), com 58 citações, e Herva e Roca (2013a) com 38 citações. O primeiro aborda a gestão de resíduos no contexto urbano, comparando diferentes cidades através de indicadores de referência. O segundo utiliza três

indicadores – Pegada ecológica, avaliação do ciclo de vida e avaliação do risco ambiental – para avaliar aspectos sustentáveis no espaço organizacional.

Figura 7. Produção científica sobre “indicadores de sustentabilidade”, associado a “resíduos sólidos”, por autores com trabalhos publicados na *Web of Science*, entre 2010 e 2016

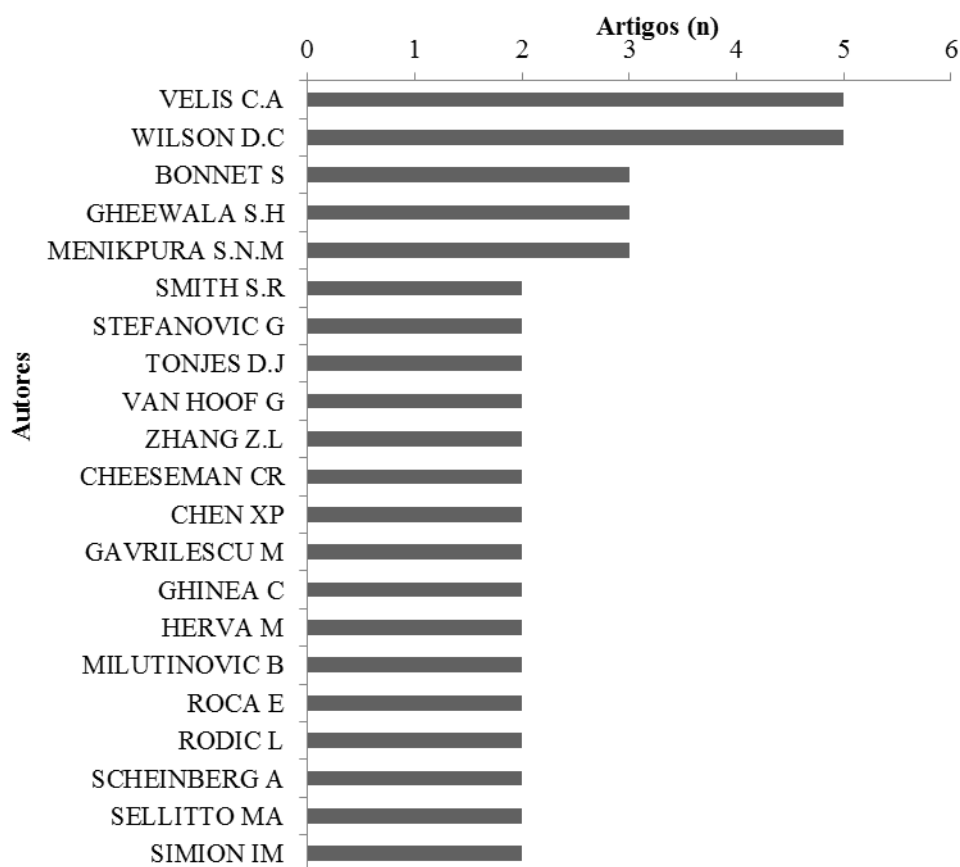


Tabela 1. Trabalhos mais citados dentro da produção científica sobre indicadores de sustentabilidade associado à resíduos sólidos no período entre 2011 e 2016, na *Web of Science*

Autores	Ano de Publicação	Título do Trabalho	Nº de citações
Wilson et al.	2012	<i>Comparative analysis of solid waste management in 20 cities</i>	58
Herva & Roca	2013a	<i>Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation</i>	38
Herva & Roca	2013b	<i>Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis</i>	29
Velis et al.	2012	<i>Na analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector in waste and resource management systems in developing countries</i>	21
Zang & Lang	2010	<i>A key review on energy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future</i>	20
La Rovere et al.	2010	<i>Sustainable expansion of electricity sector: Sustainability indicators as na instrument to support decision making</i>	19

5.1.2 Definição dos indicadores de sustentabilidade

A análise de conteúdo resultou em 4 artigos selecionados pela palavra “Pegada ecológica”, 3 artigos para “Pegada de carbono”, 2 artigos para “análise emergética” e 1 artigo para “Índice de Sustentabilidade Ambiental” (Tabela 2). Não foi encontrado nenhum artigo com o termo PIB Verde.

Tabela 2. Classificação dos artigos por presença de indicadores selecionados

Indicador	Nº de Artigos	Referência
Pegada Ecológica	4	Menikpura et al. (2012); Simion et al. (2013); Herva e Roca (2013a; 2013b)
Pegada de Carbono	3	Cifrian et al. (2013); Eskandarpour et al. (2015); Wilson et al. (2015)
Análise Emergética	2	Zhang e Long (2010); Zhang et al. (2015)
Índice de Sustentabilidade Ambiental	1	Zhang e Long (2010)

Sobre a Pegada Ecológica (PE), Simion et al. (2013) e Herva e Roca (2013a, 2013b) falam que este indicador mede a área de terra produtiva requerida para suportar uma dada população indefinidamente, de forma sustentável, numa região; ou seja, converte a quantidade de matéria-prima ou Pegada de carbono no total de terra ou água bioprodutiva necessária para fornecer os recursos e absorver os resíduos produzidos.

Simion et al. (2013) considera a PE um indicador único do desenvolvimento sustentável, pois representa a tentativa de medir o impacto da humanidade (no uso dos recursos naturais e execução de atividades) sobre a Terra. Estes autores citam também que a Pegada pode ser aplicada em escalas que vão desde simples produtos até cidades, regiões e o planeta. O mais comum é o cálculo da Pegada do ser humano; no entanto, nos últimos anos, tem expandido para determinar o impacto de um produto ou processo. Da mesma forma, aborda que a PE é um indicador essencial para monitoramento do progresso e identificação de onde melhorias podem ser feitas, visando a linha ecológica da sustentabilidade.

Herva e Roca (2013a) afirmam que a Pegada Ecológica vem sendo reconhecida como um adequado indicador de avaliação do desempenho ambiental de produtos e processos, tendo importante papel na comunicação de resultados e estabelecendo critérios mínimos em avaliações de sustentabilidade. Tais autores, bem como Menikpura et al. (2012), abordam a relação da PE com a Análise do Ciclo de Vida para

avaliar aspectos excluídos das estimativas da Pegada, como emissões de poluentes tóxicos, além do dióxido de carbono, além de estimar a Pegada de produtos.

Em relação a Pegada de Carbono, Cifrian et al. (2013) e Eskandapour et al. (2015) afirmam ser este um dos mais populares indicadores de impacto ambiental, o qual representa o total de gases com efeito estufa associados a uma atividade ou produto. Cifrian et al. (2013) afirmam, também, que o cálculo da Pegada de carbono está relacionado a Análise do Ciclo de Vida do produto, sendo um subcomponente da Pegada ecológica. Em relação a gestão de resíduos sólidos, os autores tratam ser este indicador uma ferramenta de auxílio na avaliação das tecnologias de gerenciamento de resíduos, apoiando a tomada de decisão e análise de políticas públicas, além de ajudar na sensibilização da população. Wilson et al. (2015) não deram definições para o indicador, apenas citando o mesmo no trabalho.

No que concerne a análise emergética, Zhang e Long (2010) e Zhang et al. (2015) abordam esta como uma técnica de análise quantitativa que determina os valores dos recursos naturais, serviços e mercadorias em uma unidade comum de energia solar, permitindo que todos os fatores sejam comparados e avaliados em uma mesma unidade. Desta forma, a análise emergética avalia todos os insumos que abastecem um sistema, especialmente aqueles que são geralmente negligenciados pelos métodos contábilísticos econômicos clássicos, dando uma avaliação do custo real de qualquer classe de recurso, que não se limita ao seu preço econômico ou conteúdo energético.

Para este fim, a análise de energia é considerada como uma abordagem válida para quantificar os custos, tanto ambientais e econômicos. As principais etapas da análise em energia incluem a identificação dos limites do sistema, a identificação de dados, que incluem todas as entradas no processo, a contabilidade do fluxo de energia, o cálculo de um conjunto de índices e relações, para então utilizá-los na realização das análises.

A presença do termo “*Environmental Sustainability Index*” (Índice de Sustentabilidade Ambiental – ISA) retornou num resultado, no artigo de Zhang et al. (2015). Neste, a palavra é utilizada como um dos indicadores da análise emergética, significando a relação entre a razão de rendimentos de energia para a razão de carga ambiental, medindo a contribuição potencial de um recurso ou processo para a economia por unidade de carga ambiental.

Analisando os artigos selecionados em relação ao tema resíduos sólidos, 5 destes tinham esta temática como objeto de estudo. Destes, 3 trataram da Pegada ecológica e

dois da Pegada de carbono. Ainda, 4 destes 5 artigos falam de resíduos sólidos urbanos, com apenas um abordando resíduos de demolição. Desta maneira, estes indicadores se apresentam, a partir da análise de conteúdo, e devido à viabilidade em transpor indicadores gerenciais para indicador de sustentabilidade, como os mais apropriados para serem utilizados neste estudo. Estando a “Pegada de carbono” integrada na avaliação da Pegada ecológica, será utilizado apenas o indicador Pegada Ecológica para esta pesquisa.

Os resíduos sólidos urbanos refletem as quantidades e tipos de materiais consumidos pela população local; desta maneira, os valores da Pegada Ecológica para diferentes tipos de materiais podem ser úteis para identificar os impactos relativos destes no ambiente. A partir da sistematização destas informações, poderá ser usado para orientar um gerenciamento mais ambientalmente adequado. Neste caso, a Pegada Ecológica é calculada com base no uso de energia e emissões de CO₂ obtidas pelo estudo do ciclo de vida de cada material.

5.2 Módulo II: Análise Multivariada dos dados

Este tópico apresenta os resultados da transposição de dados gravimétricos e volumétricos dos setores de coleta definidos da cidade do Recife-PE para parâmetros de sustentabilidade, nomeadamente a Pegada Ecológica por tipologia do resíduo, bem como o tratamento estatístico, a partir da análise multivariada desses dados para posterior análise e discussão.

5.2.1 Pegada Ecológica por setor dos materiais selecionados

Para a realização da aplicação do método da Pegada Ecológica na transposição dos dados gravimétricos e volumétricos, foram utilizadas informações secundárias advindos de estudos desenvolvidos por Jucá et al. (2014), como proposta no trabalho de Kissinger et al. (2013). Para obter a Pegada Ecológica dos RSU por tipologia, para cada setor de estudo, foi utilizada tabela de dados de Kissinger et al. (2013), que quantifica tal indicador para os materiais mais comuns encontrados no fluxo dos resíduos sólidos urbanos (Tabela 3). Tais informações foram obtidas no trabalho citado através de revisão de estudos sobre Análise de Ciclo de Vida (ACV) para cada tipo de material, dos quais foram extraídos os dados de fonte de energia e as emissões de CO₂ para o cálculo da Pegada Ecológica, bem como os respectivos fatores de conversão de terra

necessários. Os resíduos orgânicos, apesar de constituírem a maior fração dos resíduos gerados no meio urbano, não foram estudados quanto a pegada ecológica, devido a dificuldade de especificar os diversos elementos que o compõe e assim definir os valores para o cálculo do indicador.

Tabela 3. Pegada Ecológica dos materiais mais comuns no fluxo dos resíduos sólidos urbanos.

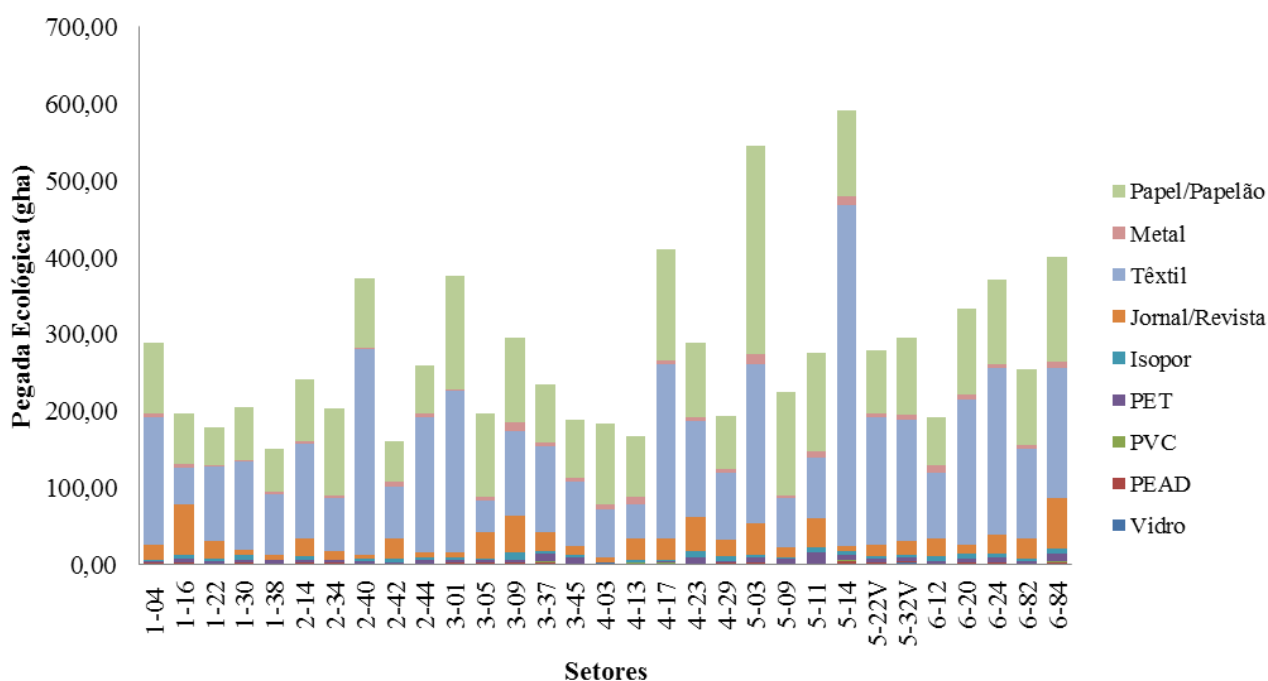
Tipologia	Min gha/t	Max gha/t	Média gha/t	Desvio Padrão gha/t
Vidro	0.18	0.40	0.24	0.09
PEAD	0.13	0.35	0.20	0.10
PVC	0.31	0.53	0.41	0.07
PET	0.24	0.57	0.48	0.11
Poliestireno	0.26	1.04	0.66	0.25
Aço	0.38	0.90	0.61	0.16
Jornal/Revista	2.15	2.34	2.23	0.08
Papelão	2.71	2.79	2.76	0.04
Papel	2.62	3.23	2.82	0.17
Alumínio	1.77	4.06	2.42	0.75
Têxtil	8.35	12.21	10.20	1.59

Fonte: Adaptado de Kissinger et al. (2013)

Destaca-se que foi aplicada a média ponderada através da densidade dos materiais, no que se trata do resíduo papel e papelão, aço e alumínio, para obtenção da Pegada para o conjunto destes materiais, ou seja, papel/papelão e metal (alumínio e aço). Para tanto, foi adotada a densidade de $929,5 \text{ kg.m}^{-3}$ para o papel; 689 kg.m^{-3} para o papelão; 2.693 kg.m^{-3} para o alumínio; e 7855 kg.m^{-3} para o aço (DEY, 2015). Desta maneira, o valor médio da Pegada Ecológica para o papel/papelão foi de **2,79 gha.t⁻¹** e para o metal de **1,07 gha.t⁻¹**.

A partir dos conjuntos de informações (valor médio da Pegada Ecológica dos materiais e valores de geração por tipo de resíduo), foram obtidos os valores da Pegada Ecológica por tipo de resíduo para alguns setores da cidade de Recife-PE (Apêndice A) (Figura 8). A unidade de medida da Pegada Ecológica é o Global Hectar (hectare global – gha), o qual corresponde a um hectare de espaço biologicamente produtivo com “produtividade média mundial”. A finalidade em se utilizar o Global Hectar no Ecological Footprint Method é permitir comparações (FEITOSA et. al., 2010).

Figura 8. Pegada ecológica dos materiais para cada setor de coleta estudado



Legenda: PET – Polietileno Tereftalato; PVC – Policloreto de Polivilina; PEAD – Polietileno de Alta Densidade.

A análise da Pegada Ecológica por tipo de material mostra que o maior valor foi da pegada dos resíduos têxtil, seguido do papel/papelão, com média de 135,82 gha e 99,91 gha, respectivamente. Já os materiais vidro e o plástico PVC apresentaram os menores valores, com média de 0,65 gha e 0,31 gha, respectivamente.

O elevado valor da Pegada dos resíduos têxtil está relacionado ao alto valor da Pegada por tonelada deste material (Tabela 3). O Brasil, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) (2013), possui a quinta maior indústria têxtil do mundo e ocupa a quarta posição entre os maiores produtores mundiais de artigos de vestiários, com força produtiva de 32 mil empresas de todos os portes, instaladas por todo o território nacional, empregando cerca de 1,7 milhões de trabalhadores, com faturamento, em 2012, de U\$\$ 56,7 bilhões. O produto deste setor, no entanto, tem ciclo de vida comercial curto, por se tratar de produto de moda, a qual é ditada por tendências passageiras, contribuindo para posterior geração de resíduos (MILAN et al., 2010).

O elevado valor da Pegada Ecológica por tonelada de resíduo têxtil está atrelado ao passivo ambiental⁴ decorrente da cadeia da indústria têxtil. A *Environmental Protection Agency – EPA*⁵ considera a indústria têxtil como uma das quatro indústrias que mais consomem recursos naturais e que mais poluem (MARTINS, 2009). Esta envolve a produção da matéria-prima, as indústrias de fiação, tecelagem e acabamento, as confecções, as lavanderias industriais e o uso pelo consumidor. Nesses processos, há impactos ambientais referentes ao uso de materiais tóxicos, ao uso excessivo de água, emissão de gases de efeito estufa, geração de resíduos, consumo de energia proveniente de fontes não renováveis, entre outros (UNIETHOS, 2013). Quanto aos resíduos têxteis, existe também a problemática do tempo de decomposição lento e a produção de lixiviados, que pode contaminar a superfície e as fontes de água. No caso dos tecidos sintéticos, a decomposição pode levar centenas de anos (MACHADO; LEONEL, 2014).

Já a elevada Pegada dos resíduos de papel/papelão está associada a grande geração deste resíduo, o qual pode estar relacionado ao descarte de embalagens. Estes materiais, principalmente o papelão, têm um uso bastante elevado entre as embalagens, uma vez que o consumo deste material por habitante é significativamente superior ao consumo de embalagens fabricadas com outros materiais, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (IPEA, 2012). Esta conjuntura, com a liderança de geração do papel/papelão, também ocorre em nível do Brasil, quando considerado apenas a fração de potenciais recicláveis dos resíduos coletados (op cit.).

Os menores valores registrados de Pegada Ecológica para os resíduos de vidro e PVC⁶ são devido aos baixos valores médios da geração destes resíduos na amostra analisada. O vidro tem um quantitativo pouco expressivo, porque participa de forma ativa na cadeia de reciclagem de RSU, sendo interceptado por catadores de materiais recicláveis, não representando, de forma real, a geração deste resíduo pela população, como sugere Silva (2015). O alumínio, que está incluído na tipologia metal, também possui esta característica. Este resíduo tem elevado poder de reciclagem, ou seja, praticamente 100% do material pode ser reaproveitado, e possui o maior valor de mercado dentro da cadeia da reciclagem. No Brasil, em 2011, 98,3% da produção de

⁴Compreende-se por passivo ambiental toda agressão ao meio ambiente resultante de eventos passados e que, no âmbito da contabilidade ambiental, consiste no valor de investimento necessário para reabilitá-lo (SANTOS, 2015).

⁵ A *Environmental Protection Agency - EPA* é a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a qual tem o objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente em sua totalidade.

⁶ PVC – Policloreto de Vinila, plástico utilizado na indústria da construção civil, constituindo, por exemplo, tubos e conexões.

latas de alumínio foram reciclados, números superiores a países como Japão (92,6% em 2010) e Estados Unidos (65,1%) (GODECKE, 2014).

Desta forma, observa-se que os valores da pegada ecológica do material vão depender da quantidade gerada e coletada dos resíduos, bem como do valor base de cálculo, que está relacionado ao impacto do componente no meio ambiente. A partir destas informações, é possível estimar o valor da pegada ecológica dos resíduos determinados e relacionar com outros parâmetros envolventes no sistema urbano da área estudada.

5.2.2 *Análise descritiva dos dados*

Na intenção de aprofundar o estudo dos setores de coleta objeto deste trabalho quanto a Pegada Ecológica, foi utilizado os princípios da Estatística Descritiva. Tais informações serviram de subsídio a posterior interpretação da Análise Multivariada dos dados. Desta maneira, a análise referente às medidas de posição e dispersão mostrou grande variabilidade dos dados advindos da Pegada Ecológica dos materiais, com valores máximos e mínimos apresentando intervalos acentuados (Tabela 4). As medidas de dispersão, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV), também apresentaram valores elevados, evidenciando a heterogeneidade amostral.

Tabela 4. Análise Descritiva da Pegada ecológica por tipo de material

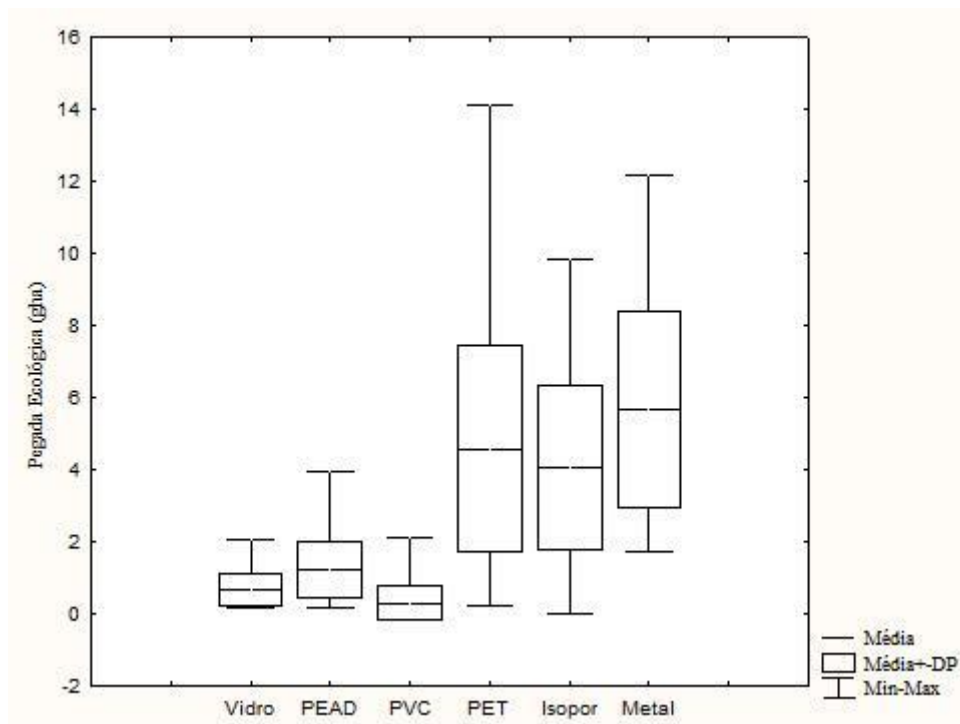
Tipificação dos resíduos	Média (gha)	Máx. (gha)	Mín. (gha)	D.P (gha)	CV (%)
Vidro	0,65	2,07	0,19	0,45	68,26
PEAD	1,23	3,94	0,18	0,76	61,75
PVC	0,31	2,10	0,00	0,47	153,14
PET	4,57	14,14	0,22	2,86	62,71
Poliestireno/Isopor	4,04	9,84	0,00	2,28	56,31
Jornal/Revista	23,51	66,30	5,38	16,26	69,14
Têxtil	135,82	444,38	41,25	83,40	61,41
Metal	5,66	12,18	1,72	2,71	47,78
Papel/Papelão	99,91	271,32	49,10	41,97	42,00

Legenda: DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação; Máx. – Máximo; Mín. - Mínimo

A heterogeneidade dos resultados obtidos de Pegada Ecológica reflete as particularidades e diferentes realidades apresentadas pelos setores, com inferência nas características socioeconômicas (população e renda), bem como as características quantitativa e qualitativa dos diferentes tipos de resíduos. Os valores máximo, mínimo,

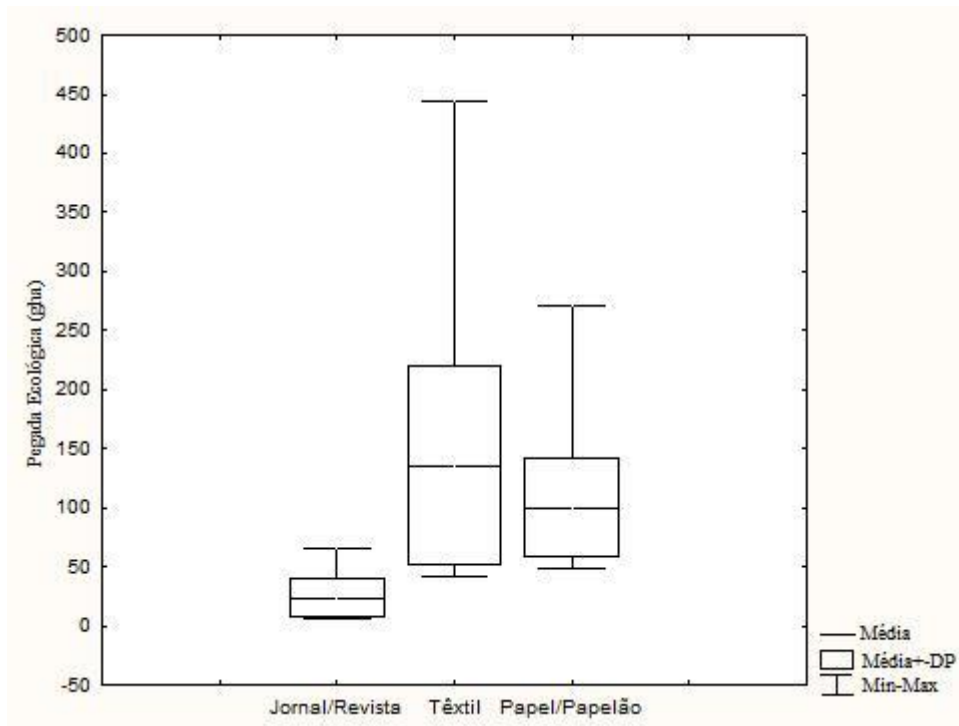
a média e o desvio padrão das variáveis gravimétricas analisadas representadas por gráficos *box plot*, expressam a dispersão dos resultados (Figura 9 e 10). As variáveis gravimétricas foram divididas em dois gráficos, devido aos valores de escalas discrepantes entre alguns tipos de resíduos.

Figura 9. Dispersão amostral das variáveis vidro, PEAD, PVC, PET, isopor e metal por ilustração *box plot*.



Legenda: PET – Polietileno Tereftalato; PVC – Policloreto de Polivilina; PEAD – Polietileno de Alta Densidade.

Figura 10. Dispersão amostral das variáveis jornal/revista, têxtil, papel/papelão por ilustração *box plot*.



A dispersão dos dados pode estar atrelada a fatores socioeconômicos referentes à diversidade dos setores de coleta estudados. O valor da Pegada Ecológica é uma relação proporcional à geração de resíduos e esta, por sua vez, é influenciada por fatores econômicos, culturais e também por fatores populacionais e a urbanização (GODECKE et al., 2012). Para Carvalho Júnior (2013), ainda se adota, no entanto, um discurso da superpopulação como o único fator de crescimento da geração dos resíduos sólidos urbanos; contudo, não é o principal fator de ameaça. Giacomini Filho (2008) assinala que a quantidade gerada de resíduo depende de vários fatores, sendo a renda um dos mais relevantes. Campos (2012) considera também como fatores que afetam a geração de resíduos no Brasil: a redução do número de habitantes por domicílio; a entrada mais efetiva da mulher no mercado de trabalho, a partir da década de 1970; e a migração no sentido Sudeste/Nordeste, caracterizando mudanças nos hábitos de consumo das populações locais, reflexo do comportamento dos migrantes que voltam aos seus locais de origem.

No caso da Pegada Ecológica, Abreu et al. (2009) afirmam que a renda e o tamanho de uma população são fatores que influenciam no valor deste indicador. Entretanto, segundo os idealizadores da metodologia da Pegada ecológica (SANTOS et al., 2008), estes parâmetros apresentam influência direta na variação da Pegada dos

países, o que pode não ter relação direta com a de materiais, pois esta se refere ao ciclo de vida, além da quantidade de terra para a disposição de resíduos ou para a produção de alimentos que darão suporte a esta população. Desta forma, analisou-se a Pegada dos tipos de resíduos estudados com a população e a renda domiciliar média dos 31 setores de coleta (Anexo A) a partir do coeficiente de Correlação de Pearson, buscando as variáveis significantes a partir de análise no *software Statistica* (Tabela 5).

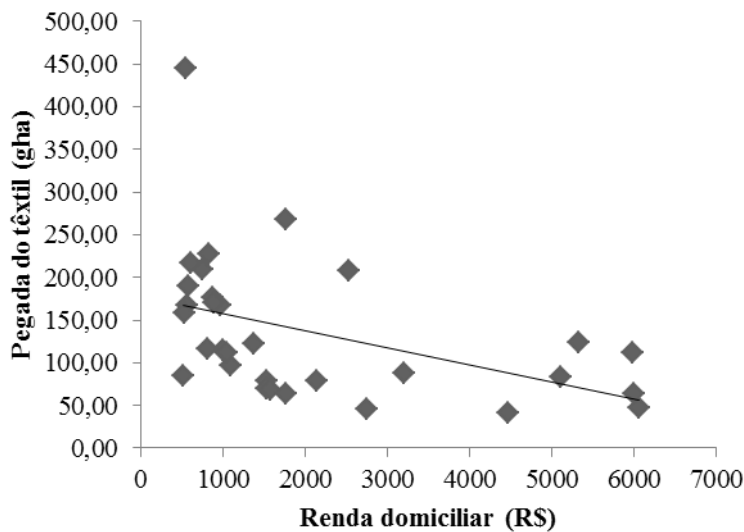
Tabela 5. Correlação entre as Pegadas Ecológica dos materiais e a densidade populacional e renda domiciliar

Variáveis Gravimétricas	Coeficiente de Correlação	
	Densidade Populacional	Renda Domiciliar
Vidro	-0,235	0,249
PEAD	0,561	-0,317
PVC	0,466	-0,191
PET	0,127	-0,069
Poliestireno/Isopor	0,322	0,145
Jornal/Revista	0,141	0,399
Têxtil	0,375	-0,445
Metal	0,123	0,128
Papel/Papelão	-0,226	-0,011

A análise demonstrou que as variáveis Pegadas do PEAD, do PVC e do têxtil foram as que mais se associaram com a densidade populacional. Isto significa que a densidade populacional explica 31,43% da variação da Pegada dos resíduos de PEAD; 21,71% da variação da Pegada do PVC e 14,03% do têxtil. Silva et al. (2012) afirmam que a relação da população na geração de resíduos não está atrelada apenas à fatores de densidade e taxa de crescimento, mas também a outros aspectos, como estrutura etária, distribuição espacial e estrutura domiciliar. Para estes autores, estes diferenciais demográficos poderão alterar a quantidade e qualidade dos bens consumidos e, conseqüentemente, o padrão de geração de resíduos.

Já para a renda domiciliar média, as variáveis que tiveram relação significativa foram o jornal/revista e, novamente, o têxtil. Neste caso, a renda domiciliar média explica 15,94% da variação da Pegada dos resíduos do jornal/revista e 19,84% dos têxteis. No entanto, no caso do têxtil e a renda domiciliar a relação é negativa, ou seja, quanto maior a renda, menor o valor da Pegada dos resíduos têxteis (Figura 11).

Figura 11. Relação entre a renda domiciliar e a Pegada dos resíduos têxteis para os setores selecionados.



De maneira geral, são registrados menores valores de geração *per capita* de resíduos em regiões mais pobres do que em regiões mais ricas (OLIVEIRA et al., 2004). No entanto, segundo Campos (2012), o aumento da renda nas faixas de menor renda resulta em aumentos de consumo, proporcionalmente, maiores do que nas faixas de maior renda. Este mesmo autor observou que no Brasil, até 2008, houve uma associação direta entre o Produto Interno Bruto – PIB e a geração de resíduos, tendo o PIB crescido menos que a geração de resíduos, ou seja, com aumento da geração maior do que o crescimento econômico do país. A prática de doações de itens de vestuário também pode ser considerada um fator para a maior pegada dos resíduos têxteis nas camadas de renda mais baixas, pois, a partir desta prática, ocorre a transferência dos artigos de consumo das faixas de renda mais elevada para as mais baixas.

5.2.3 Análise dos componentes principais

Seguindo o critério de Kaiser (1958), considerando os autovalores maiores que a unidade, os três primeiros componentes na Análise de Componentes Principais foram considerados significativos (Tabela 6). Desta forma, estes três explicam 67,88% da variação dos dados, sendo que o CP1 explicou uma variação de 29,88%, o CP2 de 21,43% e o CP3 de 16,56%.

Tabela 6. Proporção e proporção acumulativa da variância explicada por cada componente principal

Componente Principal	Autovalores	Proporção (%)	Proporção Acumulativa (%)
CP1	2,69	29,88	29,88
CP2	1,93	21,43	51,32
CP3	1,49	16,56	67,88
CP4	0,74	8,17	76,05
CP5	0,72	8,00	84,04
CP6	0,56	6,23	90,27
CP7	0,45	5,01	95,28
CP8	0,31	3,40	98,68
CP9	0,12	1,32	100,00

De acordo com os resultados (Tabela 7), a primeira componente foi atribuída, principalmente, às Pegadas dos plásticos (PEAD, PVC, PET). Assim, este primeiro componente distingue setores de coleta com valores mais significativos para a Pegada destes parâmetros. Já a segunda componente é formada, com maior peso, pelas variáveis vidro e metal, relacionando a setores com características predominantemente comerciais. A terceira componente é formada pelos parâmetros Pegada do papel/papelão e do têxtil, distinguindo regiões com setores com características comerciais, devido ao papel/papelão, e com rendas domiciliar menores, pelo têxtil. Desta maneira, as variáveis podem ser materializadas por eixos para representação gráfica.

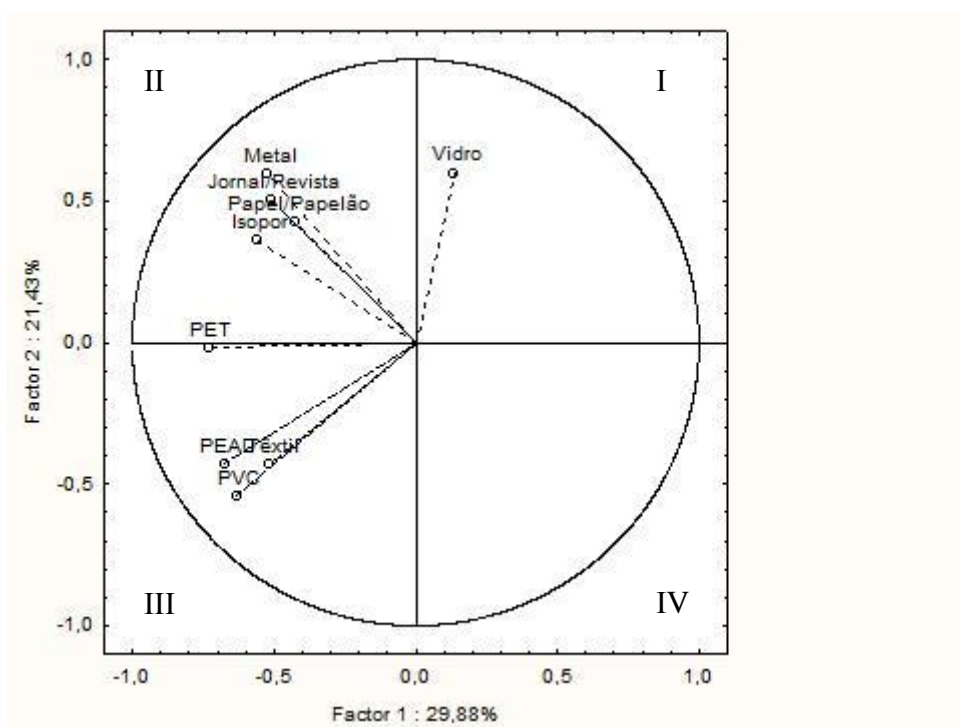
Tabela 7. Cargas fatoriais das variáveis para as componentes principais selecionadas.

Parâmetros	Carga dos componentes principais		
	Componente 1 (Fator 1)	Componente 2 (Fator 2)	Componente 3 (Fator 3)
Vidro	0,136	0,598	-0,471
PEAD	-0,672	-0,430	-0,283
PVC	-0,631	-0,541	0,178
PET	-0,729	-0,017	0,262
Isopor	-0,558	0,359	0,423
Jornal/Revista	-0,509	0,502	0,461
Têxtil	-0,516	-0,427	-0,573
Metal	-0,523	0,592	-0,215
Papel/Papelão	-0,423	0,423	-0,568

Observou-se, através da projeção polar das cargas das variáveis associadas às duas primeiras componentes, que juntas explicam 51,32% da variação, a formação de

dois grupos, os quais apresentam variáveis com forte correlação entre si (Figura 14) devido ao fato de estarem juntas e na mesma direção. No segundo quadrante, há o grupo formado pelo metal, jornal/revista, papel/papelão e isopor. No terceiro quadrante, há o grupo formado pelo PEAD, PVC e têxtil. O vidro, isolado no primeiro quadrante, e o PET não apresentam correlação entre si, e este último, não apresenta importância na composição da componente 2.

Figura 12. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica nas duas primeiras componentes principais



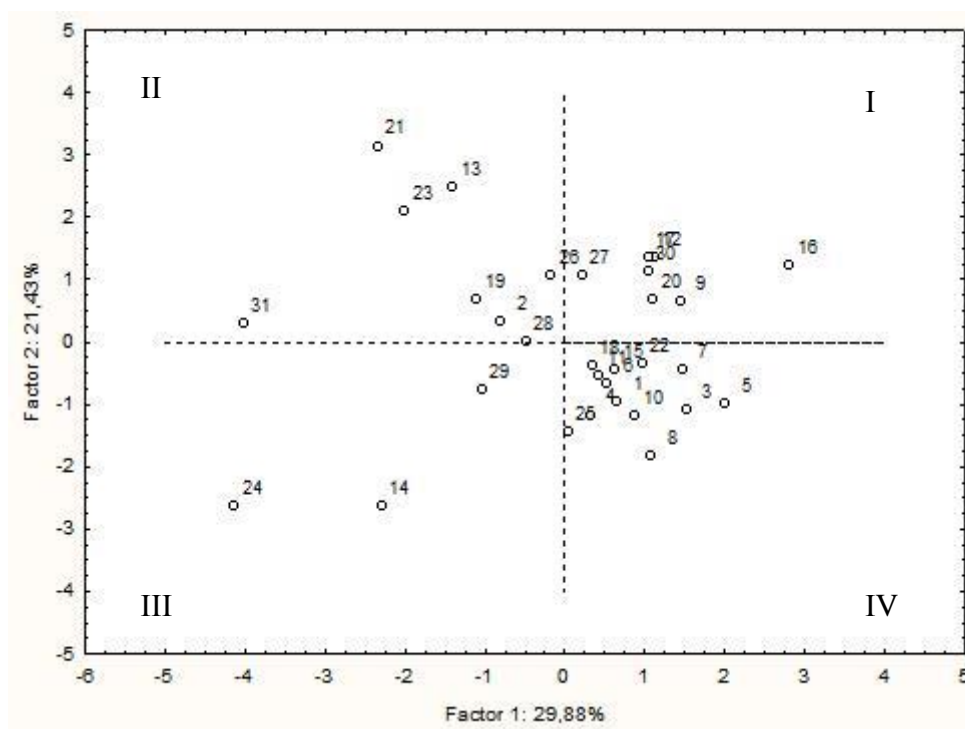
Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

A distribuição dos 31 setores de coleta se dá conforme a associação com cada componente. Desta forma, em relação às duas primeiras componentes principais, observa-se que os setores 24, 14, 29 e 31 (5-14, 3-37, 6-24 e 6-84, respectivamente) possuem maior Pegada para os resíduos plásticos, sendo o 29 e 31 com maiores valores para a Pegada do PET (Figura 15). Os setores 24 e 14 vão apresentar também altos valores de Pegada dos resíduos têxteis. O conjunto de setores localizados no quarto quadrante vai apresentar menores Pegadas para os resíduos: metal, jornal/revista, papel/papelão e isopor. Nesta situação, evidenciam-se os setores 8 (2-40), 5 (1-38), 3 (1-22), em relação aos demais.

Os setores 21, 23 e 13 (5-03, 5-11, 3-09, respectivamente) vão indicar maiores valores de Pegada para o grupo de resíduos identificados no segundo quadrante, com

maior destaque para o metal em se tratando do setor 21, e jornal/revista e papel/papelão para o 23 e o 13. O setor 16 (4-03) apresenta mais afastado dos demais no primeiro quadrante, indicando Pegada mais significativa para o vidro e valores mais razoáveis dos demais materiais.

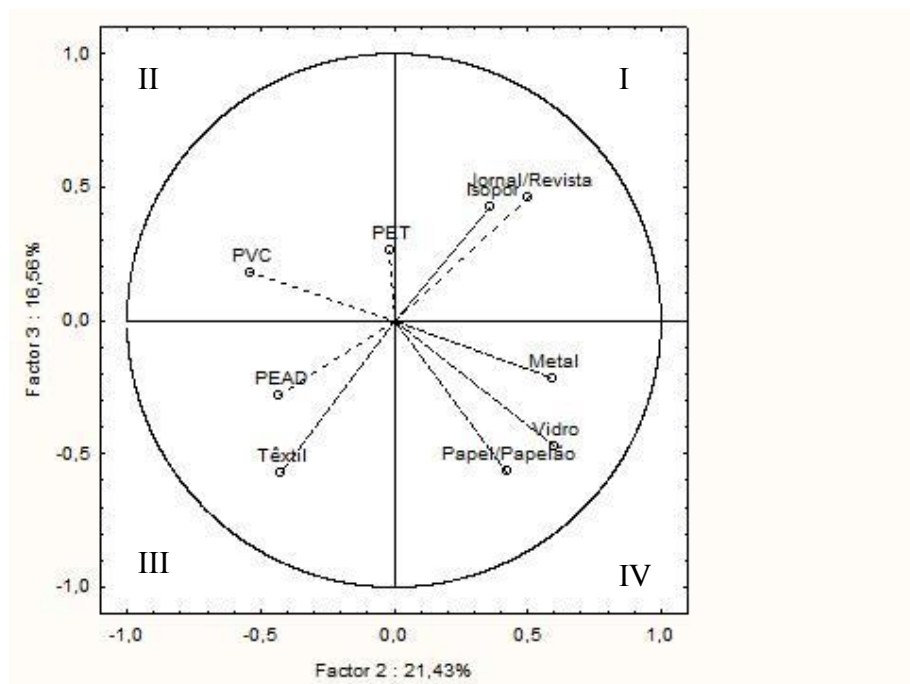
Figura 13. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados nas duas primeiras componentes principais



Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

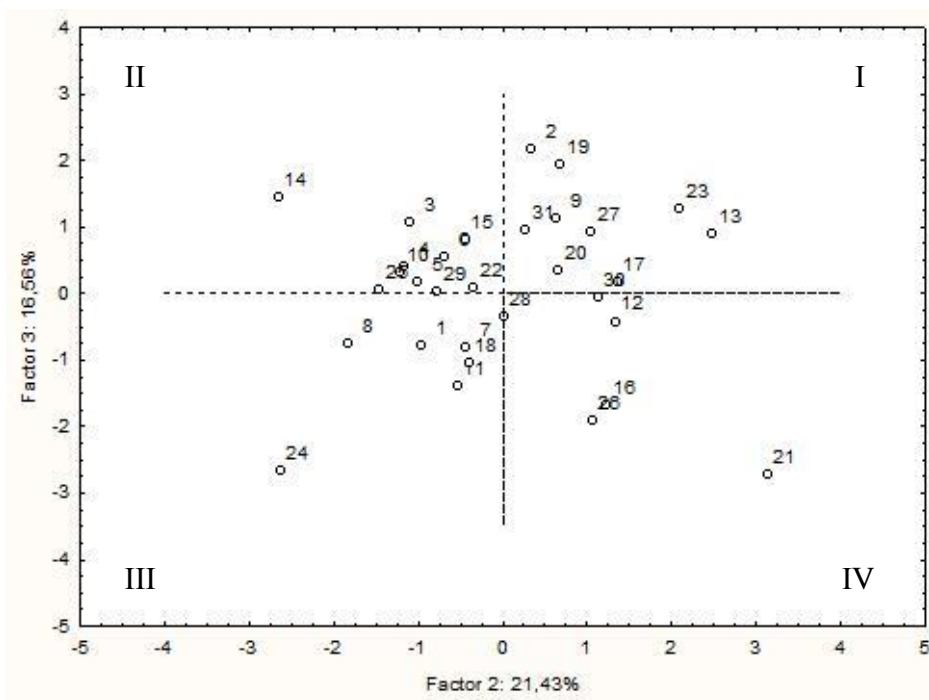
A análise da projeção entre as componentes 2 e 3 mostra a formação de grupos com maior correlação, no primeiro quadrante, entre as variáveis Pegada do jornal/revista e isopor, novamente juntos; o PEAD e o têxtil no terceiro quadrante, também apresentando correlação entre as componentes 2 e 3; e o metal, vidro e papel/papelão no quarto quadrante (Figura 16). Na representação dos setores no plano (2 x 3) é possível confirmar o setor 24 com valores significativos para Pegada dos resíduos têxteis e, nesta projeção, evidencia também que este setor tem valores mais baixos de Pegada para o jornal/revista e isopor (Figura 17). Nesta projeção é possível identificar setores isolados, tal como o 21 (5-03) que indica que este se diferencia dos demais devido ao elevado valor na Pegada do papel/papelão e insignificante valor de Pegada do PVC. Seguindo esta ideia, mas em contraponto, está o setor 14, que confirma a observação de que possui maiores valores de Pegada para os resíduos plásticos, e menor valor para papel/papelão.

Figura 14. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica entre a segunda e terceira componentes principais



Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

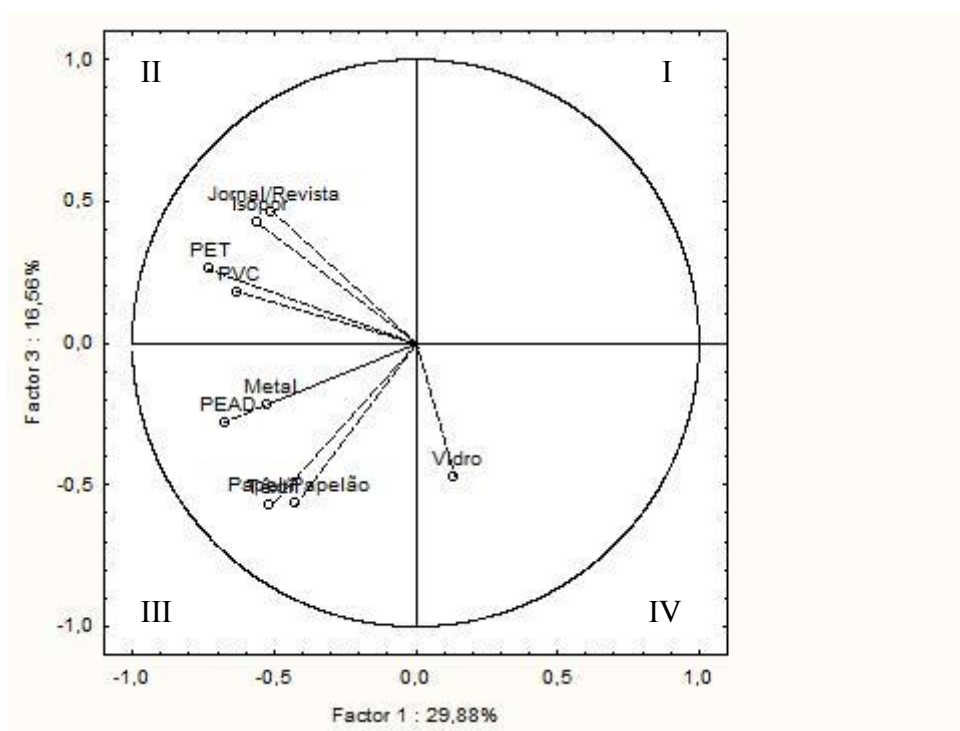
Figura 15. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados entre a segunda e terceira componentes principais



Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

O plano de projeção das variáveis nos fatores 1 e 3 confirma os plásticos mais próximos ao fator 1, bem como o isolamento do vidro, mostrando baixa correlação com as demais variáveis. É possível observar também a formação de grupos de variáveis mais intensamente correlacionadas, sendo o jornal/revista, isopor, PET e PVC no segundo quadrante; e o PEAD, metal, têxtil e papel/papelão no terceiro quadrante (Figura 18). Avaliando as correlações das variáveis nas três componentes é possível concluir que o jornal/revista e o isopor são fortemente correlacionados entre si; bem como o metal e o papel/papelão, ambos constituídos por materiais presentes em embalagens; e o têxtil e o PEAD.

Figura 16. Projeção espacial da ordenação dos vetores das variáveis gravimétricas da Pegada ecológica entre a primeira e terceira componentes principais

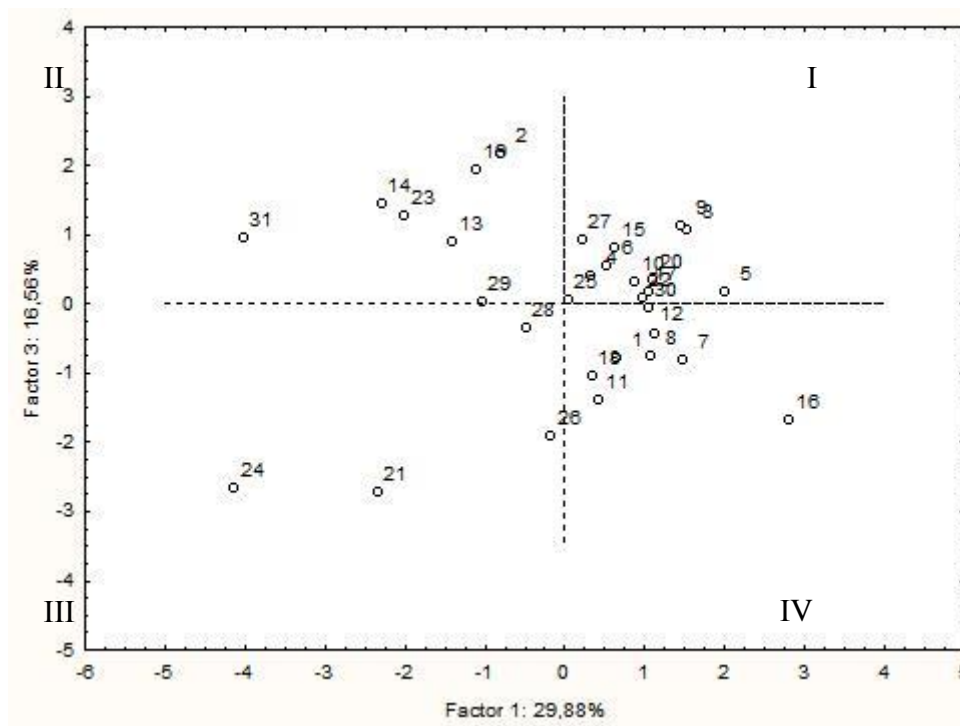


Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

A distribuição dos setores nas componentes 1 e 3 efetivamente confirma as análises sobre o setor 24, indicando que o mesmo se destaca como um dos setores com elevados valores de Pegada para a maioria dos resíduos estudados (Figura 19). Esta projeção evidencia também os setores 3 (1-22) e 5 (1-38) no primeiro quadrante, oposto a Pegada do papel/papelão, confirmando valores mais baixos de Pegada para este tipo de resíduo, como é visto nas projeções anteriores. O setor 16 também nesta projeção

aparece mais isolado, confirmando por sua posição que apresenta valores mais razoáveis de Pegada para os tipos de materiais estudados.

Figura 17. Projeção espacial dos 31 setores de coleta estudados entre a primeira e terceira componentes principais



Legenda: I,II,III,IV quadrantes.

A aplicação da análise multivariada foi utilizada também por Olaya et al. (2013) para avaliar a correlação entre variáveis socioeconômicas e a geração de resíduos. Através do estudo dos componentes principais verificaram que o perfil do maior gerador de resíduos domiciliares da região de Cali, Colômbia, é de uma pessoa que vive em um extrato socioeconômico elevado, com alto nível de escolaridade e com idade superior a 46 anos. Dessa maneira, a análise de componentes constitui uma técnica para exploração de relações entre variáveis.

Com a análise de componentes principais observam-se relações de semelhanças entre setores de acordo com o valor de pegada, bem como a inter-relação entre as variáveis estudadas, que são os diferentes tipos de resíduos. Assim, evidencia-se a correlação entre os materiais quanto ao valor do indicador e se introduz a uma análise de formações de grupos entre os setores analisados, que terá maior apontamento com o estudo dos *clusters*, visando alcançar a proposta de auxílio às tomadas de decisão quanto a gestão dos RSU através do uso de indicadores de sustentabilidade.

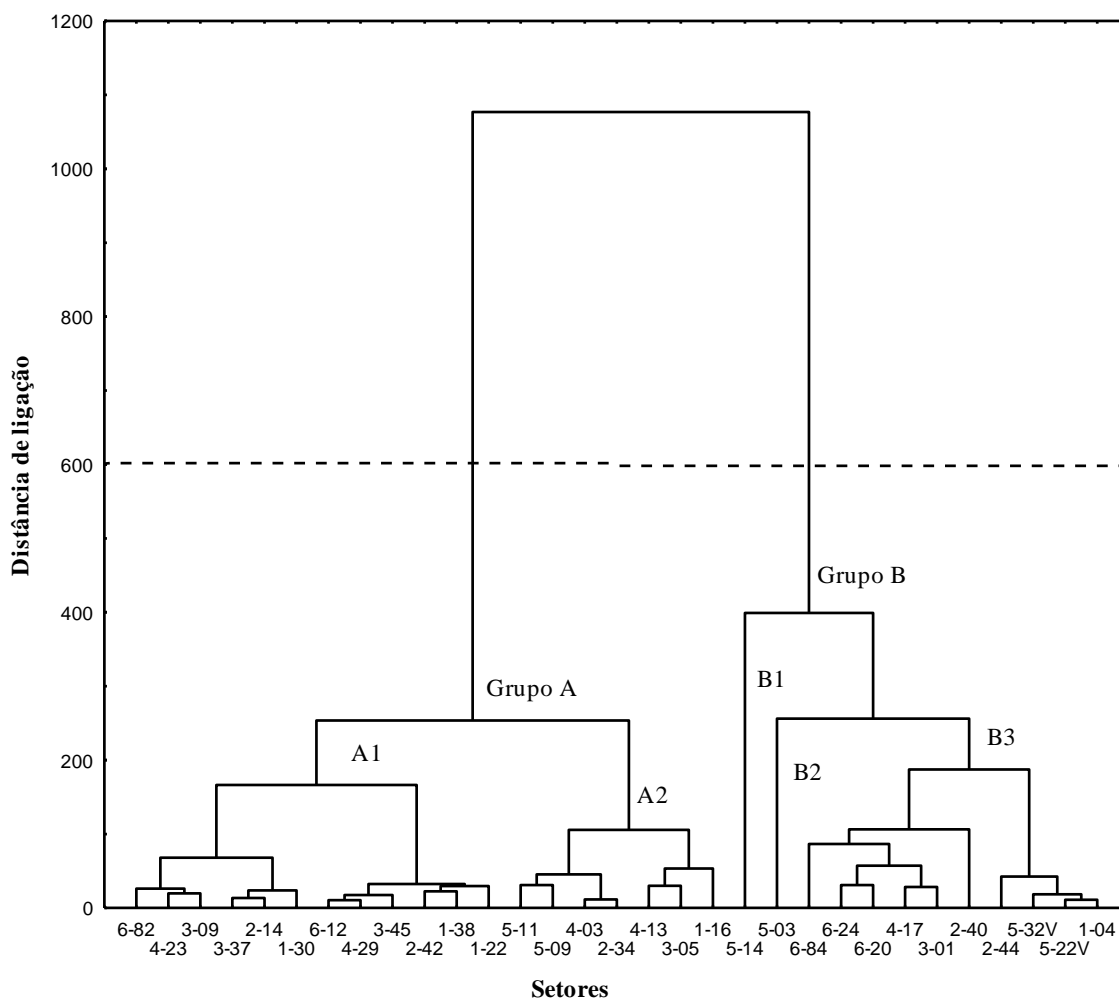
5.2.4 Análise de agrupamento

O método ACP permitiu a observação da interação entre as variáveis e entre estas e os indivíduos. No entanto, pretendeu-se ainda identificar a formação de grupos de setores, as características que os aproximam internamente, especialmente quanto aos valores de Pegada Ecológica para os materiais selecionados, na intenção de identificar regiões semelhantes para aplicação de modelos de gestão específicos e sustentáveis.

A análise proposta de agrupamento hierárquico dos setores de coleta em estudo da cidade do Recife-PE, a partir de indicadores de sustentabilidade, notadamente a Pegada Ecológica de materiais selecionados, está representada graficamente através de dendrograma⁷ (Figura 20). Neste, foi traçada uma linha de corte no nível de homogeneidade de 50%, destacando a formação de dois grupos distintos denominados grupo A e grupo B. O primeiro *cluster* (A) deu origem a dois subgrupos (A1 e A2), e o segundo (B) a três subgrupos (B1, B2 e B3). O grupo A foi o mais representativo, compreendendo 19 setores e o grupo B abrangeu 12.

⁷ Dendrograma, de acordo com Souza e Souza (2006), é uma representação gráfica em forma de árvore que resume o processo de agrupamento em uma análise de *clusters*.

Figura 18. Dendrograma dos setores de coleta da cidade de Recife-PE agrupados quanto a Pegada ecológica de materiais selecionados



O subgrupo A1 compreendeu os setores 6-82, 4-23, 3-09, 3-37, 2-14, 1-30, 6-12, 4-29, 3-45, 2-42, 1-38 e 1-22. A variável determinante para a composição deste subgrupo foi a Pegada do papel/papelão, que para este grupo foi, em média, a menor. Caracteriza-se também por possuir médias, de maneira geral, mais baixa para todos os resíduos analisados. Em relação as características dos bairros que compõem este grupo, possuem uma estrutura bastante diversa em relação à localização das rotas, com presença nas diversas regiões da RMR, e ao nível econômico.

Dentro deste subgrupo, observa-se também forte similaridade entre os setores 6-12 e 4-29, apresentando entre eles a menor distância euclidiana⁸. Estes setores apresentaram valores de Pegadas para os resíduos estudados bastante similares. Estes,

⁸ Distância euclidiana é uma medida de semelhança obtida com base no teorema de Pitágoras considerando um espaço multidimensional (VICINI, 2005)

por sua vez, apresentam características socioeconômicas diversas, por exemplo, o primeiro é constituído de rotas localizadas nos bairros de Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba, de classe Baixa, e o segundo por rotas localizadas no bairro de Boa Viagem, classificado em classe média. Além deste, os setores 4-23 e 3-09 e o 2-42 e 1-38 também apresentaram forte similaridade quanto aos valores apresentados do indicador de sustentabilidade.

O subgrupo A2 abrangeu os setores 5-11, 5-09, 4-03, 2-34, 4-13, 3-05, 1-16. Estes setores possuem a menor média de Pegada de resíduos têxtil (58,32 gha) e também valores mais baixos de Pegada dos plásticos. No geral, mantém a lógica percebida no grupo A de apresentar valores gerais mais baixos de Pegada dos resíduos, em relação aos demais setores estudados. O subgrupo é caracterizado por nível econômico de classes média e alta, com áreas residenciais e comerciais. Isto confirma os dados obtidos na análise descritiva, no qual quanto maior a renda menor a Pegada dos resíduos têxteis.

Analisando o dendrograma (Figura 20), foi possível identificar forte similaridade entre os setores 4-03 e 2-34, com a menor distância euclidiana. Estes apresentaram valores semelhantes de Pegada dos resíduos têxtil (62,93 gha e 69,21 gha, respectivamente) e do papel/papelão (105,04 gha e 112,66 gha, respectivamente). Além destes, os setores 4-13 e 3-05 e 5-11 e 5-09 também apresentaram forte similaridade e o mesmo padrão de semelhança.

O subgrupo B1 é composto por apenas um setor, o 5-14, compreendido pelos bairros de Torrões e Cordeiro, considerados de classe Baixa e essencialmente residenciais. Este apresenta alto valor de Pegada para os resíduos têxteis (444,38 gha), o maior de todos os setores, bem como pelos maiores valores para as Pegadas dos plásticos – 3,94 gha para o PEAD; 1,15 gha para o PVC e 6,75 gha para o PET. Observa-se também para este setor baixo valor de Pegada para os resíduos de jornal/revista (7,05 gha) em comparação com a maioria dos demais.

O subgrupo B2 também é composto por apenas um setor, o 5-03, que apresenta isolado também na análise de componentes principais e pode estar relacionado aos altos valores de Pegada para os resíduos de jornal/revista (41,46 gha), têxteis (207,20 gha) e papel/papelão (271,32 gha). Esse padrão pode se referir à presença majoritária de estabelecimentos comerciais de diversos segmentos, formal e informal, favorecendo a geração destes resíduos, especialmente o papelão quando utilizado em embalagens. Este

setor é constituído por bairros classificados como de classe média e essencialmente comercial.

O subgrupo B3 compreendeu os setores 6-84, 6-24, 6-20, 4-17, 3-01, 2-40, 2-44, 5-32V, 5-22V e 1-04. Este subgrupo é formado pela baixa média de Pegada para o metal (4,74 gha) e seguindo a tendência do grupo B, valores mais elevados de Pegada Ecológica para os resíduos têxteis (194,84 gha). Este se caracteriza por bairros, majoritariamente, de classe baixa. Neste subgrupo, observou-se forte similaridade entre os setores 5-22 e 1-04, com o menor valor de distância euclidiana. Estes se assemelham devidos aos valores muito próximos de Pegada dos resíduos de vidro, jornal/revista, têxteis e papel/papelão. Ambos os setores são compostos por bairros de classe baixa e com presença de áreas residenciais e comerciais.

Em estudo de agrupamento realizado por Silva (2015) com os mesmos setores de coleta de RSU para a cidade de Recife-PE, mas com diferentes parâmetros de análise - população, renda domiciliar, renda per capita, geração de resíduos per capita, os resíduos recicláveis, alimentares e putrescíveis -, foi discriminada a mesma formação de grupos e subgrupos. No entanto, os setores que compõem os grupos são diferentes (Tabela 8), mostrando que as metodologias, utilizando indicadores de fundamentos diferentes, indicam diferente padrão de setorização.

Tabela 8. Comparação entre diferentes metodologias para formação de grupos dos setores de coleta urbana da cidade de Recife-PE.

Grupos	Setores	
	Silva (2015)	Presente pesquisa
Subgrupo A1	1-04, 1-22, 1-30, 2-44, 2-14, 2-34, 6-82, 6-84, 3-37 e 4-17	6-82, 4-23, 3-09, 3-37, 2-14, 1-30, 6-12, 4-29, 3-45, 2-42, 1-38 e 1-22
Subgrupo A2	3-01, 5-22V, 5-32V, 6-12, 6-20, 5-14 e 6-24	5-11, 5-09, 4-03, 2-34, 4-13, 3-05, 1-16
Subgrupo B1	1-16, 3-05, 3-45, 3-09, 4-03 e 4-23	5-14
Subgrupo B2	1-38, 2-42, 4-13, 4-29, 2-40, 5-09 e 5-03	5-03
Subgrupo B3	5-11	6-84, 6-24, 6-20, 4-17, 3-01, 2-40, 2-44, 5-32V, 5-22V e 1-04

Desta maneira, o uso de indicadores de sustentabilidade pode ser uma ferramenta auxiliar na gestão dos resíduos sólidos urbanos, como medida utilizada para setorização das rotas de coleta, na intenção de propor modelos de gerenciamento específicos para cada cenário identificado, dentro de um contexto sustentável.

5.3 Módulo III: Discussão de políticas públicas a partir de indicadores de sustentabilidade

A Constituição Federal constitui-se como gênese do Direito Ambiental brasileiro e norteadora das políticas públicas voltadas à proteção do meio ambiente. No Art. 225, estabelece o bem ambiental, destinado ao uso comum do povo, e impõe ao Poder Público, bem como à coletividade, o dever de defender e preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado (FIORILLO; FERREIRA, 2014).

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) visa à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e define meio ambiente como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981). O termo “todas as suas formas” inclui a fauna e flora como objeto de proteção. No entanto, Fiorillo e Ferreira (2014) enfatizam que os principais destinatários do direito ambiental brasileiro são as pessoas humanas, portanto, são estes os verdadeiros protagonistas em torno dos quais se estruturam as políticas públicas direcionadas ao bem ambiental.

Na PNMA são estabelecidos instrumentos para preservação do meio ambiente, dentre eles, a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; e o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente (BRASIL, 1981). Os indicadores de sustentabilidade se relacionam com estes instrumentos na medida em que podem funcionar como ferramenta de obtenção destas informações, ao analisar o estado das diversas dimensões que compõe o estudo do meio ambiente. Os indicadores, no entanto, não estão disciplinados nesta legislação, a qual é anterior a Conferência das Nações Unidas ocorrida no país em 1992.

A institucionalização de uma proposta sustentável foi incentivada pela Organização das Nações Unidas na Conferência Mundial sobre Meio Ambiente em 1992, a Rio-92, através da Agenda 21, a qual implantou também a lógica dos indicadores como instrumento para avaliar a sustentabilidade, os indicadores do desenvolvimento sustentável (PEREIRA, 2014).

Apesar de não haver explicitamente a palavra sustentabilidade no texto constitucional, este indica uma série de ações que trazem esse conceito, ou seja, o equilíbrio entre o social, o econômico e o meio ambiente, com vistas a garantir recursos

naturais para as atuais e futuras gerações. No entanto, não há menção de indicadores de sustentabilidade para monitoramento das ações voltadas ao meio ambiente e nem outras propostas de indicadores.

A partir da ECO-92, ainda que muitas vezes não expressa como indicadores de sustentabilidade, houve a promoção da ideia de se utilizar instrumentos que monitorem e forneçam informações para controle e aplicação das políticas públicas no âmbito do Direito Ambiental. No contexto da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, entra em debate a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB (BRASIL, 2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), instrumentos legais para as diretrizes da gestão e gerenciamento dos resíduos.

Já na PNSB se determina a elaboração de Planos Municipais de Saneamento, que incluem o item manejo de resíduos sólidos, e que estes devem conter, entre outras exigências, “diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas” (BRASIL, Art. 19, 2007). Nesta lei a ideia de indicadores também aparece no Art. 53 através da instituição do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico, em seus objetivos

- I - coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
- II - disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico;
- III - permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico.

Portanto, na PNSB observa-se a inclusão de indicadores, no entanto, são específicos para os serviços de saneamento, não contemplando os indicadores de sustentabilidade em sua visão global, como identificada na literatura.

A PNRS (BRASIL, 2010) está fundamentada nos princípios da sustentabilidade, na medida em que incentiva a destinação ambientalmente adequada dos resíduos e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos; a integração dos catadores; e à indústria da reciclagem. Desta forma, se apoia nos três pilares do desenvolvimento sustentável: o ambiental, o social e o econômico. A proposta de indicadores nesta lei aparece na elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos,

sendo o município responsável pelo manejo dos resíduos, a qual deve conter “indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, Art. 18, 2010).

Desta maneira, apesar da PNRS incluir diversos mecanismos de promoção da sustentabilidade na gestão de resíduos, como a logística reversa, ainda não inclui os indicadores de sustentabilidade de maneira operacional como diretriz a ser adotada nos modelos de gestão.

Observa-se também, quanto a presença ou ausência de indicadores de sustentabilidade, as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o CONAMA, as quais buscam operacionalizar as ações para preservação do meio ambiente. Nas Resoluções voltadas para os resíduos sólidos, há a 275/01 a qual utiliza a gravimetria para o código de cores para os diferentes tipos de resíduos na orientação dos coletores para coleta seletiva (BRASIL, 2001). Já na Resolução 307/02, está inclusa a ideia da gravimetria para estruturar as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (BRASIL, 2002a).

Em outras resoluções que têm como objeto os resíduos sólidos, a de número 313/02 faz uso de indicadores volumétricos e gravimétricos para o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (BRASIL, 2002b). A Resolução CONAMA 358/05 faz uso de gravimetria para o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde (BRASIL, 2005). Dessa forma, também nas resoluções não se encontra indícios da proposição de indicadores de sustentabilidade como ferramenta de gestão.

Nesse contexto de inclusão dos indicadores de sustentabilidade, a proposta de modelos integrados e sustentáveis deve ser baseada numa visão sistêmica, segundo própria orientação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (SANTIAGO; DIAS, 2012). A visão sistêmica é a adoção do pensamento holístico, o qual segundo Capra (1996) “concebe o mundo como um todo integrado, e não como uma coleção de partes dissociadas”. É o contraponto ao pensamento mecanicista, tal como o de René Descartes e o método do pensamento analítico que consiste em avaliar um fenômeno a partir das propriedades de suas partes. Apesar de ser possível identificar individualidades em qualquer sistema, não há isolamento entre estas e a representação do todo nunca será a simples soma de suas partes.

Destarte, verifica-se que as políticas públicas, orientadas pelas legislações ambientais, apresentam um novo cenário de gestão. Nestas são incentivados a coleta de informações e monitoramento das ações, tanto para os gestores públicos quanto para a

sociedade. Os indicadores de sustentabilidade possuem potencial de serem utilizados para tais funções. No entanto, observa-se que, operacionalmente, tais ideias ainda não estão difundidas, de fato.

No caso do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, entende-se que prioritariamente estão sendo utilizados padrões de gravimetria e volumetria na tomada de decisão, enquanto parâmetros sociais e ambientais, que podem alterar o cenário decisório, ficam de lado. No entanto, pela análise das legislações diretrizes e buscando alcançar a sustentabilidade, o poder público deve promover políticas que incluem os três parâmetros anteriormente citados e levar em consideração não somente a qualidade da vida humana, numa visão antropocêntrica, mas também do meio ambiente, visto que o primeiro depende dos recursos provenientes do segundo.

A adoção da perspectiva sistêmica contribui para a ideia de que a humanidade e natureza estão integradas, e, portanto, não podem ser analisadas como elementos distintos e independentes. Desta forma, todo fenômeno natural afeta os seres humanos, bem como toda ação antrópica afeta o meio ambiente, mesmo que indiretamente ou superficialmente. Este fato demonstra que esta relação exige cuidados, visto que agressões sobre um ou outro acabam por afetar eles próprios. É o caso da disposição dos resíduos sólidos urbanos, os quais, devido manejo inadequado, podem contaminar a água, o solo e o ar, afetando a saúde pública.

6. CONCLUSÃO

- Os parâmetros qualitativos e quantitativos gerenciais, comumente usados na gestão de resíduos sólidos urbanos, podem ser utilizados na composição de indicadores de sustentabilidade. Estes indicadores fornecerem subsídios para o gerenciamento destes resíduos, incluindo a dimensão ambiental no processo decisório da gestão pública.
- Pela análise de conteúdo do estudo bibliométrico, a Pegada Ecológica apresenta-se como o indicador mais indicado na transposição de dados gravimétricos e volumétricos de RSU para uma unidade global de referência da dimensão ambiental da sustentabilidade.
- Através da transposição dos dados para a Pegada Ecológica, verificou-se que os resíduos têxteis, seguido do papel/papelão, apresentaram os maiores valores para o referido indicador, devido à elevada geração dos mesmos e do alto valor unitário da Pegada Ecológica destes materiais.
- De maneira geral, os dados de Pegada dos resíduos apresentaram alta variabilidade, devido à diversidade dos setores estudados, com influência das características socioeconômicas.
- Por meio da Análise do Componente Principal, verificou-se que as variáveis relacionadas aos plásticos compõe com maior intensidade o componente que explicou a porcentagem majoritária de variância dos dados de Pegada, seguida dos resíduos de vidro e metal, posteriormente o resíduo têxtil e papel/papelão. A análise destes componentes indica que entre a Pegada dos resíduos de PET e de vidro há pouca correlação ao passo que o PEAD e o têxtil apresentam correlação positiva, bem como o jornal/revista e o isopor e metal e o papel/papelão. Esta análise mostrou-se ser um método claro graficamente, possibilitando a compreensão da correlação entre um conjunto de variáveis de forma simultânea.
- A Análise de Agrupamento formou cinco subgrupos semelhantes entre si e distintos dos demais, sendo o subgrupo A1 influenciado pela menor Pegada do papel/papelão; o subgrupo A2 pelos menores valores para Pegada dos resíduos têxteis e do conjunto dos plásticos, com valores mais baixos para os demais resíduos; o subgrupo B1, isolado, apresenta o maior valor de Pegada para o têxtil e para os plásticos; o subgrupo B2, também formado por apenas um setor, é

influenciado pelos altos valores de Pegada os resíduos de jornal/revista, têxteis e papel/papelão; por fim, o subgrupo B3 influenciado pelos baixos valores de Pegada para o metal e altos valores para o têxtil, seguindo o padrão do grupo B.

- A avaliação da legislação ambiental, orientadora de políticas públicas para os resíduos sólidos urbanos no país, evidencia a presença dos indicadores de sustentabilidade com a proposta de ferramenta para obtenção de informações e avaliação de políticas públicas, ainda que não seja disciplinada de maneira operacional.
- A utilização dos indicadores de sustentabilidade, notadamente a Pegada Ecológica, pode constituir mais uma ferramenta de auxílio à construção de modelos setoriais de gestão de resíduos sólidos urbanos, de maneira a observar particularidades e características de cada região referentes ao impacto ambiental que os resíduos gerados podem causar.

7. RECOMENDAÇÕES

Como recomendações gerais a partir do presente estudo, assinala-se:

- Propor modelos de gestão dos resíduos sólidos urbanos a partir dos *clusters* formados com a Pegada ecológica nas sub-regiões da cidade de Recife-PE e demais regiões;
- Aprofundar o presente estudo com outros dados de novas regiões;
- Internalizar dados da Análise do Ciclo de Vida para os resíduos urbanos, considerando as características locais, montando uma base de dados para a cidade de Recife-PE e demais regiões;
- Buscar a definições de cenários de rotas tecnológicas para os resíduos sólidos urbanos a partir de indicadores de sustentabilidade, agregando dados qualitativos às definições de gerenciamento;
- Estudar a possibilidade do desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade a partir de indicadores socioeconômicos e ambientais para a gestão de resíduos sólidos urbanos, a partir de técnicas multivariadas.

Neste sentido, o presente estudo busca delinear possíveis novas inferências para melhoria do gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

- ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções. **Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira: cenários, desafios, perspectivas e demandas**. Brasília: ABIT, 2013. 44p. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/cartilha_rtcc.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2017.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR N°10004. **Resíduos sólidos - Classificação**. 2 ed. 71p. 2004. Rio de Janeiro.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: Abrelpe, 2015. 92 p. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2016.
- ABREU, A. M.; NASCIMENTO, D. T.; MACHADO, L. O. R.; COSTA, H. A. Os limites da Pegada ecológica. **Desenvolvimento e meio ambiente**, n. 19, p. 73-87, jan./jun. 2009.
- ALBUQUERQUE, J. de L. (Org.). **Gestão ambiental e responsabilidade social: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2009.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.
- BARBOSA, E. B.; PIMENTA, H. F. da S.; CASTRO, A. P. de. Indicadores de Sustentabilidade e sua dimensão ambiental: ESI, EPI, LPI, PEGADA ECOLÓGICA, BIP 2020. **DELÓS – Desarrollo Local Sostenible**, v. 6, n. 18, out. 2013.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995. 229 p.
- BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. 2011. 274 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- BESEN, G. R.; RIBEIRO, H.; GUNTHER, W. M. R.; JACOBI, P. R. Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Abiement. Soc.**, v. 17, n.3, p. 253 – 272, 2014.
- BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Seção 1, p. 16.509, 2 set. 1981.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988. **Diário Oficial [da] União**, 5 out. 1988.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, nº 31, Seção 1, p. 1, 13 fev. 1998.
- BRASIL. Lei Federal nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Seção 1, p. 1, 7 abr. 2005.
- BRASIL. Lei Ordinária nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, p. 3, 8 jan. 2007.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, p. 2, 3 ago. 2010.

- BRAGA, M. C. B.; RAMOS, S. I. P.; DIAS, N. C. Gestão de Resíduos Sólidos para a sustentabilidade. In: POLETO, C. (Org.). **Introdução ao Gerenciamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. cap. 8, p. 267- 330.
- BRIASSOULIS, H. Sustainable development and its indicators: through a (planner's) glass darkly. **Journal of Environmental Planning and Management**, Newcastle, v. 44, n. 3, p. 409-427, 2001.
- CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.
- CAPRA, F. **A Teia da Vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1996. 249 p.
- CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; CARVALHO, E. K. M. A. CURI, R. C. Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, ano 23, n. 2, p. 295-310, 2011.
- CARVALHO JÚNIOR, F. H. **Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza-CE**. 2013. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo Municipal**: Manual de gerenciamento integrado. 3. ed. São Paulo: Cempre, 2010.
- CERVI, J. L.; CARVALHO, P. G. M. de. A Pegada ecológica do Município do Rio de Janeiro. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, p. 15-29, 2010.
- CIFRIAN, E.; ANDRES, A.; VIGURI, J. R. Estimating monitoring indicators and the Carbon Footprint of Municipal Solid Waste Management in the Region of Cantabria, Northern Spain. **Waste and Biomass Valorization**, v. 4, n. 2, p. 271-285, jun. 2013.
- CIFRIAN, E.; ANDRES, A.; VIGURI, J. R. Developing a regional environmental information system based on macro-level waste indicators. **Ecological Indicators**, v. 53, p. 258-270, 2015.
- CHEN, H.; JIANG, W.; YANG, Y.; YANG, Y.; MAN, X. State of the art on food waste research: a bibliometrics study from 1997 to 2014. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, n. 2, p. 840-846, 2017.
- CMMAD – Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**, 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>>. Acesso em: 5 jun. 2016.
- CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Publicado no D.O.U de 19 junho de 2001.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicado no D.O.U de 17 de julho de 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 313, de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Publicado no D.O.U de 22 de novembro de 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n° 358, de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Publicado no D.O.U de 04 de maio de 2005.

COUTINHO, R. M. C.; COUTINHO, A. L. O.; CARREGARI, L. C. Incineração: uma solução segura para o gerenciamento de resíduos sólidos. In. III Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World. **Anais.** São Paulo, 2011.

DALFOVO, M. S.; LANA, R. A.; SILVEIRA, A. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau, v.2, n.4, p.01-13, Sem II. 2008.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 20, n.4, p. 685-698, 2015.

DEY, S. S. Solid Waste Management. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, n. 2, p. 565-568, fev. 2015.

DIAS, E. P. Conceitos de gestão e administração: uma revisão crítica. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 1, n. 1, jul./dez. 2002.

EEA - European Environment Agency. **EEA core set of indicators.** Copenhagen: EEA, 2005. (Technical Report n° 1). 2005. 38 p.

ECHEGARAY, F.; AFONSO, M. H. F. Resposta às mudanças climáticas: inovação tecnológica ou mudança de comportamento individual? **Estudos Avançados**, v.28, n. 82, p. 155-174, 2014.

EL-DEIR, S. G. et al. **Gestão ambiental em micro e pequenas empresas: uma proposta metodológica.** In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS, 6., 2010, Recife. Anais do VI Encontro de estudos sobre empreendedorismo e gestão de pequenas empresas. Recife: EGEPE, 2010, p.1-15.

ESKANDARPOUR, M.; DEJAX, P.; MIEMCZYK, J.; PETON, O. Sustainable supply chain network design: an optimization-oriented review. **Omega - International Journal of Management Science**, v. 54, p. 11-32, jul. 2015.

FEITOSA, M. J. S.; CÂNDIDO, G. A.; FIRMO, L. A. Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: uma aplicação do Ecological Footprint Method no município de Campina Grande (PB). **Ambiência, Guarapuava**, v. 6, n. 3, p. 393-414, set./dez. 2010.

FERNANDES, P. A. A.; CÂNDIDO, G. A. Da sustentabilidade à competitividade: um caminho viável? **Rev. Ges. Sust. ambient.**, v.4, n.1, p. 55 – 76, 2015.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E.; Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Rev. Amb. Água**, v. 10, n. 4, p. 784-792, 2015.

FIORILLO, C. A. P. FERREIRA, R. M. Proteção jurídica do meio ambiente na Constituição brasileira. In. CUNHA, B. P.; AUGUSTIN, S. (Org.). **Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais.** Caxias do Sul: Educs, 2014. Parte II, pag. 74-88.

GABRIEL, I. M. O Município na Constituição brasileira: competência legislativa. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 15, n. 2397, jan. 2010. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/14240>>. Acesso em: 25 out. 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

- GIACOMINI FILHO, G. **Meio ambiente & consumismo**. São Paulo: Editora Senac, 2008. 255 p.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p
- GODECKE, M. V. Uma análise de mercado dos principais recicláveis no Brasil. **EcoDebate**, artigo, março 2014.
- GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, set./dez. 2012.
- GOMES, P. R.; MALHEIROS, T. F. Proposta de análise de indicadores ambientais para apoio na discussão da sustentabilidade. **G&DR – Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 151-169, mai./ago. 2012.
- GUIMARÃES, R. P., FEICHAS, S. A. Q. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 307-323, jul./dez. 2009.
- GÜNTHER, W. M. R.; GRIMBERG, E. **Directrices para la gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos em America Latina y el Caribe**. (1. ed.) São Paulo: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-AIDIS, 2006.
- GREENE, K. L.; TONJES, D. J. Quantitative assessments of municipal waste management systems: using different indicators to compare and rank programs in New York State. **Waste Management**, v. 34, p. 825-836, 2014.
- HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- HERVA, M.; ROCA, E. Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 355- 371, jan. 2013a.
- HERVA, M.; ROCA, E. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. **Ecological Indicators**, v. 25, p. 77-84, fev. 2013b.
- HUIJBREGTS, M. A. J.; HELLWEG, S.; FRISCHKNECHT, R.; HUNGERBUHLER, K.; HENDRIKS, A. J. Ecological footprint accounting in the life cycle assessments of products. **Ecological Economics**, v. 64, p. 798-807, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 218 p. Disponível em:< <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável 2015 (Brasil)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a. 351 p. Disponível em:< <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2015**. IBGE, 2015b. Disponível em:< <http://app.cidades.gov.br/snisweb/src/Sistema/index>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2016**. IBGE, 2016a. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisas.php>>. Acesso em: 05 out. 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. **Cidades@**. IBGE, 2016b. Disponível em:< <http://cod.ibge.gov.br/4Z9> >. Acesso em: 05 out. 2016.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico de resíduos sólidos urbanos**: relatório de pesquisa. Brasília, 2012. 82 p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 03, p. 187-200, 1958.

KEMERICH, P. D. da C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais – Remoa**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3723-3736, 2014.

KISSINGER, M.; SUSSMAN, C.; MOORE, J.; REES, W. E. Accounting for the Ecological Footprint of materials in consumer goods at the urban scale. **Sustainability**, 5, p. 1960-1973, 2013.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de Resíduos Sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION. KLEMES, J.J.; ALMEIDA, C. M. V.; WANG, Y. **ELSEVIER**, 2017. Disponível em: < <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production> >. Acesso em: 06 jul. 2017.

JUCÁ, J. F. T. et al. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. 1. ed. Recife: CCS Gráfica Editora Ltda., 2013. 186p.

JUCÁ, J. F. T. et al. **Estudo da geração e composição dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife**. Relatório técnico. Versão final. Abril, 2014.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. 2003. 194 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

LYRA, W. S.; SILVA, E. C.; ARAÚJO, M. C. U.; FRAGOSO, W. D. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar Análises de Componentes Principais. **Quim. Nova**, v. 33, n. 7, p. 1594-1597, jul. 2010.

MACHADO, P. G. S.; LEONEL, J. N. Práticas de reciclagem de resíduos têxteis: uma contribuição para a gestão ambiental no Brasil. **Competência**, v. 7, n. 1, p. 129-145, 2014.

MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 1, p. 91-105, jan./abr. 2015.

MARTINS, R. P. **Moda comprometida com a Responsabilidade Ecológica e Social – Várias Abordagens**. 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado em Design de Moda) – Faculdade de Artes e Letras, Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2009.

MENIKPURA, S. N. M.; GHEEWALA, S. H.; BONNET, S. Framework for life cycle sustainability assessment of municipal solid waste management systems with an application to a case study Thailand. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 7, p. 708-719, jul. 2012.

MISOCZKY, M. C. A. Da abordagem de sistemas abertos à complexidade: algumas reflexões sobre seus limites para compreender processos de interação social. **Cadernos EBAPE.br**, v. 1, n.1, p. 1- 17, 2003.

MILAN, G. S.; VITTORAZZI, C.; REIS, Z. C. **A redução de resíduos têxteis e de impactos ambientais: um estudo desenvolvido em uma indústria de confecções do vestuário**. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. Anais do XIII Seminários em Administração da FEA-USP. São Paulo: SEMEAD, 2010, ISSN:2177-3866.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158p. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>>. Acesso em: 14 out. 2016.

MOITA NETO, J. M. Estatística multivariada. **Revista de Filosofia e Ensino**. 2004. Disponível em:<http://www.criticanarede.com/cien_estadistica.html>. Acesso em: 22 jan. 2016.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Quim. Nova**, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica**. 7º ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. Sustentabilidade e gestão de projetos: um estudo bibliométrico. **Production**, v. 56, n. 3, p. 656-674, 2016.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Soc. nat. [online]**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 434 p.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **Core set of indicators for environmental performance reviews**. Environment Monographs N° 83. Paris: OECD. 1993. 39 p.

OLAYA, J. et al. Asociaciones entre la composición socioeconómica familiar e la generación urbana de residuos sólidos domiciliários. **Revista EIA**, ano 10, v. 10, n. 20, p. 127-137, 2013.

OLIVEIRA, S.A.; LEITE, V.D.; PRASAD, S.; RIBEIRO, M.D. Estudo da produção per capita de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande-PB. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 37-44, 2004.

PASCOAL JUNIOR, A.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Análise de rotas de coleta de resíduos domiciliares com uso de geoprocessamento. **Rev. Acad. Ciên. Agrár. Ambient**, v. 8, n. 2, p. 131-144, 2010.

PEDROSA, D. S. F.; NISHIWAKI, A. A. M. Resíduos Sólidos: Uma visão prospectiva a partir da análise histórica da gestão. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. Recife: EDUFRPE, 2014. cap. 1, p. 12-19.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 12.008, de 01 de junho de 2001 (Revogada). Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**, Recife, PE, p. 5, coluna 1, 02 jun. 2001.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Pernambuco**, Recife, PE, p. 7, coluna 2, 14 Dez. 2010.

PEREIRA, L. G. **Síntese dos métodos de Pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: O Brasil como estudo de caso**. 2008. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PEREIRA, S. S. Reflexões sobre o Processo de Urbanização e a Necessidade de Gestão Ambiental: O Caso dos Resíduos de Serviço de Saúde da Cidade de Campina Grande/PB. **Reunir – Rev. de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 87 – 103, 2012.

PEREIRA, M. M. F. Regulação e políticas públicas ambientalmente sustentáveis. In: CUNHA, B. P.; AUGUSTIN, S. (Org.). **Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais**. Caxias do Sul: Educs, 2014. Parte II, pag. 127-137.

PÉREZ, R. M. I. Indicadores de Sustentabilidad: utilidade y limitaciones. **Teoría e Praxis**, p. 102-126, 2012.

QUALIS PERIÓDICO. PLATAFORMA SUCUPIRA. Evento de Classificação 2013-2016. Disponível em:<
<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F.; AGUIAR, A. O. Indicadores de desenvolvimento sustentável. In: PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. cap. 22. p. 761-808.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, jul./set. 2009.

PONS, E. T. Sitiks: una herramienta bibliométrica para el desarrollo del estado de la cuestión. **BID – Textos universitarios de biblioteconomía i documentació**, n. 28, jun. 2012.

PREARO, L. C. **O uso de técnicas estatísticas multivariadas em dissertações e teses sobre o comportamento do consumidor: um estudo exploratório**. 2008. 100 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RAMETSTEINER, E.; PULZL, H.; ALKAN-OLSSON, J.; FREDERIKSEN, P. Sustainability indicator development: Science or political negotiation. **Ecological Indicators**, n. 11, p. 61-70, 2011.

RAMOS, R. R. Gestão de resíduos sólidos urbanos: indicadores de sustentabilidade aplicados a programas de gestão e associações de catadores de materiais recicláveis. **Geografia (Londrina)**, v. 22, n. 3, p. 27-45, 2013.

RÊGO, N. J. F. Resenha: Conhecimento e consciência do desenvolvimento urbano. **Rev. GEOMAE**, v. 3, n.1, p. 113 – 118, 2012.

ROCHA, A. C.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M.; CAMARGO, C. R. Gestão de projetos e sustentabilidade: um estudo bibliométrico da produção científica na base Web of Science. **Revista de Gestão e Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 73-97, set./dez. 2013.

RODRIGUEZ, P. P. P.; MELO, C. V.; RODRÍGUEZ, O. El análisis emergético como herramienta para evaluar la sustentabilidade en dos sistemas productivos. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 23, n. 4, p. 59-63, 2014.

SANTIAGO, L. S., DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203-212, abr./ jun. 2012.

SANTO, R. E. Utilização da Análise de Componentes Principais na compressão de imagens digitais. **Einstein**, v. 10, n. 2, p. 135-139, jun. 2012.

SANTOS, M. F. R., XAVIER, L. S., PEIXOTO, J. A. A. Estudo do Indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. **Revista Gerenciais**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2008.

SANTOS, C. S. A Constituição Federal de 1988 e a Proteção ao Meio Ambiente Equilibrado. **Conteúdo Jurídico**, Brasília-DF: 18 nov. 2014. Disponível em:
<<http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.50695&seo=1>>. Acesso em: 25 out. 2016.

SANTOS, J. M. R. **Passivo ambiental: a preocupação dos impactos causados ao meio ambiente pelas empresas de saneamento básico do Brasil**. 2015. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

- SARTORI, S.; LATRONICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente e sociedade**, v. 17, n. 1, p. 1-22, 2014.
- SCHMIDT-BLEEK, F. **Wieviel Umwelt braucht der Mensch: Faktor 10 – das Maß für ökologisches Wirtschaften**. Berlín: Verlag Birkhäuser, 1994.
- SILVA, J. R. S.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Rev. Bras. Hist. e Ciências Sociais**, ano 1, n. 1, 2009.
- SILVA, E. A.; FREIRE, O. B. L.; SILVA, F. Q. P. O. Indicadores de sustentabilidade como instrumento de gestão: uma análise da GRI, Ethos e ISE. **Rev. Gest. Ambient. e Susten.**, v. 3, n. 1, p. 130-148, 2014.
- SILVA, E. L. da, MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2005. 121p.
- SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. **Rev. bras. estud. popul.**, v. 29, n. 2, p. 421-449, 2012.
- SILVA, R. C. P. da. **Avaliação do modelo de gestão dos RSU da cidade de Recife/PE e estudo dos indicadores gerenciais nos setores de coleta por meio de técnicas multivariadas**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- SIMION, I. M.; GHINEA, C.; MAXINEASA, S. G.; TARANU, N.; BONOLI, A., GAVRILESCU, M. Ecological footprint applied in the assessment of construction and demolition waste integrated management. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 12, n. 4, p. 779-788, abr. 2013.
- SOUZA, J. C. R. **Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares dos condomínios residenciais da Região de Aldeia, Paudalho – PE**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2014.
- SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise Multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **R. Árvore**, v. 30, n. 1, p. 49-54, 2006.
- SPANGENBERG, J. H. **Critérios Integrados para a Elaboração do conceito de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: FASE. 1999.
- TEIXEIRA, M. F. de F. B. Pegada Ecológica e políticas públicas: estudo de caso de três cidades brasileiras. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v. 19, p. 15-28, 2012.
- UNIETHOS. **Sustentabilidade e Competitividade na Cadeia da Moda**. São Paulo: UNIETHOS, 2013. 82 p. Disponível em: < http://www.abit.org.br/conteudo/links/estudo_sustentabilidade_uniethos.pdf >. Acesso em: 25 jan. 2017.
- VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma análise comparativa**. 2002. 235 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.
- VON SPERLING, T. G.; VON SPERLING, M. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.
- VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago. 2002.
- VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 2005. 215 p. Monografia (Especialização). Programa de Pós-graduação em Estatística da Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

- VIEIRA, G. C.; REZENDE, E. N. A responsabilidade civil ambiental decorrente da obsolescência programada. **Revista Brasileira de Direito**, v. 11, n. 2, p. 66-76, 2015.
- WISEU, J. N.; JESUS, S. N. de.; QUEVEDO-BLASCO, R.; RUS, C. L.; CANAVARRO, J. M. Motivação docente: estudo bibliométrico da relação com variáveis individuais, organizacionais e atitudes laborais. **Revista Latinoamericana de Psicologia**, v. 47, n. 1, p. 58-65, 2015.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth**. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- WILSON, D. C.; RODIC, L.; SCHEINBERG, A.; VELIS, C. A.; ALABASTER, G. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 3, mar. 2012.
- WILSON, D. C.; RODIC, L.; COWING, M. J.; VELIS, C. A.; WHITEMAN, A. D.; SCHEINBERG, A.; VILCHES, R.; MASTERSON, D.; STRETZ, J.; OELZ, B. “Wasteaware” benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, v. 35, p. 329-342, jan. 2015.
- ZHANG, Z.; CHEN, X.; HECK, P.; XUE, B.; LIU, Y. Empirical study on the environmental pressure versus economic growth in China during 1991-2012. **Resources Conservation and Recycling**, v. 101, p. 182-193, aug. 2015.
- ZHANG, G.; LONG, W. A key review on energy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. **Energy Policy**, v. 38, n. 6, p. 2948-2955, jun. 2010.

APÊNDICE

Apêndice A. Tabela-resumo da pegada ecológica dos 31 setores de RSU de Recife-PE por tipo de resíduo.

N	Setor	Vidro	PEAD	PVC	PET	Isopor	Jornal/Revista	Têxtil	Metal	Papel/Papelão
1	1-04	0,28	1,87	0,00	2,35	0,92	19,26	166,62	5,75	91,95
2	1-16	0,31	1,85	0,42	4,44	4,92	65,91	47,18	4,96	66,79
3	1-22	0,26	1,02	0,15	2,64	2,90	23,67	97,07	1,96	49,10
4	1-30	0,70	1,66	0,68	3,18	5,88	7,39	114,08	2,89	68,87
5	1-38	0,46	0,81	0,09	3,91	0,57	6,22	78,74	3,91	55,73
6	2-14	0,41	1,44	0,09	4,43	4,01	23,60	122,87	2,90	81,17
7	2-34	0,62	1,44	0,00	3,35	0,00	11,13	69,21	4,49	112,66
8	2-40	0,19	1,07	0,00	2,57	3,01	5,38	267,92	1,72	89,88
9	2-42	0,57	0,37	0,00	1,79	5,17	25,37	68,48	5,80	53,16
10	2-44	0,38	0,67	0,42	3,71	4,08	7,01	176,06	3,87	62,63
11	3-01	0,78	1,30	0,13	3,13	4,30	6,54	209,42	2,45	148,45
12	3-05	1,42	1,24	0,00	2,59	2,49	33,67	41,25	4,91	108,48
13	3-09	0,88	1,03	0,12	3,80	9,84	46,81	111,72	10,11	110,53
14	3-37	0,21	2,05	2,10	9,82	3,04	24,51	112,13	4,39	75,73
15	3-45	0,51	0,53	0,43	7,23	3,14	12,37	83,53	4,81	75,30
16	4-03	1,70	0,18	0,00	0,22	0,00	6,88	62,93	6,00	105,04
17	4-13	0,82	0,66	0,10	1,46	3,34	26,55	45,21	9,50	79,98
18	4-17	0,53	0,66	0,45	2,12	1,64	27,64	227,59	4,43	144,72
19	4-23	0,33	0,54	0,44	7,42	7,69	45,33	124,41	5,23	96,95
20	4-29	1,06	0,98	0,00	2,36	5,67	21,35	87,62	4,47	69,96
21	5-03	1,16	1,24	0,00	6,11	4,09	41,46	207,20	12,18	271,32

Continuação Apêndice A. Tabela-resumo da pegada ecológica dos 31 setores de RSU de Recife-PE por tipo de resíduo.

N	Setor	Vidro	PEAD	PVC	PET	Isopor	Jornal/Revista	Têxtil	Metal	Papel/Papelão
22	5-09	0,21	0,94	0,00	5,66	1,95	13,81	63,15	3,48	135,11
23	5-11	0,79	0,74	0,00	14,14	7,29	36,49	79,29	8,77	128,05
24	5-14	0,42	3,94	1,15	6,75	4,64	7,05	444,38	10,55	111,93
25	5-22V	0,24	1,54	0,51	4,76	2,78	14,92	166,77	4,52	82,38
26	5-32V	2,07	2,12	0,12	4,96	3,79	16,63	158,01	6,77	100,21
27	6-12	0,31	0,77	0,00	2,91	6,11	24,19	84,60	10,60	62,40
28	6-20	0,59	1,24	0,13	5,93	5,91	11,71	189,10	6,29	111,39
29	6-24	0,61	1,30	0,74	6,23	5,23	24,92	216,96	3,87	111,83
30	6-82	0,94	0,33	0,00	2,51	4,32	24,81	116,80	6,31	98,74
31	6-84	0,55	2,61	1,21	9,10	6,69	66,30	169,97	7,71	136,96

ANEXO

Anexo A. Tabela-resumo dos dados de densidade populacional e renda média nos setores de coleta estudados do município de Recife-PE.

N	Setor	Densidade Populacional (hab.ha-1)	Renda média Domiciliar (R\$)
1	1-04	207,13	978,93
2	1-16	168,46	6065,97
3	1-22	159,86	1091,65
4	1-30	183,93	1006,60
5	1-38	222,94	1538,25
6	2-14	203,59	1374,93
7	2-34	111,94	1539,54
8	2-40	97,24	1766,13
9	2-42	93,28	1579,99
10	2-44	124,43	879,56
11	3-01	149,68	752,25
12	3-05	205,41	4466,12
13	3-09	215,36	5989,26
14	3-37	195,87	1051,22
15	3-45	139,88	5102,18
16	4-03	70,96	5995,41
17	4-13	154,83	2757,62
18	4-17	89,21	824,33
19	4-23	257,61	5323,49
20	4-29	218,64	3205,17
21	5-03	93,91	2533,12
22	5-09	28,58	1775,06
23	5-11	53,53	2146,67
24	5-14	345,76	549,99
25	5-22V	245,28	558,04
26	5-32V	122,28	531,35
27	6-12	214,87	522,67
28	6-20	206,26	580,93
29	6-24	286,03	619,65
30	6-82	113,88	821,08
31	6-84	252,72	897,15

Fonte: JUCÁ et al. (2014)