UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS - ICEAC
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

CLAUDINEI LUIZ COSME

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

RIO GRANDE
2018

CLAUDINEI LUIZ COSME

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Monografia apresentada como requisito para a obtenção do título de Bacharel, pelo Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Rio Grande - FURG.

Orientador: Dr. Cassius R de Oliveira

Assinatura do Orientador

RIO GRANDE

2018

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mensurar a viabilidade econômica da reciclagem no Brasil, levando em consideração os resíduos sólidos, mais especificamente lata de alumínio, vidro, papel e papelão e plástico, pelos seus valores econômicos mais expressivos e pelo interesse do mercado, visto que são os produtos mais utilizados no cotidiano. Diariamente o Brasil produz milhões de toneladas de lixo, e grande parte deste montante ainda não têm uma destinação ambientalmente correta. Levando em consideração que os recursos são limitados, e as necessidades da humanidade são infinitas, pode-se concluir que a escassez de alguns produtos será inevitável caso não seja adotado um novo padrão de produção, que possa maximizar ainda mais a utilidade da matéria prima, e além disso, que seja adotado um novo padrão de designer dos produtos. A metodologia utilizada neste trabalho foi a partir do modelo aperfeiçoado e adaptado pelo professor Sabetai Calderoni, o mesmo foi aplicado por Arendit (In Os Empresários do Lixo, p. 111) em 1998 na análise de viabilidade econômica da reciclagem do lixo na cidade de Campinas, SP. Para chegar ao resultado, foi utilizada a quantidade reciclada e coletada de materiais recicláveis.

Palavras-chave: viabilidade, recurso, escassez, destinação e reciclagem.

ABSTRACT

The aim of this work is to measure the viability of recycling in Brazil, taking into account solid waste, plus aluminum can, glass, paper and cardboard and plastic, its most renegated values and more interest in the market, since it is the products most used in daily life. Brazil has produced millions of tons of garbage daily, and the large portion of it still does not have a correct environmental awareness. Taking into account that resources are limited, and the needs of mankind are endless, one can conclude that data of scarcity of results will be unavoidable if not adopted, the standard of designer of products. In 1998, Professor Sabetai Calderoni, in the analysis of an alternative of trash recycling in the city of Campinas, was published in this work. SP. To obtain the result, a recycled and collected amount of recyclable materials was used.

Key words: feasibility, resource, scarcity, destination and recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Modelo de Economia Linear.....11
Figura 2- Modelo ecologia reversa.....17
Figura 3- Disposição final dos RSU coletados no Brasil (t/ano).....18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil 19
Gráfico 2- Composição gravimétrica dos materiais recicláveis 19
Gráfico 3- Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil 20
Gráfico 4- Geração de resíduos sólidos por habitante 21
Gráfico 5- Coleta de resíduos sólido urbanos no Brasil 21
Gráfico 6- Coleta de resíduos sólidos urbanos por habitante 22
Gráfico 7- Mercado de serviço de limpeza urbana 23
Gráfico 8- Geração de resíduos sólidos urbanos na região sul 24
Gráfico 9- Geração de resíduos sólidos urbanos por habitante 25
Gráfico 10- Coleta de resíduos sólidos urbanos 25
Gráfico 11- Coleta de resíduos sólidos urbanos por habitante 26
Gráfico 12- Mercado de serviço de limpeza urbana 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados obtidos através da aplicação do método.....29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
2 REVISÃO DE LITERATURA 10
2.1 Economia linear 10
2.2 Consumo de Matéria-prima 11
2.3 Destino do Lixo 12
2.4 Reciclagem 13
2.5 Economia circular 14
2.6 Biomimética 15
2.7 Ecologia Industrial 16
2.8 Logística Reversa 16
3 ANALISE DO LIXO NO BRASIL 18
3.1 Geração de resíduos sólidos urbanos 20
3.2 Coleta de resíduos sólidos urbanos 21
3.3 Mercado de serviço de limpeza urbana 22
4 ANALISE DA REGIÃO SUL DO BRASIL 24
4.1 Geração de resíduos sólidos 24
4.2 Coleta de resíduos sólidos 25
4.3 Mercado de serviço de limpeza urbana 26
5 MENSURAÇÃO DA ECONOMIA DE RECURSOS, UTILIZANDO O MÉTODO DE RECICLAGEM NA REGIAO SUL DO BRASIL 28
5.1 Base de dados 29
5.2 Aplicação metodológica 30
6 CONCLUSÃO 31
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial foi um grande marco do século XIX, que gerou novas possibilidades de produção e consumo na economia mundial. A partir do aprimoramento no processo fabricação, foi adotado um padrão de consumo e de produção, chamado de economia linear, que tem como princípio a extração da matéria prima, a formação do produto, e seu descarte sem nenhuma preocupação por parte do produtor ou consumidor. Tendo em vista que os recursos são limitados, e as necessidades da humanidade são ilimitadas, esse padrão acaba se tornando insustentável no decorrer do período, visto que os recursos utilizados no processo de fabricação não estão sendo renovados na mesma intensidade do seu consumo, ou seja, a escassez dos recursos naturais se tornará inevitável, consequentemente o custo de produção será cada vez maior levando em consideração as dificuldades de extração da matéria-prima.

O novo padrão de produção passou a gerar algumas externalidades negativas, e a principal delas se diz respeito a geração de lixo, e seu descarte de forma ambientalmente incorreta. Desde o início do processo de revolução industrial os grandes centros fabris apresentaram problemas no gerenciamento de resíduos, e este culminou em uma série de epidemias que se alastrou por toda Europa, resultando na morte de milhares de pessoas. A partir deste grande acontecimento, o lixo começou a ser pauta cada vez mais frequente na administração urbana, atingindo não somente planos nacionais de gerenciamento, mas também tratados mundiais de emissão de poluentes.

O gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil é regulamentado pela Lei N° 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ou seja, foi criada com o objetivo de regulamentar a geração e o tratamento adequado de resíduos sólidos nos munícipios do Brasil. A PNRS prevê a criação de aterros sanitários em todos os municípios de acordo com a necessidade e viabilidade econômica, e a criação de aterros sanitários que possam operar como centros regionais de gerenciamento e tratamento do lixo, visando o descarte de forma adequada dos resíduos sólidos.

Estudos efetuados pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) apontam que são coletados anualmente 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil, o mais grave é que deste montante cerca de 33% poderia ser reciclado, gerando emprego e renda para muitas famílias. Infelizmente 42% de todo o lixo que é recolhido no Brasil, ainda têm como destino lixões e aterros controlados, que são considerados ambientalmente inadequados.

O objetivo desta pesquisa, é analisar qual a viabilidade econômica da reciclagem na região sul do Brasil no ano de 2016, sabendo que o resíduo descartado servirá como insumo na produção. Utilizando o modelo aperfeiçoado pelo professor Sabetai Calderoni, será apresentada e analisada a possibilidade de maior adesão ao método de reciclagem visto seus benefícios.

Essa atividade, além de ajudar na resolução da questão ambiental, através da economia de recursos naturais: matérias-primas, energia e água, também gera empregos, renda e inclusão social. Os ganhos poderão ser observados tanto no setor privado quanto no setor público, destacar-se-á a diminuição nos custos referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos, gerados após o consumo dos produtos (sabendo que os custos de operação e manutenção chegam a R$ 15,59 bilhões ao ano), e também as externalidades negativas que o descarte inadequado desses resíduos acaba gerando.

O trabalho está dividido em seis seções, onde a primeira será uma breve introdução de todo o conteúdo apresentado. Nesta seção, destaca-se o padrão linear de produção e consumo adotado atualmente na sociedade, sem a preocupação com as externalidades negativas que este modelo vem ocasionando a toda humanidade.

A segunda seção destina-se ao referencial teórico, referenciar-se-á os principais autores que colaboraram para esta e outras pesquisas relacionadas a reciclagem de resíduos sólidos. Serão detalhados processos ambientalmente corretos para a destinação dos resíduos sólidos, e também processos ambientalmente inadequados.

Pensando no panorama do lixo no Brasil foi escrita a terceira seção, onde informa-se dados a respeito do gerenciamento e tratamento dos resíduos sólidos e principalmente o custo que este processo acaba gerando ao setor público, será abordado também a composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados.

Da mesma forma em que foi apresentado o panorama do lixo no Brasil, será apresentado na seção quatro o panorama do lixo na região sul do país, especificando os recursos que são destinados a coleta e gerenciamento do lixo nesta região, que pode ser destacada como referência nacional no quesito de gerenciamento ambientalmente correto de resíduos sólidos.

Aplicando a equação aperfeiçoada por Sabetai Calderoni, pode-se observar na seção cinco qual a viabilidade econômica da reciclagem na região sul do Brasil. Nesta seção será mensurado o recurso que poderia ser economizado no ano de 2016, caso fosse empregado o método de reciclagem nos resíduos coletados naquele ano. Os dados da pesquisa e toda sua

metodologia poderão ser observados na mesma seção. Destacar-se-á a equação aperfeiçoada por Sabetai Calderoni, item essencial para desenvolvimento e resolução desta pesquisa.

Na sexta seção, será apresentada a conclusão do trabalho, onde por fim saberemos se realmente a aplicação do método se dará de forma positiva ou negativa, levando em consideração o panorama econômico, ambiental e social.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Apresenta-se neste capítulo, alguns conceitos básicos que serão necessários para maior compreensão da pesquisa. Referenciar-se-á alguns dos principais autores que abordam acerca do atual modelo de produção e consumo adotado em grande parte do mundo, bem como o entendimento nos processos de reciclagem, e os fatores que o tornam uma saída para amenizar a externalidade negativa que o lixo acaba gerando.

2.1 *Economia linear*

A economia linear consiste em um sistema de extração da matéria-prima, seu processamento/transformação em produtos, que são vendidos e, após a sua utilização, são descartados como resíduos (MARTINS, 2017). De acordo com o relatório da Ellen MacArthur Foundation, 65 bilhões de toneladas de matéria-prima foram inseridas no sistema produtivo do mundo todo em 2010. Estimativas do instituto indicam que até 2020, a quantidade terá subido para 82 bilhões de toneladas por ano.

Estudos da Royal Society of Arts (RSA, 214) indicam que, genericamente, 90% do material retirado do meio natural se torna resíduo antes mesmo dos produtos saírem das fabricas, e aproximadamente 80% do conteúdo material dos próprios bens é descartado em menos de seis meses. Esta geração de resíduos é verificada em duas vertentes: inicialmente em cada etapa da cadeia produtiva, uma vez que em muitos casos os recursos não conseguem ser incorporados aos produtos e assim não agregam valor; em seguida na geração de resíduos pós-consumo, seja das embalagens seja dos próprios produtos após sua vida útil.

Segundo o economista Marcus Eduardo de Oliveira, se faz necessária a implantação de um novo modelo de economia, pelo simples fato de que a economia linear não pode ser sustentada por muito tempo, levando em conta que os recursos extraídos são limitados.

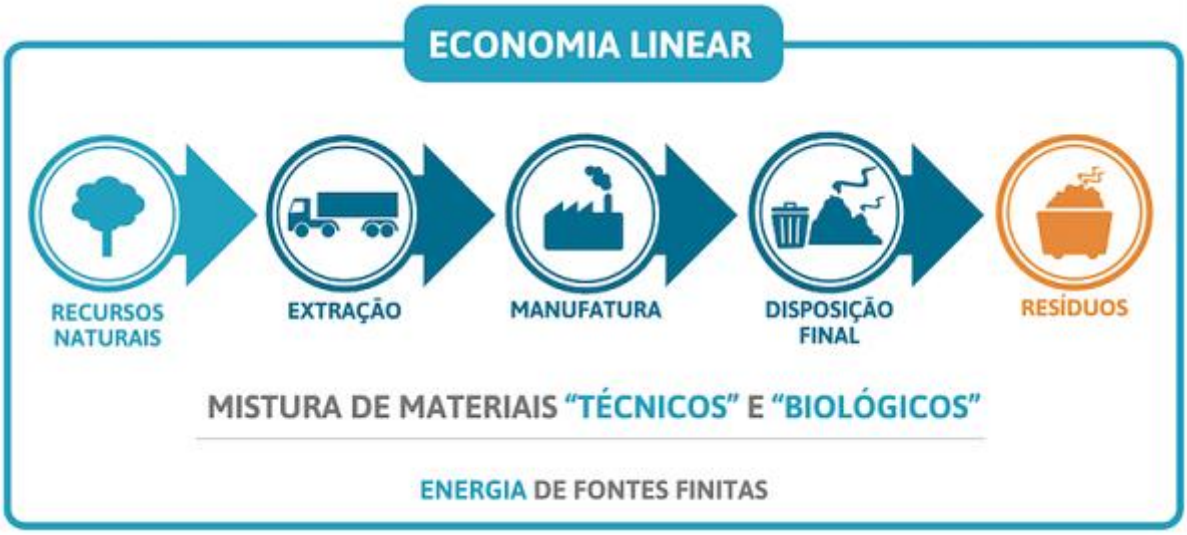
> (...) esse atual modelo de economia linear global (extrai, produz, consome, descarta) que, além de favorecer os mecanismos de mercado (produção e consumo), ainda age no sentido de aumentar a pressão sobre o meio ambiente (extração de recursos, poluição e descarte pós produção), implica, todavia, discutir em paralelo a elaboração de um novo paradigma de desenvolvimento, suplantando o atual de crescimento, reconhecido fator de dilapidação das riquezas naturais e de empobrecimento – pela acentuada diminuição – do patrimônio ecológico (Oliveira, 2016).

Segundo também Hobsbawm, “Uma taxa de crescimento econômico como a da segunda metade do Breve Século XX, se mantida indefinidamente..., deve ter consequências irreversíveis e catastróficas para o ambiente natural deste planeta, incluindo a raça humana

que é parte dele...certamente mudará o padrão de vida na biosfera, e pode muito bem torná-la inabitável pela espécie humana. Além disso, o ritmo em que a moderna tecnologia aumentou a capacidade de nossa espécie de transformar o ambiente é tal que, mesmo supondo que não vão acelerar-se, o tempo disponível para tratar do problema deve ser medido mais em décadas do que em séculos".

A Figura 1 mostra resumidamente como ocorre o modelo de economia linear implantado atualmente em grande parte do mundo.

Figura 1- Modelo de Economia Linear



Fonte: Exchange4Change Brasil

2.2 *Consumo de Matéria-prima*

A atual sociedade apresenta dois grupos extremos em termos de consumo, ou seja, um quarto da população que vive nos países desenvolvidos e que consome três quartos dos recursos naturais do planeta. O outro grupo corresponde a três quartos da população que vive em países não desenvolvidos, e que consome apenas um quarto dos recursos naturais do planeta. A questão do bem-estar e da qualidade de vida foram deixadas em segundo plano há muito tempo, o que realmente importa e faz bem é consumir, é acumular continuamente mais riqueza e então transformar essa riqueza em mercadorias, mesmo que essas não sejam realmente necessárias.

O grande dilema atual, discutido por Flávio Tayra, é continuar com a lógica produtivista que é composta pelo consumo de produtos, extração de recursos naturais e geração de resíduos, ou mudar nosso formato de consumo, para um consumo sustentável, como pregam várias correntes de ecologistas.

Outro importante ponto de vista é de Pedro Jacobi, na sua opinião o planeta já não suporta esse contínuo crescimento do consumo, para atender no próximo século dez bilhões de pessoas, e a mudança de conduta para um consumo sustentável faz-se necessário e urgente, gerar menos desperdício, reduzir o volume consumido e fortalecer as práticas de reciclagem.

2.3 *Destino do Lixo*

Segundo a Loga, concessionária responsável pela região noroeste da cidade de São Paulo, o destino final do lixo, teoricamente dependendo das suas características, pode ser:

- Lixões: todos os resíduos (lixo) coletados são transportados para um local afastado e descarregados diretamente no solo, sem qualquer tratamento. Os resíduos (lixo) a céu aberto atraem ratos, que são transmissores de inúmeras doenças, tais como raiva, meningite, leptospirose e peste bubônica. Outro sério problema causado pelos lixões é a contaminação do solo e do lençol freático, caso exista um no local, pela ação do "chorume", líquido de cor negra característico de matéria orgânica em decomposição. Além disso, os lixões são visitados por pessoas carentes que buscam nestes locais um meio de sobrevivência, alimentando-se ou vendendo entulhos;
- Aterros Sanitários: processo de disposição final de resíduos sólidos, principalmente dos resíduos (lixo) domiciliares. Os resíduos (lixo) são tratados para evitar os aspectos negativos existentes nos lixões. O solo é impermeabilizado, os resíduos (lixo) são compactados e cobertos diariamente e o "chorume" é coletado e tratado para que sejam evitadas contaminações do solo e da água. O aterro sanitário pode ter uma vida útil de 30 até 50 anos, ao contrário dos lixões, que podem ser desativados em menos de cinco anos;
- Aterro controlado: O aterro controlado não é considerado uma forma adequada de disposição de resíduos porque os problemas ambientais de contaminação da água, do ar e do solo não são evitados, já que não são utilizados todos os recursos de engenharia e saneamento que evitariam a contaminação do ambiente. No entanto, representa uma alternativa melhor do que os lixões, e se diferenciam destes por possuírem a cobertura diária dos resíduos com solo e o controle de entrada e saída de pessoas;

- Incineração: queima de materiais em alta temperatura (geralmente acima de 800ºC), em mistura com uma quantidade apropriada de ar e durante um tempo pré-determinado. Os compostos orgânicos são reduzidos aos seus constituintes minerais, principalmente dióxido de carbono gasoso e vapor d'água, e a sólidos inorgânicos (cinzas). A incineração ainda é um processo caro e exige o controle da emissão de gases gerados pela queima dos resíduos (lixo) para evitar a poluição do meio ambiente; é adequada para o tratamento de resíduos perigosos como os resíduos (lixo) hospitalares, os alimentos estragados e os remédios fora do prazo de validade. Pode ser utilizada também para a queima de dinheiro velho;
- Usinas de Compostagem: É um processo no qual a matéria orgânica putrescível (restos de alimentos, aparas e podas de jardins etc.) é degradada biologicamente, obtendo-se um produto que pode ser utilizado como adubo. A compostagem permite aproveitar os resíduos orgânicos, que constituem mais da metade do lixo domiciliar. A compostagem pode ser feita em casa ou em unidades de compostagem;

2.4 *Reciclagem*

Segundo Calderoni, a reciclagem do lixo envolve um conjunto de dimensões que estão interligadas, em um aspecto econômica, tecnológica, ambiental, institucional, demográfica, social e espacial. Um ponto fundamental na análise do setor de reciclagem do lixo é do aspecto de vista microeconômico e também macroeconômico, englobando todos os participantes sociais e institucionais envolvidos (indústria, prefeituras, sucateiros, catadores, governos federal, estadual e municipal e população em geral), medindo a participação e o benefício de cada um dos agentes envolvidos na cadeia produtiva. Além disso, a reciclagem do lixo torna-se de extrema importância em função dos seguintes fatores:

- Exaustão das matérias-primas, pois na sua maioria são finitas;
- Custos crescentes de obtenção de matérias-primas;
- Economia de energia, devido aos custos crescentes de produção;
- Indisponibilidade e custo crescente dos Aterros Sanitários;
- Custos de transportes crescentes, entre os pontos de coleta e os aterros sanitários;
- Poluição e prejuízos à Saúde Pública, em função da disposição inadequada dos resíduos;

- Geração de emprego e renda com a reciclagem de resíduos;
- Redução dos custos de produção.

Dois autores importantes são Bertolini e Duston, os quais analisaram respectivamente o preço negativo do lixo (externalidade negativa) e o ponto de equilíbrio entre oferta e procura dos recicláveis, através dos benefícios e custos marginais para cada um dos materiais recicláveis.

A metodologia utilizada e aperfeiçoada pelo Calderoni para calcular e provar a viabilidade econômica da reciclagem, foi inicialmente desenvolvida por Duston, partindo somente da diferença (G) entre o montante com a venda dos materiais recicláveis (V) e (V'), já que na visão do conjunto a receita para uns é ao mesmo tempo despesa para outros, menos o custo envolvido na coleta e separação dos mesmos (C), depois incorporando o custo evitado de coleta, transporte, transbordo e disposição final (E), e chegando finalmente ao modelo geral que incorporou outras variáveis de ganho econômico, como economia no consumo de energia (W), economia de matérias-primas (M), economia de recursos hídricos (H), economia de controle ambiental (A) e demais ganhos econômicos (D).

A equação completa é: $G = (V-V') – C + E + W + M + H + A + D$

2.5 *Economia circular*

A Economia Circular é um modelo que permite repensar as práticas econômicas da sociedade atual e que se inspira no funcionamento da própria natureza. É indissociável da inovação e do design de produtos e sistemas. Inclui-se num quadro de desenvolvimento sustentável baseado no princípio de "fechar o ciclo de vida" dos produtos, permitindo a redução no consumo de matérias-primas, energia e água. Promove o desenvolvimento de novas relações entre as empresas, que passam a ser simultaneamente consumidoras e fornecedoras de materiais que são reincorporados no ciclo produtivo (Ellen MacArthur Foundation, 2012, 2013, 2014).

O conceito de economia circular está associado ao uso dos materiais no final de vida, no qual o termo resíduo não existe (Stahel, 1984, 2010). Em contraste com o modelo linear atual, a economia circular se trata de uma abordagem do tipo do berço ao berço (Cradle-to-Cradle, C2C) (Braungartet al., 2007; Ellen MacArthur Foundation, 2012). Os professores Roland Clift e Julian Allwood definem que o foco da economia circular deve ser o design para reduzir materiais incorporados:

> O foco deve ser no design para reduzir materiais incorporados; sobre o uso de bens de forma mais intensa (por exemplo, o agrupamento de carros); na extensão da vida útil e na reparação ou atualização de produtos usados; e na concepção de produtos a serem desmontados e os componentes reutilizados ou, na sua falta de reutilização, para que os materiais possam ser separados e reciclados (Roland Clift e Julian Allwood, 211).

Conforme o relatório Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition, lançado em janeiro de 2012 por Ellen MacArthur, assim se pode definir a economia circular como aquela que:

> Substitui o conceito de "fim-de-vida" pela restauração, se desloca para o uso de energia renovável, elimina o uso de produtos químicos tóxicos que prejudicam a reutilização, e tem como objetivo a eliminação de resíduos através do design superior de materiais, produtos, sistemas e modelos de empresas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012).

A economia circular trabalha dividindo o uso dos materiais na economia em dois tipos de fluxos: o de nutrientes biológicos, cujo destino deve ser a reincorporação nos ciclos biogeoquímicos e constituição de novo capital natural; e o de nutrientes tecnológicos, que devem ser projetados para circular com o máximo de agregação de valor em ciclos sucessivos, evitando o retorno à biosfera na forma de disposição em aterros (Ellen MacArthur Foundation, 2012).

2.6 *Biomimética*

A Biomimética consiste na imitação dos modelos, sistemas e elementos da natureza com a finalidade de resolver problemas humanos complexos, desde que sejam sustentáveis (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer & Pahl, 2006). Segundo Janine M. Benyus autor do livro Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, existem três princípios essenciais para a biomimética, onde ela utiliza:

- Natureza como modelo: Estuda os modelos da natureza e depois imita ou inspira-se nesses projetos e processos para resolver problemas humanos;
- Natureza como medida: Usa padrão ecológico para julgar a "correção" da inovação. Após 3,9 bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu: o que funciona, o que é apropriado e o que dura;
- Natureza como mentor: Nova maneira de ver e valorizar a natureza, baseada não no que podemos extrair, mas o que podemos aprender com isso.

2.7 *Ecologia Industrial*

Para Giannetti e Almeida (2006) a ecologia industrial propõe fechar os ciclos, considerando que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas que é parte dele e dele depende. Jay Forrester, na década de 1960, baseado na teoria dos sistemas definiu que a ecologia industrial considera que todos os resíduos e materiais devem ser continuamente reciclados dentro de um sistema fechado e somente a energia solar ilimitada seria utilizada de forma dissipativa.

O sistema industrial segundo Gianneti e Almeida (2006) deverá operar como um sistema biológico dependente do sistema natural. Afirmam ainda que a na ecologia industrial o objeto de estudo é a inter-relação entre empresas, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global. Mas o mais importante, é o estudo das interações entre os sistemas industrial e ecológico e, consequentemente, os efeitos ambientais que estas empresas causam tanto nos componentes bióticos como nos abióticos da exosfera.

2.8 *Logística Reversa*

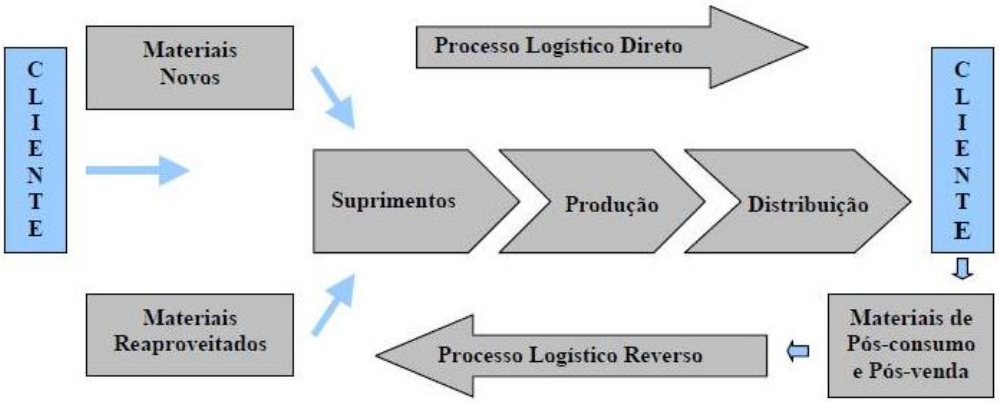
A logística reversa é um termo bastante genérico e significa em seu sentido mais amplo, todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais, englobando todas as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças usadas a fim de assegurar uma recuperação sustentável (LEITE, 2003).

Para Dale S Rogers, o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.

Logística reversa é definida por Lacerda (2002), como um processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação). Assim, seguindo do ponto de consumo até o ponto de origem possui a finalidade de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.

A Figura 2 mostrará resumidamente como ocorre o modelo de ecologia reversa, adaptado de Rogers e Tibben- Lembke em 1999.

Figura 2- Modelo ecologia reversa



Fonte: Adaptado de Rogers e Tibben- Lembke (1999)

3 ANALISE DO LIXO NO BRASIL

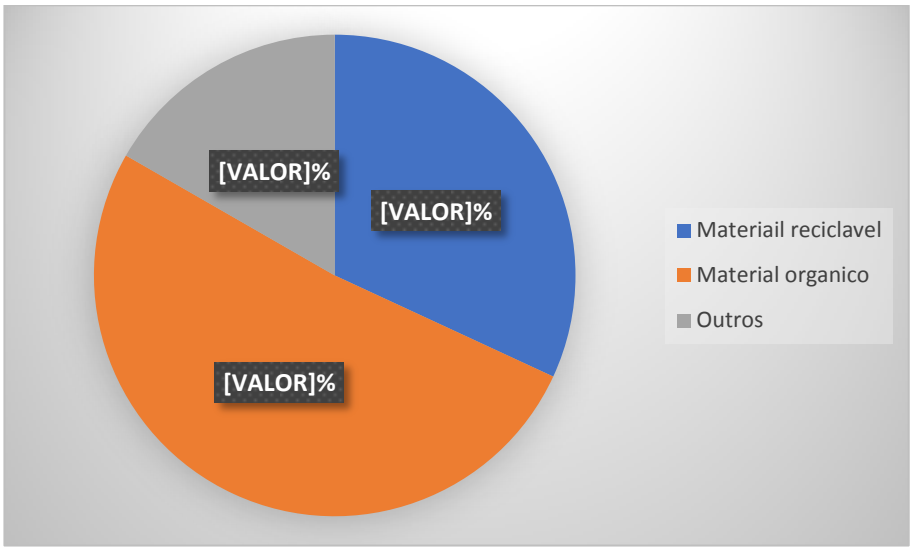
Segundo a pesquisa realizada pela ABRELPE, os números referentes à geração de resíduos sólidos no ano de 2016 revelam um total anual de quase 78,3 milhões de toneladas no país. O montante coletado em 2016 foi de 71,3 milhões de toneladas, o que registrou um índice de cobertura de coleta de 91% para o país, pequeno avanço comparado ao ano anterior, e que evidencia que 7 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, consequentemente, tiveram destino impróprio. A disposição final dos RSU coletados demonstrou piora comparado ao índice do ano anterior, de 58,7%, para 58,4% ou 41,7 milhões de toneladas enviadas para aterros sanitários. O caminho da disposição inadequada continuou sendo trilhado por 3.331 municípios brasileiros, que enviaram mais de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, correspondentes a 41,6% do coletado em 2016, para lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

Figura 3- Disposição final dos RSU coletados no Brasil (t/ano)

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE (2016)

Conforme aponta pesquisa realizada pelo Índice Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), o percentual de todo o lixo coletado anualmente que poderia ser reciclado é de 31,9%, podendo ser melhor representado no gráfico 1.

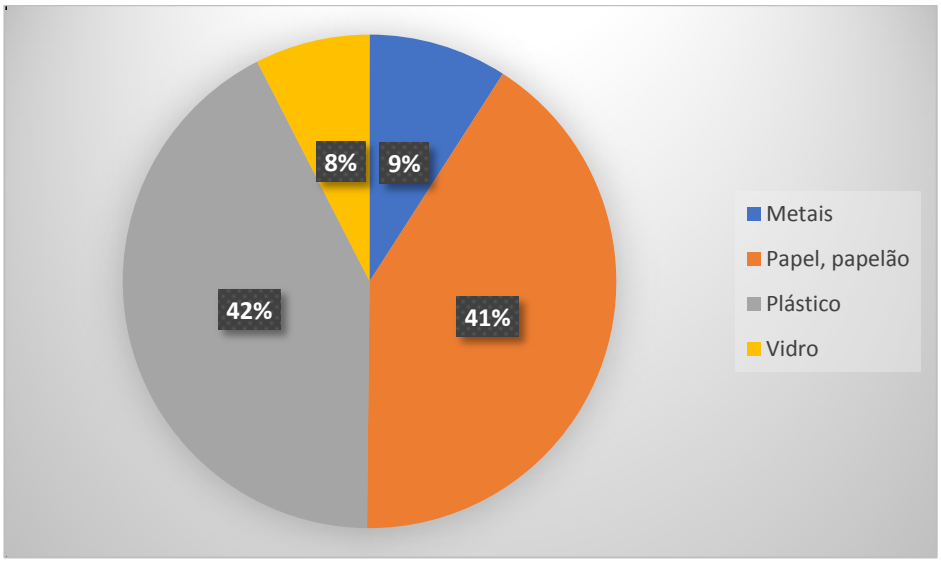
Gráfico 1- Composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil



Fonte: Índice Brasileiro de Geografia Estatística; IBGE (2016)

O gráfico 2 está representando os materiais que compõem a parte reciclável de todos os resíduos sólidos coletados.

Gráfico 2- Composição gravimétrica dos materiais recicláveis



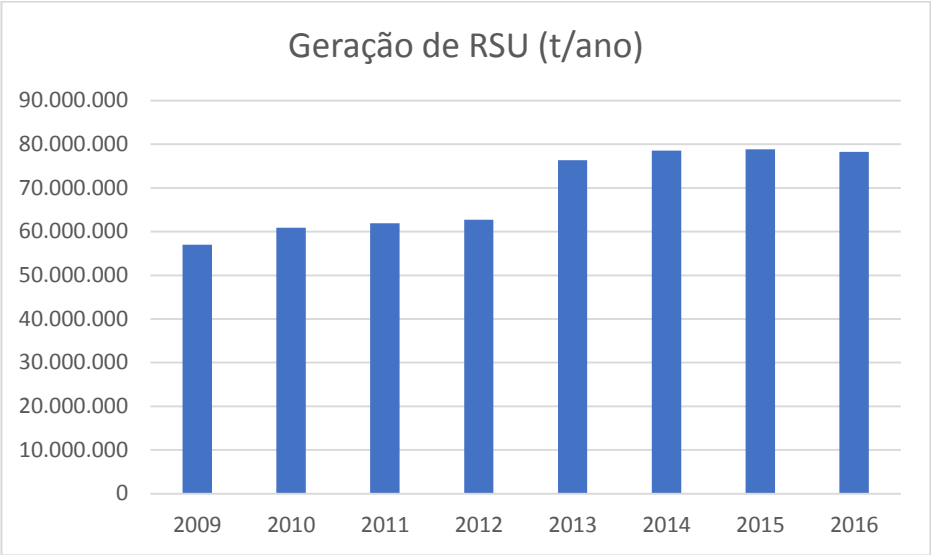
Fonte: Índice Brasileiro de Geografia Estatística; IBGE (2016)

Os dados apresentados a seguir foram retirados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil fornecidos pela ABRELPE do ano de 2009 até 2016. Através destes dados pode-se perceber a evolução da geração e coleta de lixo no Brasil neste período.

3.1 *Geração de resíduos sólidos urbanos*

Como pode ser observado no gráfico abaixo, no ano de 2009 a geração de resíduos sólidos no Brasil era de 57.011.136 toneladas, houve um aumento de 37,26% para o ano de 2016 que alcançou a marca de 78.257.825 toneladas.

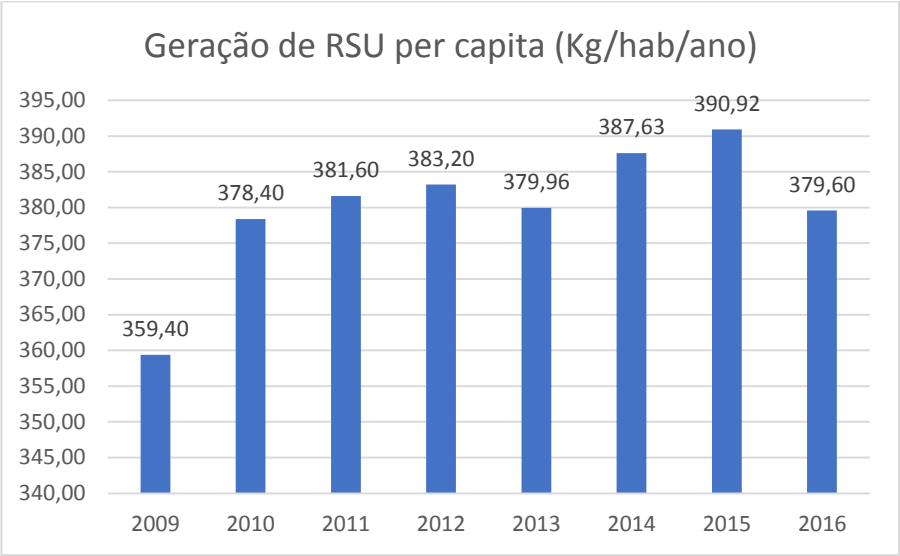
Gráfico 3- Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

O aumento da população neste mesmo período foi de 30,36%, e deve ser apontado como principal fator para o aumento de geração de resíduos sólidos urbano. No gráfico abaixo observa-se a evolução da geração de resíduos sólidos por habitante.

Gráfico 4- Geração de resíduos sólidos por habitante

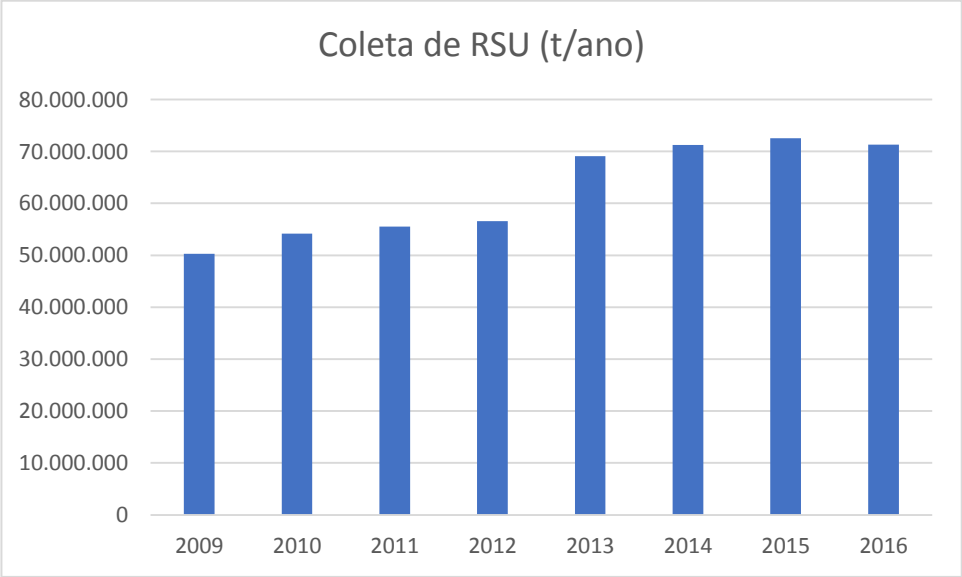


Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

3.2 *Coleta de resíduos sólidos urbanos*

Em contrapartida será apresentado no gráfico abaixo os dados da coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil do ano de 2009 a 2016.

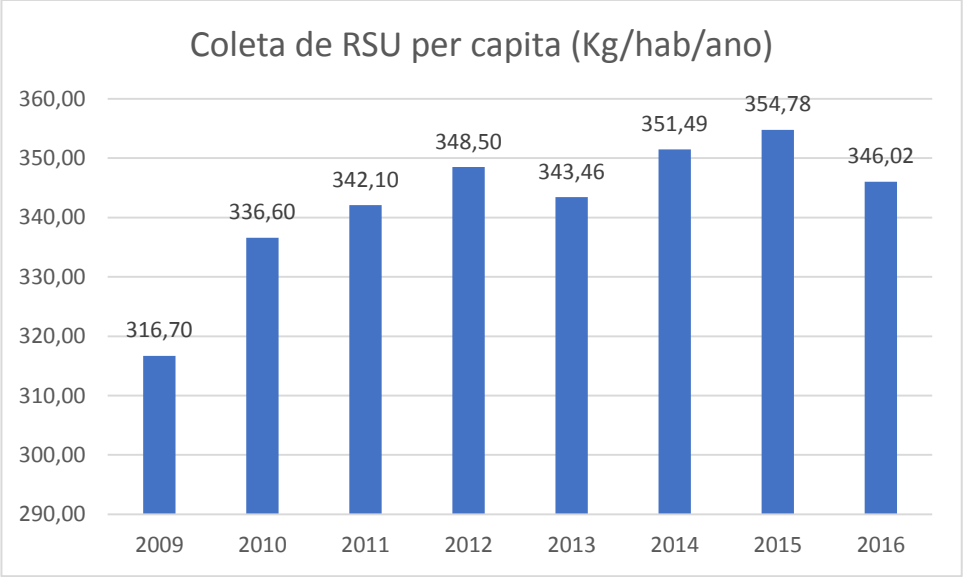
Gráfico 5- Coleta de resíduos sólido urbanos no Brasil



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

No gráfico 6 é apresentado o valor total em quilogramas por habitante de resíduos sólidos coletados anualmente.

Gráfico 6- Coleta de resíduos sólidos urbanos por habitante



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

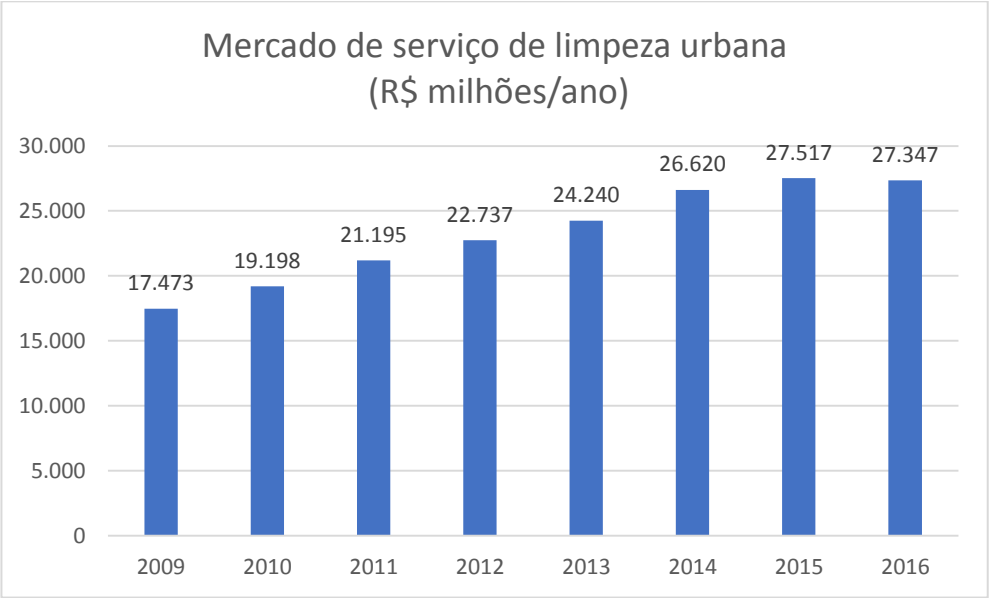
Observa-se o aumento de carca de 42% de resíduos coletados neste período, este aumento pode ser explicado pela implantação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), referência para resolução dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

A lei prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

3.3 *Mercado de serviço de limpeza urbana*

No mercado de serviço de limpeza urbana observa-se um aumento expressivo, podendo ser justificado pelo regimento da PNRS. Após a implantação da mesma, observou-se um aumento de 56,5% do ano de 2009 para 2016 no serviço de limpeza urbana.

Gráfico 7- Mercado de serviço de limpeza urbana



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

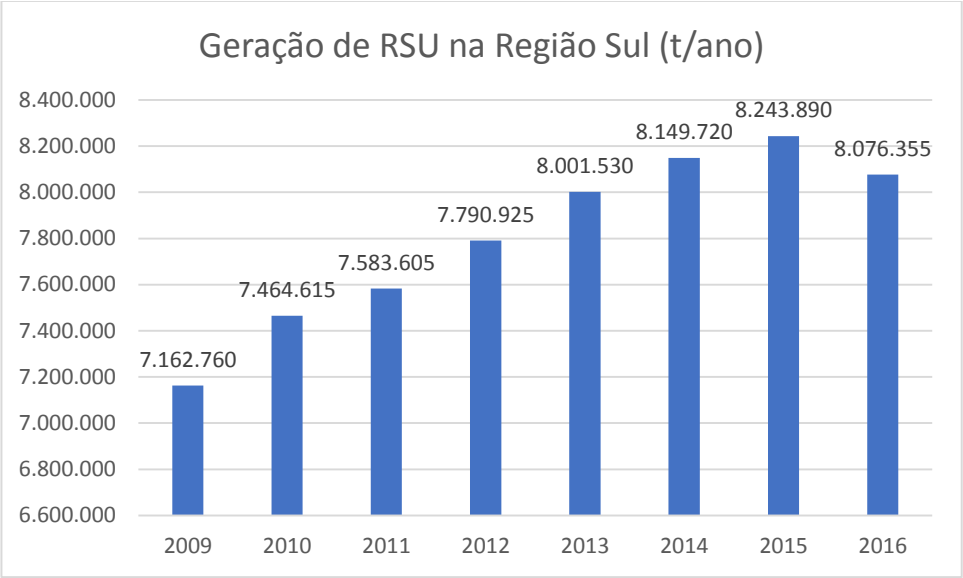
4 ANALISE DA REGIÃO SUL DO BRASIL

Os 1.191 municípios distribuídos nos estados da região Sul do Brasil, apresentavam no ano de 2016 uma população total de 29.439.773 habitantes.

4.1 *Geração de resíduos sólidos*

A região sul do Brasil no ano de 2016 gerou a quantidade de 8.076.355 toneladas de resíduos sólidos urbanos, se comparado com o ano de 2009 que obteve o valor de 7.162.760 toneladas, pode-se observar uma elevação de 12,75% na geração de resíduos sólidos urbanos. O gráfico 8 irá demonstrar a variação na geração de resíduos sólidos no decorrer dos anos.

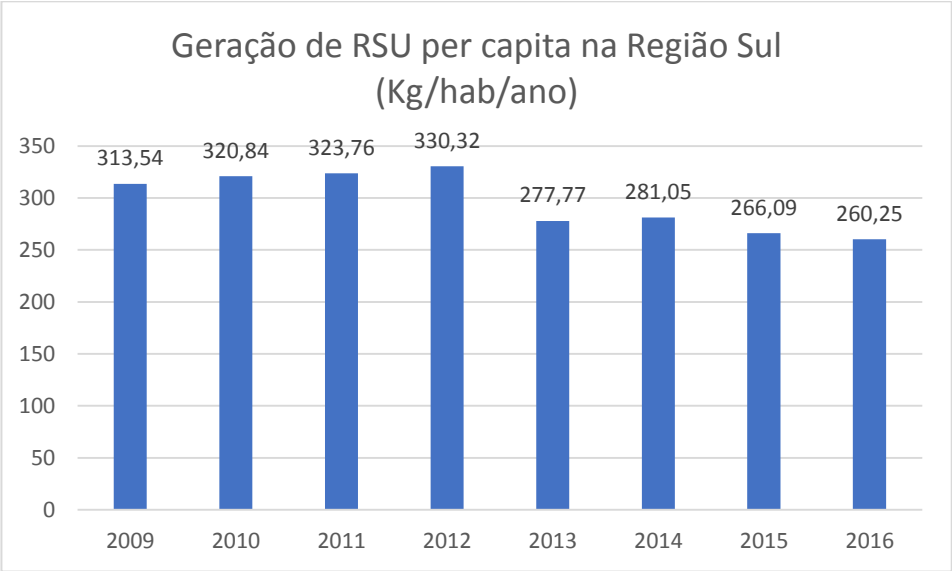
Gráfico 8- Geração de resíduos sólidos urbanos na região sul



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

A elevação na geração de resíduos sólidos nesse período pode ser explicada pelo aumento na população, que obteve um crescimento de 26,58% entre os anos de 2009 e 2016.

Gráfico 9- Geração de resíduos sólidos urbanos por habitante

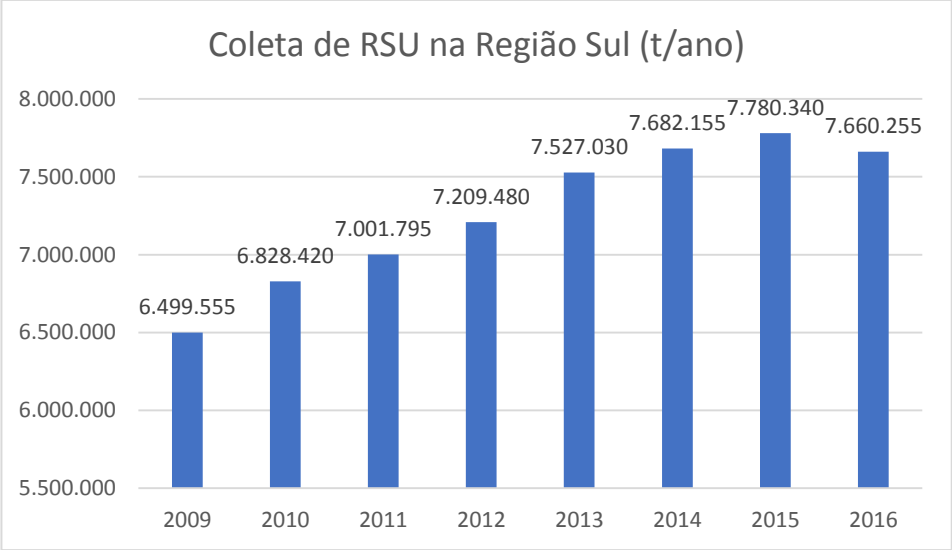


Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

4.2 *Coleta de resíduos sólidos*

A região sul é referência no aspecto de coleta de resíduos sólidos, recolhendo cerca de 94,84% de todo o resíduo gerado no ano de 2016. Será apresentado no gráfico 10, a evolução na coleta de resíduos sólidos no período de 2009 a 2016.

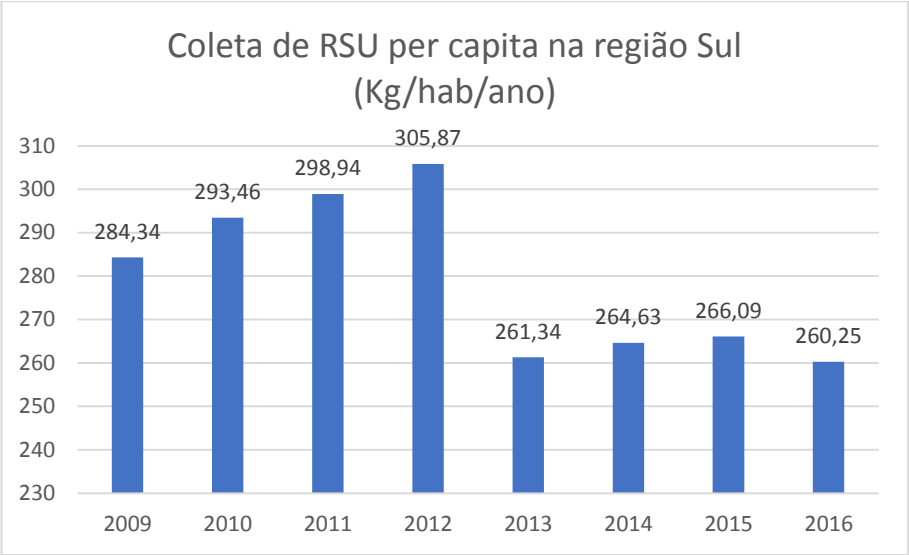
Gráfico 10- Coleta de resíduos sólidos urbanos



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

É observada uma grande evolução na coleta de resíduos sólidos, que pode ser explicada pela implantação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Gráfico 11- Coleta de resíduos sólidos urbanos por habitante

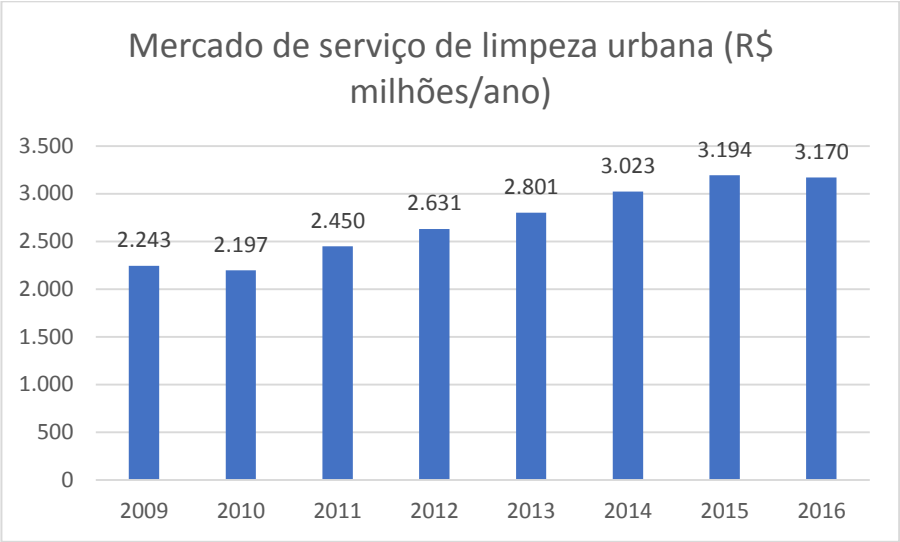


Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

4.3 *Mercado de serviço de limpeza urbana*

No mercado de serviço de limpeza urbana observa-se um aumento expressivo, podendo ser justificado pelo regimento da PNRS. Após a implantação da mesma, observou-se um aumento de 41,32% do ano de 2009 para 2016 no serviço de limpeza urbana que pode ser acompanhado no gráfico 12.

Gráfico 12- Mercado de serviço de limpeza urbana



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais; ABRELPE

5 MENSURAÇÃO DA ECONOMIA DE RECURSOS, UTILIZANDO O MÉTODO DE RECICLAGEM NA REGIAO SUL DO BRASIL

Tendo em vista o Panorama de Resíduos sólidos no Brasil, realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) no ano de 2016, pode-se observar a coleta de cerca de 7.660.255 toneladas de lixo naquele mesmo ano. Sabe-se que deste montante, cerca de 31,9% é de materiais que poderiam ser reciclados, ou seja, o total de 2.443.621,35 toneladas de insumos foram descartadas, finalizando seu ciclo de utilidade para muitos de seus consumidores.

No estudo realizado na região sul do país, foi utilizado o modelo proposto por Duston (In Os Empresários do Lixo, p. 111), aperfeiçoado e adaptado por Calderoni, o mesmo foi aplicado por Arendit (In Os Empresários do Lixo, p. 111) em 1998 na análise de viabilidade econômica da reciclagem do lixo na cidade de Campinas, SP. Esse modelo presumo que seja que se conheça a quantidade reciclada e produzida do que se considerava lixo.

Equação do Modelo: G= -C+E+W+M+H+A+D [1]

No presente estudo, serão considerados somente os resíduos que compõem lata de alumínio, vidro, papel e papelão e plástico, pelos seus valores econômicos mais expressivos e pelo interesse mercadológico. Com base na quantia produzida, reciclada e disposta em aterros, torna-se possível mensurar a economia de matéria-prima, energia, água e a redução dos danos ambientais, coleta, transporte e arranjo final do lixo.

Pela falta de informações sobre o custo do processo de reciclagem dos itens citados anteriormente (lata de alumínio, vidro, papel, papelão e plástico), emprega-se um valor médio de algumas cidades da região Sul do país, resultando em uma despesa de R$ 600,00/tonelada. Segundo a ABRELPE, no ano de 2016 cerca de 2.443.621,35 toneladas de produtos que poderiam ser reciclados, foram descartados. Multiplicando a quantidade de toneladas pelo valor da reciclagem, chega-se a um custo total de R$ 1.466.172.810,00.

Os dados informados no panorama de resíduos sólidos do ano de 2016 da ABRELPE, destacam que a coleta de resíduos sólidos das prefeituras dos municípios nos três estados da região Sul do país, tem um custo de R$ 166,31/tonelada, considerando a quantidade de produtos que poderiam ser reciclados, obtém-se um desperdício de R$ 406.398.666,72.

[1] Equação do Modelo: G= -C+E+W+M+H+A+D (G ganho é igual ao custo do processo de reciclagem + C custo evitado com a coleta + W economia de energia + M economia de matéria-prima + H economia de água + A economia de controle ambiental + D demais ganhos econômicos, imensurável).

Tendo como base a pesquisa realizada pelo mestre em economia Jose Eduardo Nalini, obtém-se a economia de energia elétrica consumida R$ 820.103.761,27, a economia de matérias-primas R$ 2.094.427.859,09 e economia de recursos hídricos R$ 356.964.206,80 que deverão ser somadas aos demais valores. Como não foi possível calcular os ganhos com a economia de controle ambiental e os demais, chega-se a uma economia obtida anualmente pela reciclagem do lixo nos três estados da região Sul de R$ 2.211.721.683,89. Os resultados mencionados acima, poderão ser observados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos através da aplicação do método

ECONOMIA POSSIVEL COM A RECICLAGEM NA REGIÃO SUL						
	Valor/Tonelada	(-C)	(+E)	(+W)	(+M)	(+H)
Custo no processo de reciclagem	R$ 600,00	R$ 1.466.172.810,00				
Gasto para manutenção do lixo	R$ 166,31		R$ 406.398.666,72			
Economia de energia com a reciclagem	R$ 335,61			R$ 820.103.761,27		
Economia de MP com a reciclagem	R$ 857,10				R$ 2.094.427.859,09	
Economia de Recursos Hidricos com a reciclagem	R$ 146,08					R$ 356.964.206,81
G=-C+E+W+M+H	R$ 2.211.721.683,89	-R$ 1.466.172.810,00	R$ 406.398.666,72	R$ 820.103.761,27	R$ 2.094.427.859,09	R$ 356.964.206,81

Fonte: Produção do próprio autor

5.1 *Base de dados*

Os dados apresentados na pesquisa foram extraídos de estudos efetuados anualmente, a partir de 2009 até o ano de 2016 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública de Resíduos Especiais (ABRELPE), que abordam assuntos referentes ao panorama dos resíduos sólidos urbanos em cada ano, em uma amplitude nacional e regional do setor.

Para aplicação da equação adaptada por Sabetai Calderoni, serão utilizados os dados referentes ao ano de 2016. Estes dados serão de extrema importância para maior entendimento da viabilidade econômica, social e ambiental da reciclagem, visto que esse modelo presumo se conheça a quantidade reciclada e produzida do que se considerava lixo.

Infelizmente durante a pesquisa a equação teve que ser modificada, desconsiderando os demais ganhos econômicos, visto a impossibilidade de mensura-los. Mesmo sem este item, pode-se observar um valor considerável na economia de recursos utilizando o método de reciclagem.

5.2 *Aplicação metodológica*

A estratégia utilizada para a realização deste trabalho consiste em pesquisa bibliográfica para identificação de princípios e estruturas presentes no processo de reciclagem. Foram realizadas buscas e leituras acerca do tema em questão a fim de se colher o máximo de informações possíveis. A busca englobou livros, artigos científicos e revistas especializadas que tratam do tema.

O objeto de pesquisa foi, a partir da análise do potencial e da viabilidade econômica, social e ambiental da reciclagem no Brasil, abordado pelo professor Sabetai Calderoni, na obra "Os Bilhões Perdidos no Lixo" de 1997. Utilizar-se-á neste trabalho o modelo aperfeiçoado e adaptado por Calderoni, o mesmo foi aplicado por Arendit (In Os Empresários do Lixo, p. 111) em 1998 na análise de viabilidade econômica da reciclagem do lixo na cidade de Campinas, SP.

A metodologia utilizada e aperfeiçoada pelo Calderoni para calcular e provar a viabilidade econômica da reciclagem, foi inicialmente desenvolvida por Duston, partindo somente da diferença (G) entre o montante com a venda dos materiais recicláveis (V) e (V'), já que na visão do conjunto a receita para uns é ao mesmo tempo despesa para outros, menos o custo envolvido na coleta e separação dos mesmos (C), depois incorporando o custo evitado de coleta, transporte, transbordo e disposição final (E), e chegando finalmente ao modelo geral que incorporou outras variáveis de ganho econômico, como economia no consumo de energia (W), economia de matérias-primas (M), economia de recursos hídricos (H), economia de controle ambiental (A) e demais ganhos econômicos (D).

A equação completa é:

$G = (V-V') – C + E + W + M + H + A + D$[2].

[2] $G = (V-V') – C + E + W + M + H + A + D$ ganho é igual a diferença entre o montante com a venda dos materiais recicláveis (V) e (V'), menos o custo envolvido na coleta e separação dos mesmos (C), depois incorporando o custo evitado de coleta, transporte, transbordo e disposição final (E), e chegando ao modelo geral que incorporou outras variáveis de ganho econômico, como economia no consumo de energia (W), economia de matérias-primas (M), economia de recursos hídricos (H), economia de controle ambiental (A) e demais ganhos econômicos (D).

6 CONCLUSÃO

Através do resultado obtido, pode-se observar que apesar da evolução no mercado de reciclagem no Brasil, ainda há um espaço gigantesco que poderá ser explorado. Seu crescimento depende tanto em termos de Política Nacional de Resíduos, conscientização e organização de todos os agentes, como um maior entendimento dos diversos ganhos potenciais da reciclagem, e maior foco e investimento das prefeituras nos programas de coleta seletiva e consumo consciente.

Cada cidadão precisa ter a consciência de seu papel dentro deste setor, que como visto é muito mal explorado. A quantidade de resíduos que é gerada diariamente ainda tem por destino final formas ambientalmente inadequadas, as quais geram um alto custo de coleta e gerenciamento.

O consumo em larga escala, sem tempo hábil para revitalização da matéria prima, aumentará de forma inevitável o preço dos produtos e seus derivados. Limitando ainda mais ao acesso dos consumidores para com os mesmos.

Existe uma quantidade imensa de trabalhadores informais que dependem da coleta destes resíduos para sobreviver. Fazendo o manejo sem nenhuma segurança, arriscando-se diariamente em meio ao lixo, à mercê da contaminação de inúmeras doenças. Pessoas que observam a oportunidade na inutilidade do objeto que outro descartou. Deve-se formalizar propostas para a regulamentação deste setor, visando a inclusão destas famílias à sociedade, visto que existem casos em que houve a dependência do lixo para seu sustento por até três gerações.

Sabendo que inúmeras pessoas utilizam do lixo para como fonte de sobrevivência, neste estudo ainda poderia ser incorporada a variável gasto com saúde. Acrescentando ainda os gastos com o tratamento de doenças que possam ser contraídas através do contato com os resíduos descartados de forma irregular.

São inúmeros os benefícios que podem ser observados na implantação do processo de reciclagem (redução na utilização de matéria prima e recursos hídricos, redução na utilização de energia elétrica e diminuição nos custos para gerenciamento e armazenamento dos resíduos descartados), logo se pode afirmar que seu emprego é considerado principal item para a resolução da externalidade negativa que a produção e consumo acabam gerando.

O estímulo para práticas ambientalmente corretas, aliados ao esclarecimento das necessidades e benefícios ambientais que a redução dos desperdícios pode proporcionar, poderá nos levar para um índice bem maior de reciclagem.

O valor expressivo de R$ 2.211.721.683,89 deve ser visto como oportunidade de negócio por todos os agentes econômicos. Oportunidade de emprego e fonte de renda para as famílias, mas acima de tudo, como oportunidade para inclusão social dos que dependem deste meio para sobreviver, realizando a mudança no destino de inúmeras famílias que infelizmente não possuem nenhuma perspectiva de melhora de vida.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, [2015]. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/estudo_apresentacao.cfm>. Acesso em: 05 out. 2017

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2009]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2009.pdf>. Acesso em: 05 out. 2017

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2010]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2010.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2017

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2011]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2012]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2013]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2018

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2014]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2018

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2015]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. São Paulo, [2016]. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em: 2 abril. 2018

BENYUS, J. M.. Biomimicry: innovation inspired by Nature. Perennial, 2002.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the Circular Economy, [2012]. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ EllenMacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf >. Acesso em: 11 out. 2017

GIANNETTI, E.; ALMEIDA, C. Ecologia Industrial – Conceitos, Ferramentas e Aplicações. São Paulo:Ed. Edgard Blücher, 2006.

IPEA. Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília, [2010]. Disponível em: <https://ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100514_ relatpsau.pdf>. Acesso em: 02 de nov. 2017

LACERDA, L. Logística Reversa, uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Centro de Estudos em Logística – COPPEAD – UFRJ – 2002.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI, [2015]. Disponível em: <http://u3isjournal.isvouga.pt/index.php/PJFMA/article/view/114/52>. Acesso em: 28 out. 2017

LEITE, P. R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MARTINS, C. Enciclopédia Temática: Economia Linear, [2017]. Disponível em: <h ttp ://knoow.net/cienceconempr/economia/economia-linear/>. Acesso em: 04 de nov. 2017

OLIVEIRA, M.E. O sentido da Economia, [2016]. Disponível em: <http://ww w.cofecon.gov.br/2016/03/31/o-sentido-da-economia/>. Acesso em: 02 de nov. 2017

ROGERS, D. S. & TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going backwards Reverse logistics trends and pratices. University of Nevada, Reno - Center for Logistics Management, 1999

RSA - ROYAL SOCIETY OF ARTS. Investigating the role of design in the circular economy. The Great Recovery Project - Report 01 Revisited. Londres: RSA, 2014.

VICENT, J. F., Bogatyreva O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer A., & Pahl A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. Journal of the Royal Society Interface, 3(9), 471–482.