

## GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM BERTIOGA: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO PILOTO DE TRATAMENTO

**BRUNA ALVES MACHADO**

**ANDERSON BEZERRA DA SILVA**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**ROGÉRIO SANTINO BARBOZA**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**JOÃO ALEXANDRE PASCHOALIN FILHO**

### **Introdução**

A questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e os problemas relacionados a sua gestão, são uma preocupação da sociedade. Diversos municípios não possuem quaisquer programas implantados de aproveitamento de resíduos sólidos, mesmo após a publicação da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei No12.305) em 2010 (Paschoalin Filho et al., 2014). Dentro deste contexto, na cidade de Bertiooga/SP uma planta-piloto de gerenciamento de resíduos sólidos foi apresentada, mostrando uma grande oportunidade para tratamento de resíduos sólidos.

### **Problema de Pesquisa e Objetivo**

A presente pesquisa tem como finalidade executar uma avaliação dos benefícios da planta piloto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos implantada no município de Bertiooga/SP, analisando o funcionamento e propondo melhorias ao projeto, para que esse sistema seja expandido para toda Baixada Santista.

### **Fundamentação Teórica**

O descarte inadequado de resíduos sólidos polui todos os componentes vitais do ambiente vivo (ou seja, ar, terra e água) nos níveis local e global. Segundo Lima (2014) para que não ocorra destinação inadequada dos resíduos sólidos, é necessário conhecer suas características, dessa forma ele será inserido em um determinado grupo e ser classificado corretamente. A Lei nº 12.305 trouxe mudanças em alguns pontos importantes na gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos no país. (Brasil, 2010).

### **Metodologia**

A partir da estratégia de pesquisa de estudo de caso, esta pesquisa apresenta-se de abordagem qualitativa com finalidade de apresentar as evidências e fatos de um projeto em funcionamento no município de Bertiooga (SP). O Município de Bertiooga (SP), foi escolhido como piloto e por serem identificadas ações na gestão de resíduos no município que vêm ao encontro dos objetivos do projeto (coleta seletiva, instalação da central de triagem, equipe técnica disponível). O projeto é composto por 4 módulos (segregação, triagem mecanizada, biodigestão anaeróbica e módulo térmico).

### **Análise dos Resultados**

Observou-se que no mês de inauguração do projeto houve um aumento significativo de recicláveis 81,34 (t/mês) e rejeito 5,23 (t/mês). Contudo esse aumento permaneceu somente até o mês de agosto com 92,17 (t/mês) de recicláveis e 6,32 (t/mês) de rejeito. No ano de 2019, nos meses de outubro e novembro a quantidade de recicláveis tiveram valores bem expressantes, e os rejeitos tiveram uma grande queda em relação a esses dois meses. Conforme os dados coletados no mês de dezembro a quantidade de recicláveis sofreu uma queda inesperada comparado a outubro e novembro.

### **Conclusão**

Foi possível avaliar a planta piloto, apresentando seus benefícios gerados para todas as partes envolvidas. De modo geral, a intenção desse estudo é mostrar que a inovação tecnológica implantada no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos implantada no município de Bertiooga (SP), promove consequentemente benefícios econômicos, sociais e ambientais. Tratando se da planta piloto, as boas práticas por parte da população, o sistema operacional com bom funcionamento e a inovação tecnológica utilizada, minimizam os impactos causados ao meio ambiente, oferecendo um destino adequado aos RSU.

### **Referências Bibliográficas**

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Recuperado em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). (Acesso em abril de 2019). Lima, J. D., Jucá, J. F. T., Reichert, G. A., & Firmo, A. L. B. (2014). Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio Grande do Sul, 19(1), 33-42. Paschoalin Filho, J. A., Silveira, F. F., da Luz, E. G., & de Oliveira, R. B. (2014). Compara

### **Palavras Chave**

Resíduos Sólidos Urbanos, Coleta Seletiva, Cooperativa

# **GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM BERTIOGA: ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO PILOTO DE TRATAMENTO**

## **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, a questão dos resíduos sólidos urbanos e os problemas relacionados a sua gestão permanecem como uma preocupação da sociedade. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), crescimento na geração per capita de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de 348kg/ano para 379kg/ ano.

O aumento na geração de resíduos sólidos urbanos pode estar associado ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico e até mesmo à revolução tecnológica, podendo ocasionar ao longo do tempo composições com elementos sintéticos e perigosos à saúde humana e aos ecossistemas, principalmente quando não são tratados adequadamente (Rossi, 2015).

A coleta dos RSU em 2019 comparada com o ano anterior aumentou em todas as regiões do país. Ainda assim, a região Sudeste apresenta o maior percentual de cobertura de serviços de coleta do país. Contudo a destinação final adequada desses resíduos apresentou um índice quase 60% do total anual direcionado aos aterros sanitários. Ainda assim, existem unidades inadequadas que recebem esses resíduos, conhecidos como vazadouros (lixões). Esses locais estão presentes em diversas regiões do país e recebem mais de 80 mil toneladas de RSU por dia, apresentando um índice superior a 40%, elevando o potencial de poluição ambiental e impactos negativos a saúde pública (ABELPRE, 2020).

Os programas de gerenciamento de RSU de alguns municípios são pouco maduros e com baixa efetividade, fazendo com que a solução dos problemas de gestão de RSU sejam ineficazes. Ademais, diversos municípios não possuem quaisquer programas implantados de aproveitamento de resíduos sólidos, tanto de coleta, quanto de reciclagem, mesmo após a publicação da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei Nº12.305) em 2010 (Paschoalin Filho et al., 2014).

Dentro deste contexto, na cidade de Bertioga/SP uma planta-piloto de gerenciamento de resíduos sólidos foi apresentada, mostrando uma grande oportunidade para tratamento de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, com objetivo de dar solução a nível nacional à problemática dos resíduos urbanos (Bom, 2018).

Visto que as áreas disponíveis para destinação adequada estão ficando cada vez mais escassas, ocasionando o aumento dos custos de transportes e a degradação ambiental pela existência dos lixões.

De acordo com o Boletim Oficial Eletrônico do Município de Bertioga (2018), foi estabelecida uma parceria entre Prefeitura de Bertioga e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos do município recebeu três equipamentos: uma máquina para semi-mecanização do sistema de triagem dos recicláveis, um biodigestor e um incinerador.

O projeto, chamado de “RECICLOS”, engloba toda a cadeia do resíduo sólido domiciliar, desde a mudança na forma de segregação na origem.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO**

Com o intuito de analisar as melhorias que o projeto implantado trouxe ao município de Bertioga/SP surge a seguinte indagação na pesquisa: “De que forma o projeto RECICLOS implantado no município de Bertioga/SP pode auxiliar no sistema de coleta de resíduos em outros municípios da Baixada Santista?”

Neste contexto, a presente pesquisa tem como finalidade executar uma avaliação dos benefícios da planta piloto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos implantada no município de Bertioga/SP, analisando o funcionamento e propondo melhorias ao projeto, para que esse sistema seja expandido para toda Baixada Santista.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Aspectos gerais da geração e gestão de RSU:**

Os resíduos sólidos foram definidos pela Norma ABNT NBR – 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, p. 1) como aqueles resultantes de atividades domésticas, de varrição, agrícola, industrial, hospitalar, comercial, entre outras e com potencial de ser utilizado como matéria-prima.

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são provenientes de residências, estabelecimentos comerciais, serviços de varrição, podas, limpeza de vias e logradouros públicos (Brasil, 2007). A ABNT NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos nas seguintes classes:

- Resíduos classe I - Perigosos: apresenta características de riscos ao meio ambiente e/ou a saúde pública. Podendo ser tóxicos, corrosivos, radioativos, patogênicos e inflamáveis;
- Resíduos classe II - não inertes: são os resíduos que não possuem características de periculosidade nem são inertes. Fazem parte deste grupo os que podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos classe III - inertes: são aqueles quando estão em contato com a água não solubilizam nenhum de seus componentes, por exemplo, tijolos, vidros, plásticos, borrachas entre outros.

Os maiores problemas ambientais que a humanidade vem enfrentando diariamente, estão relacionados com as altas taxas de consumo e a crescente produção de resíduos. Mas é evidente que esse problema pode se agravar com o adensamento dos aglomerados urbanos e a expansão territorial, visto que na maioria das cidades brasileiras a infraestrutura sanitária não acompanha o ritmo acelerado desse crescimento (Polaz & Teixeira, 2009).

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos é contínua, visto que o consumo por parte da população é diário, exigindo uma gestão racional desde o seu manejo até sua destinação final, partindo do poder público ou privado (Paschoalin Filho et al., 2014).

O descarte inadequado de resíduos sólidos polui todos os componentes vitais do ambiente vivo (ou seja, ar, terra e água) nos níveis local e global. Segundo Lima (2014) para que não ocorra destinação inadequada dos resíduos sólidos, é necessário conhecer suas características, dessa forma ele será inserido em um determinado grupo e ser classificado corretamente. Para que o planejamento e gestão sejam eficientes é de extrema importância realizar a classificação dos resíduos sólidos.

Locais afastados do centro das cidades nos quais os resíduos são despejados no solo a céu aberto, são conhecidos como vazadouros ou lixões. Os resíduos são dispostos de qualquer jeito e sem nenhum tipo de tratamento, podendo causar inúmeros problemas ambientais, por falta de atendimento às normas de controle. Os lixões podem apresentar riscos, como a poluição das águas subterrâneas e cursos d'água, proliferação vetores de doenças e odores de fermentação (Amorim et al, 2010).

As áreas urbanas enfrentam diversos problemas devido a deposição inadequada dos resíduos sólidos, podendo ocasionar problemas de saúde e impacto ao meio ambiente. Os principais problemas relacionados aos RSU nas áreas urbanas são (Atalia et al., 2015):

- O resíduo se torna um terreno fértil para insetos, moscas, fungos, bactérias e outros microrganismos que podem propagar doenças agravantes durante a estação chuvosa e a contaminação da água potável.
- O mau cheiro é formado ao redor de toda área onde está depositado o RSU, criando um ambiente intolerável.
- Muitos animais como cachorros, gatos, vacas e cabras se aproximam das áreas com lixo e acabam espalhando em busca de comida.
- O fator econômico é prejudicado, quando o valor do mercado de uma determinada área reduz devido a existência de locais de resíduos dispostos inadequadamente
- O desperdício geral se torna uma ameaça ao meio ambiente em forma de doenças epidêmicas, como cólera, malária etc.

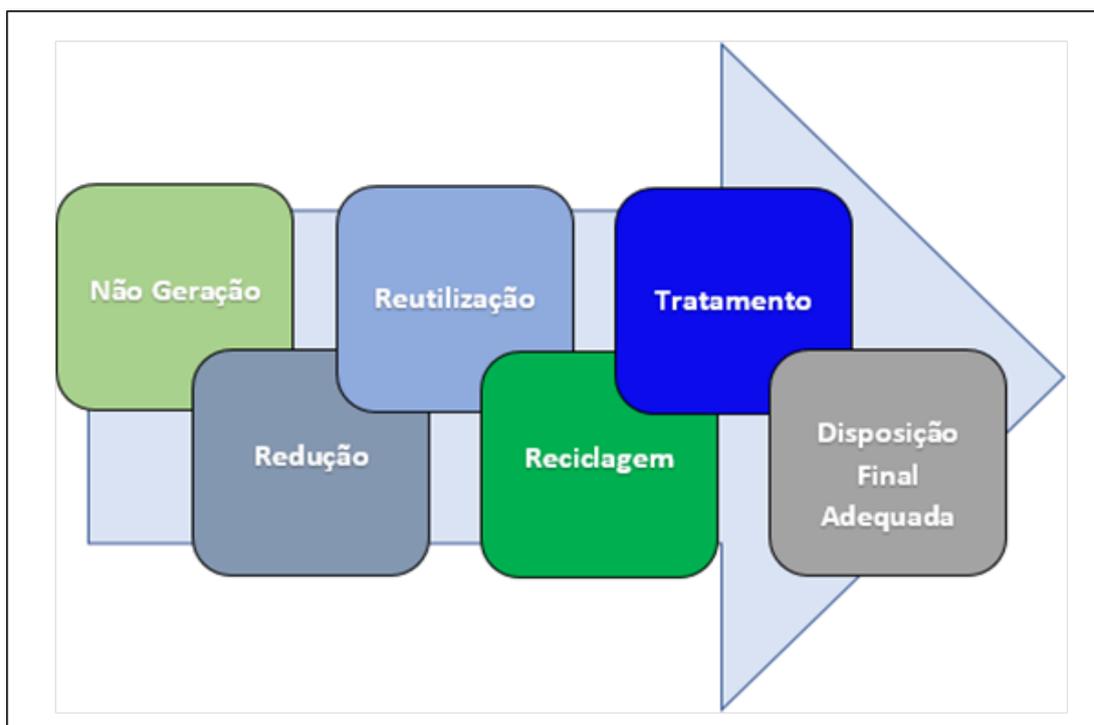
De acordo com as normas constitucionais no Brasil, é responsabilidade do poder público local o gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos em suas cidades. Os serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos abrangem desde a coleta até a disposição final desses resíduos, no qual possuem um grande impacto no orçamento das administrações municipais, podendo atingir 20% dos gastos do município (IBGE, 2010).

### **3.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos**

A Lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2 de agosto de 2010, com mais de 20 anos de discussão no Congresso Nacional, regulamentada em 23 de dezembro de 2010, pelo Decreto nº 7.404, trazendo mudanças em alguns pontos importantes na gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos no país.

Essa lei estabelece uma nova técnica de abordagem em relação aos resíduos, recomendando a adoção de sistemas descentralizados, junto ao planejamento integrado, que tem como finalidade identificar os problemas, oferecer soluções por meio de alternativas tecnológicas e apresentar os prazos de atuação (Brasil, 2010).

A PNRS apresenta a caracterização de resíduos sólidos, tornando-se uma das partes fundamentais do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (Domingos, 2015). Alguns conceitos-chave que são destacados no seu artigo terceiro são apresentados na Figura 1. De acordo com a (PNRS), a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos devem seguir seguintes prioridades: não-geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.



**Figura 1** - Ordem de prioridade no gerenciamento dos resíduos sólidos.  
Fonte: Brasil e ICLEI (2012).

O Art. 9º da Lei 12.305/2010 determina a ordem de prioridade na gestão e no gerenciamento de resíduos, sendo:

“Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei (PNRS, 2010)”.

Todos esses elementos possuem como objetivo reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos ao meio ambiente, amortecer o volume de resíduos destinados aos aterros aumentando sua vida útil, além de introduzir novamente na cadeia produtiva por meio da reciclagem, gerando benefícios a sociedade como emprego e renda (Brasil, 2010; Iclei, 2012).

No intuito de afetar a problemática dos resíduos já em sua geração, o sistema determina a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa e o princípio do poluidor-pagador, obrigando o fabricante ou importador a responder por todo o ciclo de produção, e até mesmo o resíduo gerado pelo descarte da embalagem ou do próprio produto (Wirth & Oliveira, 2016)

A PNRS tem um objeto fundamental para controle de gestão, definido como Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Contudo o prazo de existência do plano é indeterminado, mas seu marco temporal é de 20 anos, sendo uma referência para políticas públicas ambientais. A revisão do plano é prevista a cada quatro anos, com intuito de deixá-lo atualizado em meio a diversas mudanças no cenário ambiental (Brasil, 2010).

## 4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 4.1. Caracterização da pesquisa

A partir da estratégia de pesquisa de estudo de caso, esta pesquisa apresenta-se de abordagem qualitativa e exploratória, com finalidade de apresentar as evidências e fatos de um projeto em funcionamento. De acordo com Martins e Theóphilo (2009), a pesquisa com base exploratória tem como objetivo a descoberta e a familiarização com um tema não muito conhecido ou investigado, sendo fundamental o processo de coleta de dados e informações.

Quanto a abordagem, este estudo caracteriza-se como um estudo qualitativo, tornando-se descritiva, visto que a parte escrita é destaque desempenhando um papel primordial tanto no processo de obtenção dos dados quanto na divulgação dos resultados.

Neste tipo de estudo, os dados podem ser coletados surgem por meio de transcrições de entrevistas, anotações, fotografias, registros e diversos tipos de evidências. Quando adotado esse tipo de abordagem, os pesquisadores se preocupam com o processo e não exclusivamente com os resultados ou produto. (Godoy, 1995).

Seguindo essa linha, Martins e Theóphilo (2009), entendem que a pesquisa qualitativa é uma técnica de investigação científica que foca no caráter subjetivo do objeto analisado, e o caráter de uma pesquisa qualitativa se justifica no momento que se dispõe de pouca informação sobre assunto pesquisado. Além disso a pesquisa qualitativa é utilizada quando há intenção de conhecer o funcionamento de uma determinada estrutura, sendo fundamental estudar o processo.

O estudo de caso é considerado um tipo de pesquisa qualitativa caracterizando-se a partir da extensão dos ensinamentos obtidos no acompanhamento sistemático de um caso individual para situações e contextos mais gerais (Vieira, 2010). Por essa razão, o método de pesquisa adotada foi estudo de caso, visto que a análise possui um foco de encontrar fenômenos sociais contemporâneos e implicação no contexto da vida real, e ainda procura responder uma pergunta do tipo “como” (Yin, 2015). A Figura 2 mostra o delineamento geral da pesquisa, que será detalhado nas seções seguintes. A Figura 3 mostra o plano de estruturação deste projeto de pesquisa.

DELINEAMENTO GERAL DA PESQUISA	
<b>ABORDAGEM:</b>	QUALITATIVA
<b>NATUREZA:</b>	DESCRITIVA
<b>ESTRATÉGIA:</b>	ESTUDO DE CASO
<b>COLETA DE DADOS:</b>	DOCUMENTOS, REGISTROS E OBSERVAÇÃO DIRETA

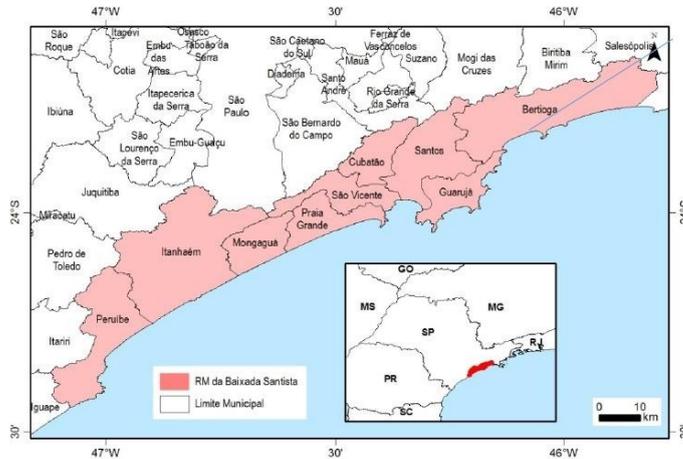
**Figura 2.** Método estudo de caso. Fonte: Elaborado pelos autores baseados em Yin (2015)



**Figura 3** – estruturação do projeto de pesquisa

#### 4.2. Caracterização do local em estudos

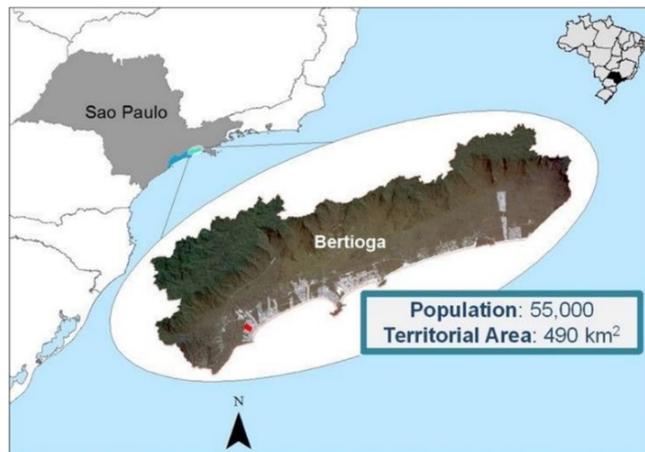
Em 1996, a Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) foi formada possuindo uma área de 2.428,74 km<sup>2</sup>, constituída por nove municípios: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente (Figura 4), abrigando 1.814.949 habitantes (SEADE, 2019).



**Figura 4** - Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e seus municípios. Fonte: PRGIRS - BS (2018).

A região apresentada no mapa é formada por 65 km contínuos de litoral, caracterizada por uma faixa alongada e estreita, contudo é restrita pelos declives da Serra do Mar, detendo seus remanescentes de Mata Atlântica, e o Oceano Atlântico. Exibindo uma vasta diversidade de ecossistemas, como por exemplo, os manguezais, ilhas, estuário, costões rochosos, enseadas, restinga, praias e dunas. A maior parte dos ecossistemas é protegido por Unidades de Conservação e diferentes tipos de áreas protegidas por lei (PRGIRS/BS, 2018).

O município de Bertioga compõe uma parte da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), possuindo uma área de 490 km<sup>2</sup> acolhendo 55.000 com 73% de área em preservação conforme mostra a Figura 5.



**Figura 5** – Área do estudo. Fonte: IPT (2019)

A Tabela 1 mostra a quantidade total de resíduos gerados em 2016 na Baixada Santista e a parte que cada município teve na geração total. Com base nesses dados, pode-se observar que, devido às características de densidade populacional, geração per capita, população e população flutuante em alta temporada, entre outras influências, os municípios que mais geram resíduos na Baixada Santista são: Santos, que representa 26 % da geração total, Guarujá, com 21 %, Praia Grande e São Vicente, com 14 % cada.

**Tabela 1-** Geração de resíduos total gerados na Baixada Santista

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>GERAÇÃO (t/ano)</b>	<b>(%) RSD na BS</b>
Bertioga	29.260	4%
Cubatão	51.114	8%
Guarujá	145.579	21%
Itanhaém	33.983	5%
Mongaguá	23.386	3%
Peruíbe	29.003	4%
Praia Grande	95.137	14%
Santos	180.354	26%
São Vicente	93.052	14%
<b>Baixada Santista</b>	<b>680.868</b>	<b>100%</b>

Fonte: PRGIRS - BS (2018)

O Instituto de Pesquisa (IPT) Tecnológicas apresentou no ano de 2018 um Projeto de pesquisa e desenvolvimento que teve como meta criar um programa de apoio aos municípios com questões relacionadas a resíduos sólidos urbanos. Esse programa, denominado Reciclos, possui como estratégia o desenvolvimento e avaliação de alternativas de processamento de resíduos sólidos urbanos, financiado pela Secretaria de Desenvolvimento Econômico.

O Município de Bertioga (SP), foi escolhido como piloto, primeiramente, por estar localizado na Baixada Santista, uma região que possui alta suscetibilidade à contaminação (geologia local), portanto, a limitação quanto à escolha de área de disposição de resíduos; pela previsão da finalização da vida útil da atual disposição para os próximos anos; e, também, por terem sido identificadas ações na gestão de resíduos no município que vêm ao encontro dos objetivos do projeto (coleta seletiva, instalação da central de triagem, equipe técnica disponível). Conforme a Figura 6, o projeto é composto por 4 módulos.



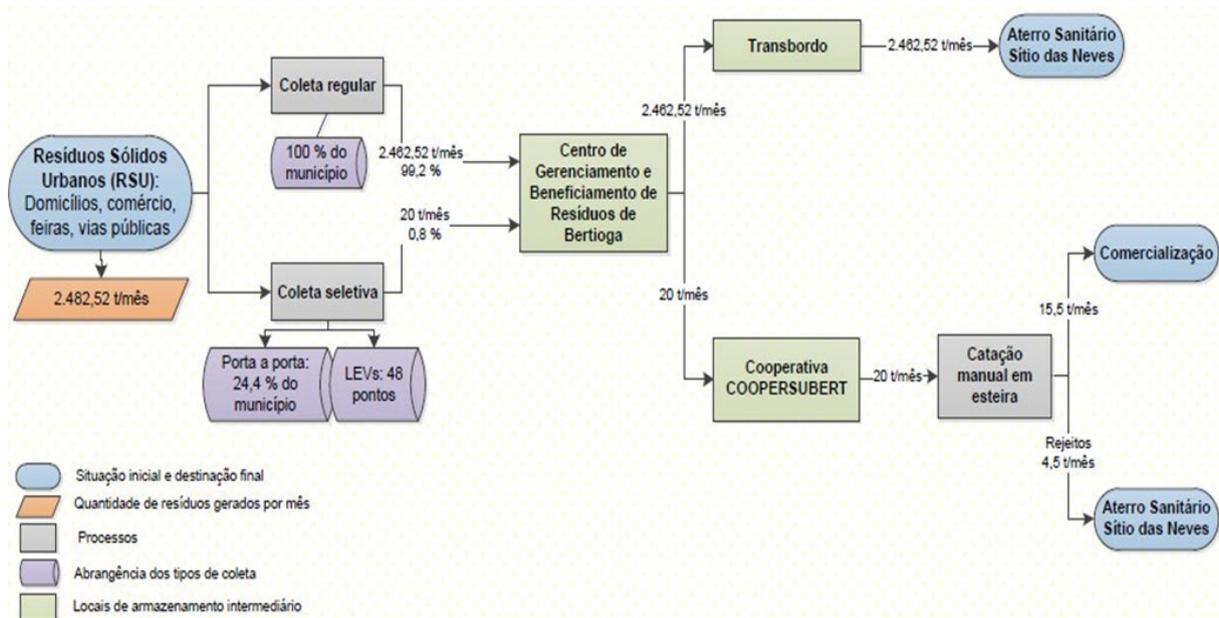
**Figura 6.** Planta piloto. Fonte: PRGIRS/BS (2018)

Os equipamentos apresentados na Figura 6 aumentarão a capacidade de reciclagem de resíduos sólidos da Cidade, que já é a que mais recicla entre os municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista, cerca de 3,5% de todo o lixo produzido (Bom, 2018).

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos em Bertioga

Os indicadores do sistema de gestão dos resíduos sólidos do município de Bertioga apresentam os seguintes resultados: IGR de 7,4, que representa uma gestão mediana (2013), e o município foi certificado pelo Programa Município Verde Azul em 2014, com posição 111 e pontuação de 81,60. O resumo esquemático do atual sistema de gestão do município é apresentado na Figura 7.



**Figura 7.** Resumo esquemático do Sistema de Gestão de RSU em Bertioga. Fonte: IPT (2016)

De acordo com o IPT (2016) os resíduos sólidos urbanos no município incluem os resíduos gerados pelos domicílios, comércios, feiras livres e vias públicas. Sua gestão, incluindo a coleta, transporte e destinação final, é de responsabilidade da Prefeitura, sendo terceirizada às empresas Terracom Construções Ltda. (resíduos domiciliares e dos serviços de saúde), Agrícola Comercial (coleta de resíduos na faixa de areia) e Construtora Monte Azul (serviços de limpeza urbana).

A coleta é dividida em regular - que atinge 100 % do município e abrange os resíduos recicláveis, úmidos e rejeitos – e seletiva, que atinge 24,4 % do município, mais especificamente os bairros Centro, Maitinga, Indaiá e Rio da Praia, é realizada por meio do sistema porta a porta, pela empresa Terracom (IPT, 2016).

Para que a empresa de coleta possa identificar os resíduos destinados à coleta seletiva, a Prefeitura orienta o munícipe a colocar o material (garrafas pet, alumínio, plástico, latas, papel, vidro, entre outros) em sacos plásticos identificados com fitas coloridas e colocar em local separado os resíduos destinados à coleta regular. Existem também os Locais de Entrega Voluntária (LEVs), localizados em 48 pontos da cidade, como estabelecimentos comerciais e repartições públicas, para a entrega e coleta dos materiais recicláveis.

Os resíduos coletados são encaminhados para a Cooperativa de Triagem de Sucata União de Bertioga (COOPERSUBERT), locada no Centro de Gerenciamento e Beneficiamento de Resíduos Sólidos. Ali, é realizada a triagem dos recicláveis, por meio da catação manual em esteira. O material é segregado em: aparas de papelão, aparas de longa vida; papel misto; polipropileno, polietileno de alta densidade (PEAD), garrafas PET; policloreto de vinila (PVC); aparas de plásticos; metais (mistos); vidro marrom, vidro verde e vidro misto.

Depois de triados, os materiais são prensados e enviados para comercialização, totalizando aproximadamente 15,5 t/mês. Os rejeitos, cerca de 22,5 % do material (4,5 t/mês), são destinados para o Aterro Sanitário Sítio das Neves.

## 5.2. Operação da planta piloto

O projeto de planta piloto de gerenciamentos de resíduos sólidos urbanos em Bertioga/SP foi inaugurado em 06 de julho de 2018. O sistema implantado dispõe de um centro operacional com uma sala de registro de ponto, sanitários e a balança dos caminhões que dão entrada para disposição dos resíduos orgânicos e da coleta seletiva. A coleta é realizada por um caminhão compactador, os resíduos seguem para área de transbordo, posteriormente são destinados ao Aterro Sanitário Sítio das Neves.

Entretanto os resíduos orgânicos que têm como destino a digestão anaeróbica provêm de um restaurante e o Sesc de Bertioga. A disposição dos resíduos provenientes da coleta seletiva fica ao lado da triagem mecanizada. Os caminhões de coleta passam pela balança e seguem para o local de destinação de acordo com o tipo de resíduo. Após a disposição dos resíduos recicláveis, são direcionados para a triagem semimecanizada/semiautomática que conta com alguns equipamentos que permitem a melhora do processo de separação. Esse processo inicia-se em uma esteira para alimentação do sistema “rasga-sacos”.

A planta tem capacidade de processamento 500 kg/h em turnos de 6h, totalizando 3 t/dia. Após passar pelo sistema “rasga-sacos”, os resíduos são direcionados automaticamente para a peneira rotativa “Trommel” que tem como função de retirar todos os materiais particulados sejam eles resíduos orgânicos, vidro, papéis picados etc. Posteriormente o separador magnético retira todos os materiais ferrosos. O separador magnético possui saída com uma esteira que direciona os resíduos para a triagem manual.

A separação dos materiais continua sendo prioritariamente manual, dessa forma o controle de qualidade dos produtos separados feito por pessoas e manualmente. Os materiais retirados na esteira são dispostos em tuneis com direção aos bags. O mezanino da triagem manual possui suportes para as bags para receber os materiais separados, quando estão suficientemente cheias são direcionadas para as prensas de compactação. As bags separadas para compactação dos materiais. Os materiais são colocados na prensa para serem compactados. Os materiais compactados na prensa são amarrados para que não se espalhem no transporte.

A cooperativa responsável pela separação dos materiais é quem comercializa os recicláveis, contudo a Prefeitura não possui o controle sobre essa comercialização. Os equipamentos de biodigestão anaeróbica são compostos por 4 contêineres, um digestor secundário, onde fica o líquido percolado que vai recirculando.

O processo de biodegradação, que ocorre predominantemente na ausência de oxigênio, em que substratos orgânicos vão sendo convertidos em moléculas cada vez mais simples até a mineralização. Em uma das fases de biodigestão ocorre a metanogênese, que leva a geração e liberação de gás metano, quando direcionado para a queima transforma-se em biogás, no qual está sendo utilizado como combustível para o gerador de energia da planta piloto.

O incinerador é um tipo de tratamento térmico por meio de um exaustor de gases de combustão, com capacidade para processar em torno de 5 kg/h de resíduos. O resíduo moído e alimentado ao queimador por meio de um silo selado e uma rosca refrigerada com controle de rotação. Os gases de exaustão, ao saírem do reator passam por um ciclone para coleta do material particulado arrastado do leito, e são direcionados para um resfriador de gases. Após o resfriamento e lavagem, um exaustor envia os gases para a chaminé. A seguir são apresentadas algumas fotografias colhidas durante as visitas conduzidas.



**Figura 8.** Big Bags utilizados no armazenamento dos RSU. Fonte: Dados da Pesquisa.



**Figura 9.** Fardos de resíduos sólidos compactados prontos para comercialização. Fonte: Dados da Pesquisa.



**Figura 10.** Equipamento de digestão anaeróbica. Fonte: Dados da Pesquisa.



**Figura 11.** Equipamento incinerador. Fonte: Dados da Pesquisa.

### 5.3. Controle de dados de coleta

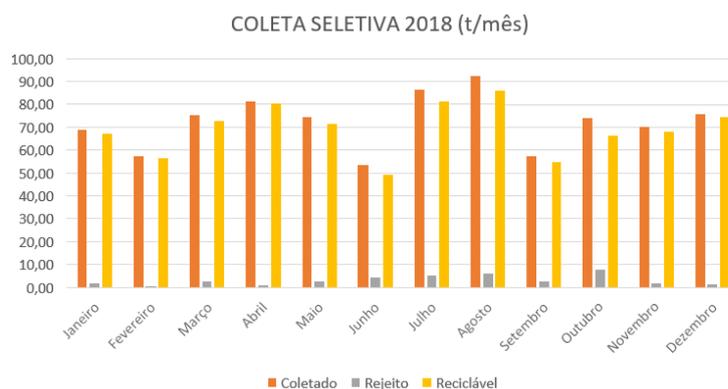
De acordo com o controle de coleta de 2018, observa-se (Tabela 2) que no mês de inauguração do projeto houve um aumento significativo de recicláveis 81,34 (t/mês) e rejeito 5,23 (t/mês). Contudo esse aumento permaneceu somente até o mês de agosto com 92,17 (t/mês) de recicláveis e 6,32 (t/mês) de rejeito.

Avaliando os dados apresentados na Figura 12, nota-se que no mês de setembro a dezembro os recicláveis passaram por uma oscilação considerável. Esses resultados podem estar relacionados a adaptação e aceitação da coleta seletiva pela população residente no município de Bertioga, e até mesmo a população flutuante que passam pela cidade nos meses de alta temporada.

**Tabela 2-** Controle de coleta de RSU – 2018

Coleta seletiva em Toneladas				
2018	Sólidos	Coletad o	Rejeit o	Recicláve l
Janeiro	4.905,75	69,14	1,77	67,37
Fevereiro	2.876,08	57,26	0,57	56,69
Março	2.541,63	75,41	2,65	72,76
Abril	2.310,69	81,23	0,91	80,32
Maiο	2.063,28	74,3	2,67	71,63
Junho	1.809,80	53,39	4,21	49,18
Julho	2.251,96	86,57	5,23	81,34
Agosto	1.898,30	92,17	6,32	85,85
Setembro	2.152,13	57,39	2,63	54,76
Outubro	2.436,66	74,14	7,75	66,39
Novembro	2.812,50	70,22	1,98	68,24
Dezembro	3.411,24	75,67	1,35	74,32
<b>Ano 2018</b>	<b>31.470,0 2</b>	<b>866,89</b>	<b>38,04</b>	<b>828,85</b>

Fonte: Prefeitura Municipal de Bertioga (2019)



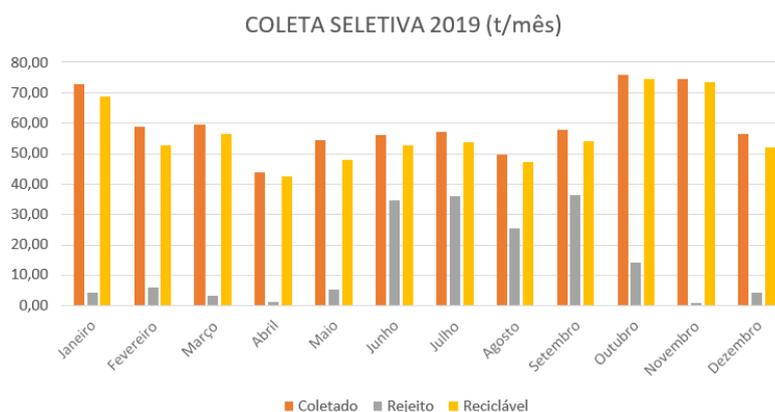
**Figura 12-** Resumo esquemático do Sistema de Gestão de RSU em Bertioga. Fonte: IPT (2016)

No ano de 2019 (Tabela 3), obteve se resultados com oscilações desde o início do ano até o mês de setembro. Já nos meses de outubro e novembro a quantidade de recicláveis tiveram valores bem expressantes, e os rejeitos tiveram uma grande queda em relação a esses dois meses. De acordo com a Figura 13 no mês de dezembro a quantidade de recicláveis sofreu uma queda inesperada comparado a outubro e novembro.

**Tabela 3-** Controle de coleta de RSU - 2019

Coleta seletiva em Toneladas				
2019	Sólidos	Coletado	Rejeito	Reciclável
Janeiro	5.332,01	73,10	4,25	68,85
Fevereiro	2.656,08	59,10	6,13	52,97
Março	2.878,22	59,82	3,33	56,49
Abril	2.438,86	43,76	1,32	42,44
Maio	2.159,38	54,45	5,29	47,89
Junho	1.923,63	56,12	34,60	52,66
Julho	2.330,08	57,34	36,20	53,72
Agosto	1.955,21	49,73	25,60	47,17
Setembro	2.060,16	58,00	36,40	54,36
Outubro	2.722,20	76,01	14,10	74,60
Novembro	2.549,95	74,58	0,85	73,73
Dezembro	2.880,84	56,50	4,41	52,09
<b>Ano 2019</b>	<b>31.886,62</b>	<b>718,51</b>	<b>172,48</b>	<b>555,15</b>

Fonte: Prefeitura Municipal de Bertioga (2019)



**Figura 13-** Resumo esquemático do Sistema de Gestão de RSU em Bertioga. Fonte: IPT (2016)

## 6. CONCLUSÃO

Por meio desse estudo foi possível identificar e avaliar o funcionamento da planta piloto, apresentando seus benefícios gerados para todas as partes envolvidas e contribuindo com melhorias em todo o processo.

Em relação as dificuldades no desenvolvimento da pesquisa, a coleta de dados foi uma etapa complexa do estudo. A ausência e qualidade de determinadas informações sobre o sistema do objeto de estudo foram as principais barreiras enfrentadas. A localização, estrutura física instalada em Bertioga e todo processo que exige autorização foram estabelecidos de maneira conjunta com o Município e órgãos competentes (Prefeitura, Corpo de Bombeiros, Cetesb).

O Município de Bertioga, teve como responsabilidade oferecer a infraestrutura para instalação, incluindo rede de energia e água. Já o IPT ficou responsável pela capacitação da equipe técnica da Prefeitura. O funcionamento de planta piloto iniciou se com a segregação na fonte, ou seja, formado por um conjunto de procedimentos e mecanismos de incentivos na separação dos resíduos e destinação para coleta seletiva por meio da população residente em Bertioga.

Portanto é de extrema importância a conscientização da população em relação a disposição adequada dos RSU, visto que a quantidade de recicláveis coletados apresentou redução frequentemente. A estrutura operacional composta pela triagem mecanizada e manual, conta com equipamentos mecanizados e funcionários de uma cooperativa que realizam a separação de resíduos e recicláveis.

Recomenda se realizar manutenções periódicas nos equipamentos a fim de não interromper a operação. Já o processo de triagem manual é dirigido por uma cooperativa, a COOPERSUBERT sendo responsável pela contratação de mão de obra, separação e comercialização dos resíduos provenientes da coleta seletiva. Todavia não foi identificado um controle da Prefeitura referente a comercialização dos recicláveis.

O processo de biodigestão anaeróbica dos rejeitos é monitorado pelo próprio Instituto de Pesquisa Tecnológicas, porém o acesso aos dados é restrito. O tratamento térmico por meio de um incinerador está suspenso, devido a fragmentação de uma peça.

Não foram identificados dados pertinentes a esse tratamento de resíduos. As inovações tecnológicas utilizadas no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos criam possibilidades de melhorias nos processos de coleta, separação e disposição adequada desses resíduos. Entretanto vale ressaltar a importância da conscientização da população residente e flutuante, treinamento dos colaboradores e controle operacional para que as metas de redução de disposição inadequada dos RSU sejam alcançadas.

Recomenda se a busca continua por práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras. Ainda que a legislação necessita de melhores parâmetros para implementação e, principalmente fiscalização. De modo geral, a intenção desse estudo é mostrar que a inovação tecnológica implantada no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos promove consequentemente benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Tratando se da planta piloto, as boas práticas por parte da população, o sistema operacional com bom funcionamento e a inovação tecnológica utilizada, minimizam os impactos causados ao meio ambiente, oferecendo um destino adequado aos RSU.

À vista disso, deseja se que este trabalho traga para a sociedade, conhecimento, de forma que transmita referências de cases que agreguem na gestão dos resíduos sólidos. Nesse cenário, o desenvolvimento de uma nova tecnologia enfrenta diversos desafios, uma vez que o resíduo descartado com teor energético e passível de reciclagem, torna se indispensável o reaproveitamento. Portanto, a pesquisa é de extrema importância.

Por fim, para trabalhos futuros podem se sugerir análise do funcionamento da coleta seletiva a partir da segregação na fonte até o centro de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a fim de identificar possíveis barreiras que possam interromper o processo. Além disso recomenda-se busca contínua por melhorias no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma brasileira NBR nº 10.004: resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro; 2004
- ABRELPE (2020) Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. Recuperado em: [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm). (Acesso em setembro de 2021)
- Atalia, K. R., Buha, D. M., Bhavsar, K. A., & Shah, N. K. (2015). A review on composting of municipal solid waste. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9, 20-29.
- Amorim, A. P., De Albuquerque, B. M., Gautério, D. T., Jardim, D. B., Morrone, E. C., & Souza, R. M. (2010). Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade do Rio Grande-RS. *AMBIENTE & EDUCAÇÃO-Revista de Educação Ambiental*, 15(1), 159- 178.
- BOM - Boletim Oficial Eletrônico do Município Bertioga, 2018. Recuperado em: <http://www-periodicos-capes-gov.br/ez345.periodicos.capes.gov.br/>. (Acesso em maio de 2019)
- BRASIL. (2007) Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 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. Recuperado em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm). (Acesso em abril de 2019).
- Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Recuperado em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). (Acesso em abril de 2019).
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente; ICLEI BRASIL. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação - apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos – do nacional ao local. 2012. Recuperado em: [www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_solidos3003\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf). (Acesso em abril de 2019).
- Domingos, D.C, & Boeira, S. L. (2015). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: análise do atual cenário no município de Florianópolis. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: GeAS*, 4(3), 14-30.
- Godoy, A. S (1995). Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Rev. Adm. empres.[online]*, 35(2), 57-63.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008, p. 59-60, Rio de Janeiro, 2010.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Recuperado em: [https://www.ipt.br/noticia/1427-rotas\\_tecnologicas\\_integradas.htm](https://www.ipt.br/noticia/1427-rotas_tecnologicas_integradas.htm). (Acesso em maio de 2019).
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Relatório Técnico, Nº 146017-205 - 39/172. Cidade Universitária - São Paulo, 2016
- Lima, J. D., Jucá, J. F. T., Reichert, G. A., & Firmo, A. L. B. (2014). Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. *Engenharia Sanitária Ambiental, Rio Grande do Sul*, 19(1), 33-42.
- Martins, G. A., & Théophilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: Atlas.
- Paschoalin Filho, J. A., Silveira, F. F., da Luz, E. G., & de Oliveira, R. B. (2014). Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 3(3), 19-33.

- Polaz, C. N. M., & Teixeira, B. A. D. N. (2009). Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP).
- PRGIRS/BS – Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Baixada Santista. Recuperado em [https://www.ipt.br/download.php?filename=1617-PRGIRS\\_BS.pdf](https://www.ipt.br/download.php?filename=1617-PRGIRS_BS.pdf). (Acesso em maio de 2019).
- Rossi, C. D. R. (2015). Potencial de Recuperação Energética dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região da AMESC.
- SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Recuperado em: <http://www.perfil.seade.gov.br/?#>. (Acesso em maio de 2019).
- Vieira, J. G. S. (2010). Metodologia de pesquisa científica na prática. Curitiba: Editora Fael.
- Wirth, I. G., & Oliveira, C. B. (2016). A Política Nacional de Resíduos Sólidos e os modelos de gestão. Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional. Rio de Janeiro: IPEA, 217-245.
- Yin, R.K. (2015) Estudo de caso. Planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 5ed. Porto Alegre (RS): Bookman. 290 p.