

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS  
CENTRO DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Gustav Klein

Panorama do Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Brasil,  
Sudeste e Estado de São Paulo

CAMPINAS

2019

Gustav Klein

Panorama do Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Brasil,  
Sudeste e Estado de São Paulo

Monografia apresentada à  
Faculdade de Ciências  
Econômicas do Centro de  
Economia e Administração da  
Pontifícia Universidade Católica  
de Campinas como exigência  
parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Ciências  
Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Izaías de  
Carvalho Borges

PUC-CAMPINAS

2019

## **Sumário:**

Resumo	5
Introdução	6
1. Referencial Teórico	8
1.1 Falhas de Mercado: Externalidades e Bens Públicos	8
1.2 Políticas Ambientais	10
1.3 Análise Custo Benefício	14
1.4 Resíduos Sólidos	17
2. Resíduos sólidos no Brasil e Sudeste	20
2.1 Políticas de resíduos sólidos no Brasil	21
2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Brasil e no Sudeste	21
3. Modelos de análise estatística:	29
Conclusão:	33
Anexos:	35
Referências Bibliográficas:	39

**Lista de Tabelas:**

Tabela 1 - Critérios de Seleção de Instrumentos de Gestão Ambiental	13
Tabela 2 - Instrumentos de Mercado	14
Tabela 3 - Componentes Básicos dos Custos Sociais	16
Tabela 4 - Responsável pelo gerenciamento de resíduos sólidos municipal	22
Tabela 5: Tipos e Operadores de Unidade de Processamento por ano	27
Tabela 6 - Informações sobre os modelos aplicados	32

**Lista de Gráficos:**

Gráfico 1 - Equilíbrio Competitivo com Externalidade Negativa	9
Gráfico 2 - Quantidade de Unidades de Processamento ao Ano	28

**Lista de Imagens:**

Imagem 1 - Modelo do Balanço de Materiais	18
-------------------------------------------	----

## **Resumo**

A geração de resíduos sólidos está diretamente atrelada à população. Crescimentos populacional e da densidade demográfica são um grande problema para o mundo e para o Brasil. Esse trabalho tem como objetivo analisar o panorama do Brasil e de sua região e estado com maior densidade demográfica em relação com a quantidade gerada de resíduos sólidos urbanos. Elencando dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, IBGE e fundação SEADE. O trabalho tem uma abordagem quantitativa, com o objetivo de descrever a situação atual, utilizando de ferramentas estatísticas para um maior aprofundamento.

## **Introdução**

A sustentabilidade é um assunto recorrente em qualquer discussão moderna a respeito de desenvolvimento. A preocupação com a interação saudável entre o ser humano e o planeta Terra é cada vez mais recorrente e preocupante, assim um desenvolvimento sustentável se faz cada vez mais necessário.

As ações da sociedade a respeito com o meio ambiente teve início por meio da implementação de políticas que restringiam de certa maneira o desenvolvimento. Essas políticas são necessárias para a preservação da natureza. A preocupação com a degradação do meio ambiente teve um surgimento inicial, tornando os impactos das ações humanas sob a natureza mais notáveis aos olhos da sociedade, induzindo assim a reflexão e discussão a respeito desse assunto. Com o reconhecimento da degradação, a escassez surgiu, a apreensão do possível esgotamento de recursos importantes levou novamente a sociedade pensar no seu modo de vida, refletindo a respeito das saídas.

As políticas em prol da sustentabilidade podem ser vistas como negativas de um ponto de vista específico, indústrias podem ter perda de lucros, por exemplo. A sustentabilidade afeta favoravelmente o ambiente melhorando a longevidade do desenvolvimento. Mas não deixa de impor limitações, podendo gerar custos de produção adicionais altíssimos. É preciso descobrir até que ponto a exploração do meio ambiente pode existir sem gerar custos sociais altos.

Um ramo importantíssimo da sustentabilidade e que será o foco deste trabalho acadêmico é o gerenciamento de resíduos sólidos. O aumento da densidade populacional tem uma relação diretamente proporcional com a geração de resíduos sólidos, grandes centros urbanos gastam diversos recursos para lidar com esse problema. A crescente preocupação em lidar com os resíduos já existentes somada com a falta de preparação para eventos futuros, gera um grande perigo para a sociedade. A água, o ar e o solo são vulneráveis às contaminações,

tornando os efeitos diretos e indiretos sobre o meio ambiente e a sociedade graves no longo prazo.

Seguindo as tendências do século XX sobre discussões a respeito da sustentabilidade, o assunto se tornou cada vez mais difundido no mundo acadêmico. Dessa maneira a interação do Homem com a natureza também se tornou uma variável de discussão na Economia.

## **1. Referencial Teórico**

### **1.1. Falhas de Mercado: Externalidades e Bens Públicos**

As falhas de mercado são os resultados ineficientes de qualquer transação, produção, extração ou outra qualquer interação entre os seres humanos ou com a natureza. Um dos exemplos utilizados por M. THOMAS e J. CALLAN (2010) é o da constituição dos preços, onde o nível de preço é determinado pelos custos da produção e por quanto os consumidores estão dispostos a pagar. Mas, como debatido pelos autores, em algumas situações nem todos impactos são constituídos nos preços, é o caso da poluição gerada por uma indústria, por exemplo.

A discussão à respeito das falhas de mercado giram em torno de duas principais teorias, a das externalidades e dos bens públicos. Bens públicos possuem duas características. Ele deve ser não-rival, o consumo de um indivíduo não afeta o consumo de outro. E deve ser não-excludente, todos os indivíduos têm acesso à esse bem. Um exemplo de bem público ambiental é o ar. A falha de mercado atrelada ao bem público parte do pressuposto que os indivíduos não possuem disposição à pagar, devido às características de não-rival e não-exclusão. Dessa maneira se torna comum a existência do comportamento de carona, uma vez que o bem público afeta outros indivíduos sem que eles participem da aquisição.

Segundo PINDYCK e RUBINFELD (2006): “No caso dos bens públicos, a presença de caronas torna difícil ou até mesmo impossível que os mercados ofereçam os produtos eficientemente”. Ou seja, a dificuldade na efetividade na oferta de bens públicos, torna-os falhas de mercado.

As externalidades são grandes dispositivos de argumentação para políticas públicas. Tem como conceito ser todos os efeitos que se estendem para terceiros, ou, são os efeitos “indiretos” de uma ação. Sendo assim, sua utilidade como explicação dos efeitos de políticas públicas são extremamente usados em discursos, por isso ela pode assumir vários papéis em diferentes áreas.

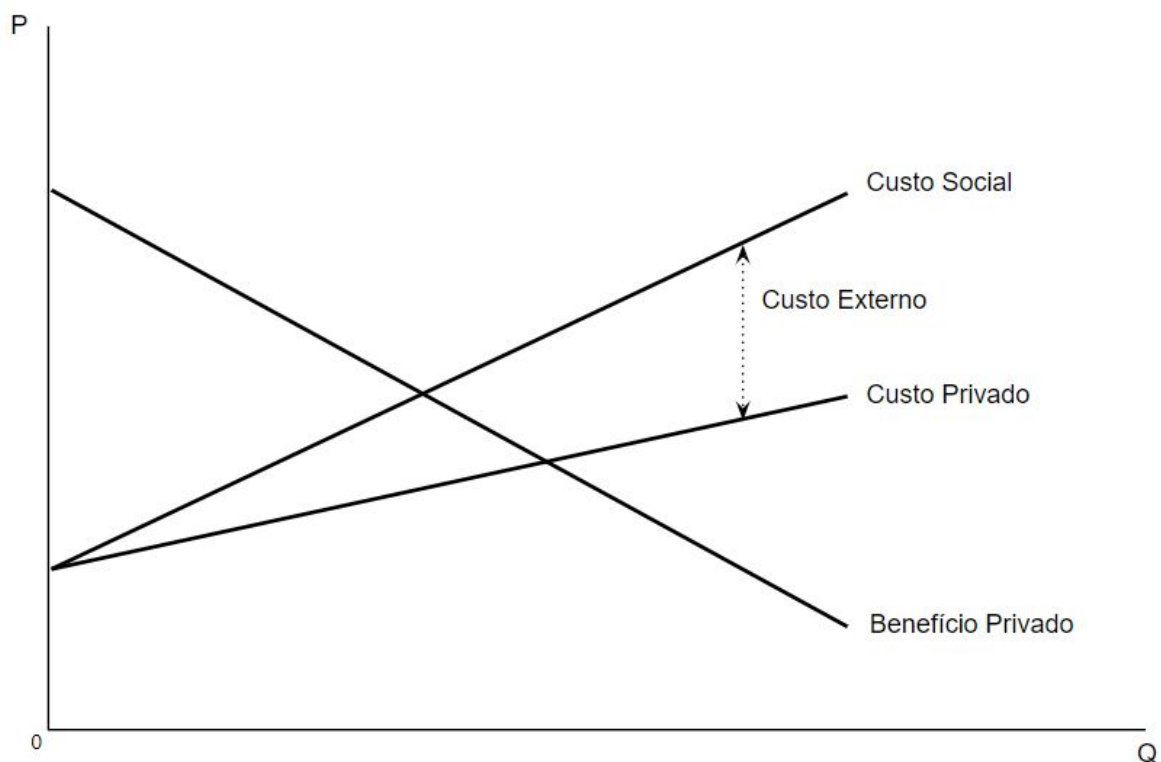
Para a Economia Ambiental a teoria da externalidade parte do pressuposto que existem falhas de mercados responsáveis por impactos sobre terceiros.



As externalidades positivas são aquelas em que as falhas de mercado implicam em um efeito benéfico sobre terceiros. Um exemplo disso é a construção de um shopping próximo à um bairro residencial. Esse evento levará a uma valorização dessa região, uma valorização que não é contabilizada no valor do shopping.

Já as externalidades negativas ocorre o oposto, onde as falhas de mercado implicam um efeito negativo sobre terceiros. A poluição de um rio por um indústria têxtil é um exemplo disso, comunidades rio abaixo podem ser afetadas pela poluição. Esses tipo de evento não é, muitas vezes, contabilizado na construção da indústria.

### Gráfico 1 - Equilíbrio Competitivo com Externalidade Negativa



Fonte: Adaptado de M. Thomas e J. Callan, Economia Ambiental

As externalidades são contabilizadas através dos custos externos. Um gráfico comum de oferta e demanda da produção de um produto, tem seu ponto ótimo onde as curvas se cruzam para um certa quantidade e preço. Nesse gráfico são apenas contabilizados os custo (oferta) e benefícios (demanda) privados da empresa. (THOMAS e CALLAN, 2009). Com a adição dos custos externos no modelo obtemos

o custo social. O gráfico 1 mostra a diferença do ponto ótimo de um produto se for contabilizado as externalidades que ele gera. O custo social é o custo total que deveria ser contabilizado no preço final dos produtos, compensando os danos ambientais e sociais que ele pode desenvolver.

As externalidades são extremamente comuns, levando o público em geral utilizar seus conceitos sem saber que existe uma teoria por trás. É corriqueiro encontrar situações onde um indivíduo expõe reclamações ou elogios a cerca de um ato indireto sobre ele. Como a indústria poluindo o rio, ou a construção do shopping próximo ao bairro residencial. Diante desses eventos rotineiros se vê muito importante a discussão da “Teoria da Externalidade” devido à sua característica de volatilidade. Dessa maneira podemos enxergar a dispersão do assunto, o quanto é comum esse eventos no dia a dia de uma pessoa. Mas neste trabalho focaremos na visão econômica, especificamente na sua influência sobre os resíduos sólidos.

## **1.2. Políticas Ambientais**

Com o crescimento da sociedade lidar com o meio ambiente se torna cada vez mais difícil, o muro do equilíbrio divide o lado da qualidade do meio ambiente, e o lado da não restrição da produção. Os governos precisam garantir o bem estar do meio ambiente, evitando o máximo possível restringir a produção, e ao mesmo tempo escapar das falhas de mercado. Diante disso é preciso se utilizar de ferramentas que auxiliem na manutenção desse equilíbrio.

O meio ambiente é uma questão relativamente nova, grande parte das discussões teve início durante o século passado (XX). Os autores CONSTANZA, GRAUMLICH e STEFFAN (2005) enfatizam no Livro “*Sustainability or Collapse?*” que devido à falta de preocupação de grandes civilizações com o contexto ecológico, tardou o estudo histórico da relação do ser humano com a natureza:

*“A capacidade de integrar a história humana com novos dados a respeito da história natural da Terra, englobando de séculos a milênios, só se tornou possível recentemente. Essa integração histórica não seria possível ser feita dez anos atrás, e ela é uma parte crítica que nos fornecerá uma imagem mais rica de como (e por que) o planeta mudou durante todos esses anos”.*

Devido à urgência em lidar com os problemas ambientais, grande parte das nações adotaram o método comando-e-controle como ferramenta. Essa abordagem é uma medida mais direta e incentiva a utilização de padrões baseados na tecnologia e no desempenho. Diante desse sistema reverso, a obrigação passa para as mãos das indústrias, sendo passível de punições caso não cumpra. Para padrões baseados em tecnologia as empresas deverão se restringir na utilização de métodos e dispositivos regulamentados para a diminuição de poluição, perdendo a liberdade de lidar com o problema. Já para padrões baseados em desempenho a liberdade de lidar com o problema surge através da flexibilidade, aqui é imposto um limite de poluição. Diferente de um certa tecnologia imposta, o limite abre espaço para que as empresas lidem livremente com o problema. Mesmo assim a responsabilidade continua longe de ser do governo, sobrando apenas o papel da fiscalização. Onde muitas vezes fica vulnerável para surgimento de falhas de mercado.

Com a utilização do modelo de comando-e-controle na maior parte dos países, os estudos passaram a verificar sua real efetividade em lidar com o assunto. Os padrões foram analisados separadamente, certificando que a utilização deles realmente traz benefícios para a sociedade, com o menor impacto possível na produção.

O padrão baseado em tecnologia proporciona um ambiente de menor custo para o governo, levando em conta o fato que as empresas precisam lidar com a aquisição da tecnologia e a fiscalização se torna mais simples. Mas por outro lado as empresas nem sempre apresentam uma estrutura semelhante de produção, o que abre espaço para a tecnologia de redução de poluentes não ser ideal. Uma empresa de celulose e uma empresa têxtil são ambas poluidoras, mas de maneiras diferentes. Uma tecnologia específica para as duas pode não atender necessariamente as exigências de cada uma.

Já o padrão baseado em desempenho tem um funcionamento oposto, o governo limita os poluentes que podem ser liberados. Dessa maneira a situação das empresas melhora, proporcionando a liberdade de utilizar tecnologias compatíveis com suas estruturas. Mas para o governo a fiscalização piora, diferentes tecnologias

significa uma maior diversificação no nível de conhecimento necessário para avaliar se realmente a poluição é minimizada.

O método de comando-e-controle se torna limitado pelo fato da não eficiência na utilização dos padrões. A ação precoce dos governo no meio ambiente levou ao levantamento de métodos mais eficientes, um deles foi a abordagem de mercado.

A abordagem de mercado foi trabalhada de maneira mais positiva nos últimos anos, grande parte disso é reflexo da busca de uma maneira mais equilibrada de lidar com o meio ambiente.

A abordagem se diferencia através da maneira de interagir com as entidades poluidoras. Como vimos, comando-e-controle foi uma abordagem precoce e que busca interagir através de medidas incisivas, tornando os resultados pouco constantes. Através do mercado é possível regular a poluição de maneira mais prática, sem trombar altos custos de fiscalizações ou tecnologias incompatíveis com as estruturas das empresas.

A tabela 1 nos mostra uma melhor comparação entre abordagens de comando-e-controle e de mercado, utilizando os oito critérios vistos no item anterior.

Através da utilização de políticas de mercado é possível conduzir o nível de poluição de um país. De maneira direta o governo impõe diretrizes no mercado, passíveis de punição se não cumpridas. Alguns exemplos são: encargos por poluição, subsídios, sistemas de depósito/reembolso e sistemas de comércio de licenças de poluição. Os objetivos dessas medidas é garantir o equilíbrio entre os custos e benefícios para a sociedade, isto é, garantir o bem-estar do meio ambiente sem prejudicar radicalmente a produção.

A abordagem de mercado tem um melhor custo benefício em relação à comando-e-controle. A flexibilidade dela permite a diminuição dos custos, além da possibilidade de aumentar a receita do governo. Essa flexibilidade é consequência da utilização do padrão baseado em desempenho. A liberdade na utilização de qualquer tecnologias por parte das empresas deixa o cenário mais dinâmico, e gera

**Tabela 1 - Critérios de Seleção de Instrumentos de Gestão Ambiental**

<b>Critério</b>	<b>Abordagem Comando-e-Controle</b>	<b>Abordagem de Mercado</b>
Eficácia	Monitoramento das fontes de degradação é essencial para que os padrões sejam obedecidos	Significativa, especialmente para fontes pontuais de emissão de poluição.
Eficiência	À medida que a crise ambiental fica mais grave, os custos de equacioná-la aumentam significativamente se este instrumento for o escolhido, reduzindo sua eficiência. Isso é particularmente verdadeiro quando custos de redução variam entre fontes de degradação.	Positiva na hipótese de mercados eficientes, onde consumidores e produtores atuem de forma racional, maximizando seu bem-estar. Nessa situação, o instrumento alcança seus resultados a um custo relativamente mais baixo para a sociedade.
Motivação	Não fornece incentivo algum, a não ser o de atender os limites impostos pela legislação e pelos padrões. Essa inércia por parte do poluidor não incentiva o desenvolvimento e a adoção de novas técnicas ambientais.	A grande vantagem dos impostos e taxas. O instrumento induz os indivíduos e as empresas a minimizarem os danos ambientais. Com uma taxa escalonada, eles são incentivados financeiramente a continuar reduzindo suas emissões; ou seja, há um incentivo permanente para inovar e descobrir formas mais baratas de reduzir as emissões.
Custo Administrativo	Elevado, não apenas pelo estabelecimento de legislação e padrões mas pelo monitoramento.	Elevado. A exigência de monitoramento efetivo representa gastos com pessoal e equipamentos.
Aceitação Política	Varia com o tipo e o nível dos padrões estabelecidos; em geral, é preferido aos impostos/taxas pelo setor produtivo.	Impostos e taxas tendem a ter uma aceitação política mais difícil, principalmente quando a carga tributária já for elevada e/ou complexa.
Equidade	Ao contrário do que é freqüentemente argumentado, estabelecimento de padrões pode ter impactos regressivos, através da difusão via mecanismo de preços dos custos extras gerados por aqueles padrões; o mesmo pode ser dito da legislação.	É a forma pela qual os poluidores podem vir a pagar à sociedade, o justo preço pelo uso dos recursos ambientais. Não obstante, dependendo da elasticidade-preço da demanda, empresas podem repassar os custos dos impostos e das taxas aos consumidores.
Mínimo de Interferência	Dependendo do regulamento e do padrão estabelecidos, o nível de interferência pode ser muito significativo; em muitos casos, essa interferência pode representar o fechamento de determinadas unidades produtivas.	O instrumento fiscal promove um incentivo para que os poluidores encontrem a melhor maneira de reduzir as emissões sem ter uma autoridade pública determinando como se deveria lidar com essa tarefa.
Confiabilidade	Depende do nível em que o padrão foi estabelecido e da capacidade de monitoramento da agência governamental responsável pela gestão do meio ambiente.	A agência governamental, mesmo não conhecendo os custos de redução das fontes poluidoras, poderá alcançar resultados efetivos. Ao estabelecer um imposto, ela deverá se dedicar apenas à questão do monitoramento. O sistema de funciona de forma tão rotineira que não há oportunidade para desvios.

Fonte: J. M. Nogueira e R. R. Pereira, Critérios e Análise Econômicos na Escolha de Políticas Ambientais. Adaptado.

um crescimento na competitividade na criação de tecnologias mais eficazes. A abordagem pode ser feita incentivando ou desincentivando. Os desincentivos são os mais comuns, são os custos impostos pelo governo nas situações onde as empresas ultrapassam os limites de poluição propostos, são contabilizados através de multas, taxas e impostos. Já o incentivo é baseado no subsídio, nessa situação o governo intervém para auxiliar na manutenção dos poluentes expelidos. Na Tabela 2 podemos observar em maiores detalhes os instrumentos de política de mercado.

**Tabela 2 - Instrumentos de Mercado**

<b>Instrumentos de Mercado</b>	<b>Descrição</b>
Encargos por poluição	Uma taxa cobrada do poluidor que varia conforme a quantidade de poluentes lançada.
Subsídio	Pagamento ou concessão de redução de impostos, que provê assistência financeira para a redução da poluição ou planos para reduzi-la no futuro.
Sistemas de depósito/reembolso	Um sistema que impõe uma cobrança antecipada com a finalidade de cobrir possíveis danos em função da poluição, valor que é devolvido no caso de ações positivas, como o retorno de um produto para o descarte apropriado ou para reciclagem.
Sistema de comércio de licenças de poluição	O estabelecimento de um mercado voltado para os direitos de poluir, aproveitando créditos ou permissões.

Fonte: M. Thomas e J. Callan , Economia Ambiental. Adaptado.

Os instrumentos de mercado são utilizados em grande parte em países mais desenvolvidos. Diante do processo histórico de minimização dos impactos da poluição, grande parte dos países em desenvolvimento ainda utilizam abordagens de comando-e-controle, mas a transição para mercado continua sendo uma tendência.

### **1.3. Análise Custo Benefício**

O grande dilema presente na economia ambiental é o fato do meio ambiente ter um papel duplo para a sociedade. O bem-estar através dos benefícios gerados pela natureza, e o consumo de produtos originados da natureza. Os dois são impossíveis de coexistirem sem afetar um ao outro. A sustentabilidade surge como uma barreira que afeta favoravelmente o ambiente diminuindo os impactos e melhorando a longevidade do desenvolvimento. Mas não deixa de impor limitações, podendo gerar custos de produção adicionais altíssimos. A Sustentabilidade é

necessária para o desenvolvimento, ela cria a possibilidade de distanciar o esgotamento de recursos aumentando nossa longevidade.

Dessa maneira se tornou necessária a criação de uma nova ferramenta para manter o equilíbrio marginal entre os benefícios e os custos gerados por qualquer medida ou ação. A análise de custo-benefício tem como objetivo ser a ferramenta que auxilia na tomada de decisão, permitindo uma melhor visão do real impacto das ações.

Em uma análise é necessário a utilização de critérios que abranjam todos os ramos possíveis. Na economia ambiental a análise custo benefício é utilizado para rankear os instrumentos de política ambiental. Os critérios utilizados são classificados em oito tipos diferentes, segundo NOGUEIRA e PEREIRA (1998): eficácia, eficiência, motivação, custo administrativo, aceitação política, equidade, interferência e confiabilidade. Cada um desses critérios analisa uma característica em comum entre os instrumentos.

- Eficácia: capacidade de alcançar o objetivo;
- Eficiência: custo e benefícios para alcançar a meta;
- Motivação: continuidade dos efeitos do instrumentos;
- Custo Administrativo: complexidade e custos da manutenção do instrumento;
- Aceitação Política: atrelada ao alinhamento entre a cultura da sociedade e o instrumento;
- Equidade: atrelada à distribuição de dos custos e benefícios;
- Mínimo de Interferência: garantir a participação dos agentes envolvidos;
- Confiabilidade: garantir o funcionamento sem interrupções.

Segundo os autores, cada critério recebe um peso diferente em relação a análise. Esse peso é estabelecido por aquele que tomará a decisão de qual caminho escolher. Dessa maneira o resultado está atrelado à influências indiretas, como cultura e liderança política.

Utilizando como base os critérios podemos analisar o “custo-benefício”. Os benefícios gerados são contabilizados através da diferença entre antes e depois de aplicar um política, por exemplo. Essa diferença calculada representa a disposição a pagar da sociedade, o quanto a população está disposta a pagar pelos benefícios adquiridos. Essa disposição a pagar deve ser posta ao lado dos custos necessários para implementar essa suposta política.

**Tabela 3 - Componentes Básicos dos Custos Sociais**

<b>Componente dos Custos</b>	<b>Descrição</b>
Custos reais de conformidade (custo dos recursos)	Os custos diretos que compreendem o componente primário dos custos sociais vinculados à compra, instalação e operação dos equipamentos para a poluição, à mudança dos processos de produção ou à coleta e venda ou a reutilização de produtos descartados.
Custos do governo	Custos de fiscalização, administrativos e de fazer cumprir a regulamentação em função da legislação relacionados com as novas regulamentações.
Perdas no bem-estar social	Redução nos excedentes do consumidor e do produtor devido ao aumento no preço (ou menor produção) de bens vinculados à política ambiental.
Custos de transição	Valor dos recursos deslocados devido à diminuição da produção em função das regulamentações e aos custos privados de realocar esses recursos.
Custos indiretos	Efeitos adversos na qualidade do produto, na inovação e na produtividade e os efeitos de mercado indiretamente influenciados pela política ambiental, todos os quais podem afetar os níveis líquidos dos excedentes do produtor e do consumidor.

Fonte: M. Thomas e J. Callan , Economia Ambiental. Adaptado.

Os custos atrelados à análise estão distribuídos na tabela 3. Eles representam os encargos gerados pela compensação para a sociedade pelos recursos utilizados. Dessa maneira, para calcular esse custo é necessário incluir tudo que foi utilizado, abrangendo os custos mais diretos, como os governamentais e de conformidade e os menos indiretos. Esses custos podem variar dependendo do bem analisado, veremos no item seguinte quais são mais adequados em relação ao tema de resíduos sólidos.



#### 1.4. Resíduos Sólidos

A economia está também presente no universo do meio ambiente, como em todas as outras diversas áreas. A função de um economista nesse espaço é explicar as interações do ser humano com o ambiente natural, seus impactos e benefícios. Com isso essa parte tem o objetivo de aprofundar algumas das ferramentas vistas anteriormente dentro do tema de resíduos sólidos.

Desde os primórdios da civilização a sociedade sacia suas necessidades se utilizando dos recursos naturais. Essa interação se tornou cada vez mais nociva quanto maior o número de pessoas. A partir do século XXI o estudo sobre essa interação passou a ter um maior grau de importância, principalmente no mundo acadêmico, onde matérias de sustentabilidade foram introduzidas em diversos cursos.

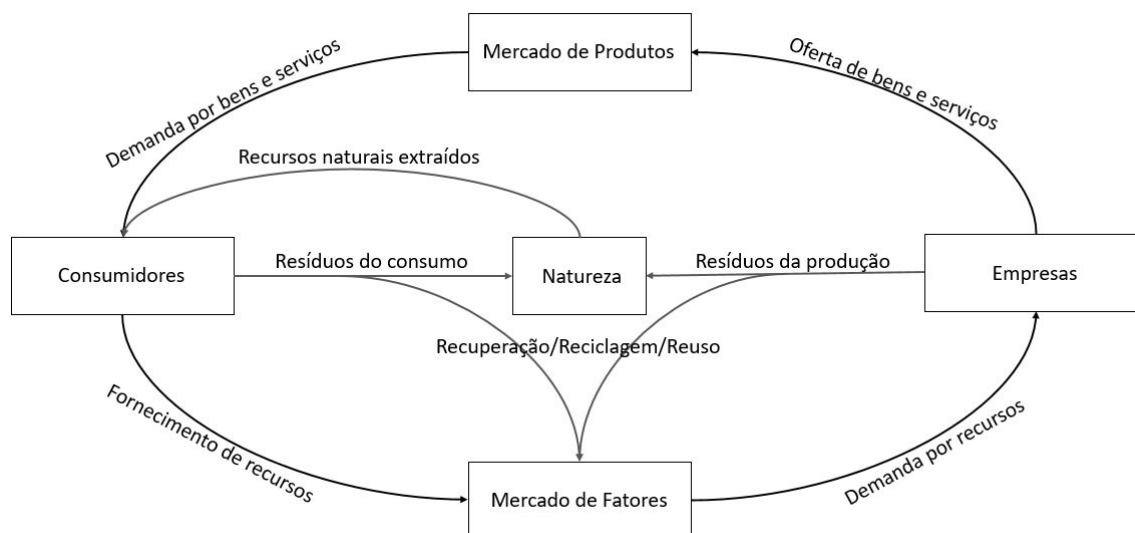
Na economia, a interação do homem com o meio ambiente parte da adição da natureza no modelo clássico de fluxo circular da economia. Esse modelo foi nomeado como o “Modelo do Balanço de Materiais” por THOMAS e CALLAN (2009). Nele é introduzida a natureza como uma variável que interage com as demais no modelo. Essa interação se dá através da extração de recursos e o retorno dos resíduos.

A análise desse modelo é de grande importância, através dele é possível concluir que a extração de recursos é limitada e insustentável. Daí surge uma das necessidades do gerenciamento de resíduos sólidos, a reciclagem se torna a cada dia uma obrigação maior para a sociedade, como uma maneira de minimizar essa perda na produção.

*“[...] a capacidade da natureza para converter matéria e energia não é limitada. Durante a conversão de energia, parte dela se torna inutilizável. Ela ainda existe, mas não está mais disponível para utilização em outros processos. Por consequência, o processo fundamental do qual a atividade econômica depende é finito.”*

*Janet M. Thomas e Scott J. Callan*

## Imagem 1 - Modelo do Balanço de Materiais



Fonte: Adaptado de M. Thomas e J. Callan, Economia Ambiental

Além dos princípios básicos do Modelo Circular, o modelo do balanço de materiais coloca em análise dois fluxos adicionais, o de recursos e o de resíduos. No fluxo de recursos as extrações da natureza adentram na economia através dos consumidores, até chegarem nas empresas. Dando um maior destaque para o fluxo de resíduos é possível destacar nitidamente o papel da recuperação, toda produção e consumo gera resíduos que teriam seu fim no meio ambiente se não existisse a recuperação, reciclagem e reuso. O papel desses três “R’s” é minimizar a perda de recursos.

Nesse ponto aparece o principal foco de estudos das externalidades na economia ambiental. No ciclo, parte dos resíduos são reaproveitados, voltando para o mercado de fatores. A outra parte retorna a natureza como resíduo oriundos tanto das empresas quanto dos consumidores. É exatamente nesse ponto onde é comum encontrar as externalidades na economia ambiental. O senso comum nos induz a acreditar que a origem desses resíduos sólidos é ilegal, sendo através da má intenção de empresas e/ou falta de fiscalização. O que ocorre na realidade é que grande parte tem sua origem legalizada, as emissões de CO<sup>2</sup> e diversos dejetos de empresas é inevitável. A partir desse ponto que se torna importante o debate acerca

das externalidades, a análise de impacto de algo inevitável. Qual é o peso do benefício ou do custo gerado? Essa dúvida nos leva a análise de custo-benefício.

Na natureza os resíduos gerados pelos seres vivos são reabsorvidos, isso não acontece com os seres humanos. Nosso alto número populacional torna impossível a reabsorção dos resíduos por parte do meio ambiente, dessa maneira é preciso de uma disposição adequada para esses resíduos. É o que acontece com os resíduos sólidos urbanos (RSU), a quantidade coletada deve ser levada para um local apropriado. Claramente empilhar lixo não é uma saída adequada, por isso entramos na discussão de custo-benefício.

No quesito de instrumentos de políticas de mercado a utilização de encargos por poluição são mais adequadas para lidar com RSU's. Principalmente pelo fato do sistema de gerenciamento de resíduos atender uma grande quantidade de indivíduos, os outros instrumentos possuem custos administrativos muito superiores para uma escala tão grande. O objetivo da implementação de encargos, através de uma taxa de descarte por exemplo, é aumentar o custo do serviço de manejo dos resíduos, desestimulando a geração.

Em relação à análise de custo-benefício para medidas em referentes ao RSU é necessário observar que alguns custos se destacam em relação à outros. Além dos custos básicos presentes, como o de conformidade e governamental, uma grande diferença no caso dos resíduos sólidos é os custos com perda no bem-estar social. A má disposição final do lixo tem um impacto negativo sobre a população, levando à uma maior participação nos custos sociais totais do gerenciamento de resíduos sólidos. No próximo capítulo veremos os dados em relação ao Brasil, nos dando uma maior noção desses impactos.

## **2. Resíduos sólidos no Brasil e Sudeste**

Como vimos nos itens anteriores, a sustentabilidade faz parte de qualquer cadeia produtiva, ela está atrelada a toda sociedade. Se analisarmos uma cadeia produtiva de forma simplificada, extração de matéria prima - produção - comercialização, podemos introduzir meios menos nocivos ao ambiente em todas as partes dessa cadeia.

Para qualquer cadeia produtiva é necessário introduzir meios mais sustentáveis, a maior necessidade dessa introdução parte da geração de resíduos. Tendo em vista que as empresas procuram o menor custo, o método mais barato de lidar com os dejetos indesejáveis em sua maior parte é o método irregular. Em qualquer cadeia produtiva a geração de resíduos é gigantesca, toda e qualquer produção deixa resquícios que serão disseminados para todo o ambiente entorno. Diante disso, surge a necessidade de gerenciarmos esses resíduos com o objetivo de redução ou se possível, de erradicação, dos efeitos negativos no meio ambiente.

O fato das empresas se desenvolverem ao longo do tempo, gera uma maior preocupação com bem estar da sociedade. Novas tecnologias são anunciadas constantemente, o conhecimento humano cresce exponencialmente. O que foi feito ontem se torna ultrapassado em uma velocidade cada vez mais rápida. Esse avanço tecnológico implica em um aumento de resíduos, principalmente os considerados perigosos. Um exemplo disso é a tendência do mercado automobilístico atual com a implementação de veículos elétricos nos portfólios. As baterias de Íons de Lítio presentes nesse carros tem um alto custo de reciclagem e de toxicidade para o meio ambiente. Dessa maneira, sem uma lei e fiscalização, essas baterias teriam um fim inaceitável. Por demonstrar maior interesse em uma sociedade capitalista, o avanço do conhecimento e das tecnologias têm uma velocidade de crescimento maior do que se compararmos com as leis e fiscalizações.

Além disso, como vimos no capítulo anterior, a má gestão dos resíduos tem um impacto socioeconômico. Esse impacto se torna cada vez mais difícil de lidar quanto maior for o tamanho do centro urbano. Grandes cidades se deparam com problemas sanitários, enchentes, poluição do ar e entre outras consequências da má

administração dos resíduos. O que nos leva acreditar na má atuação do governo, mas a existência desses problemas não necessariamente pressupõem que o governo local esteja negligenciando o serviço. Mas sim, que as medidas tomadas não estão sendo eficientes. Casos de grandes centros urbanos, como a cidade de São Paulo, são desafios gigantescos.

## **2.1. Políticas de resíduos sólidos no Brasil**

No Brasil existe a Lei n. 12.305 de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos com o objetivo de integrar a gestão de resíduos com a sustentabilidade. Propõem o princípio de “poluidor-pagador” e “protetor-recebedor”, separando as responsabilidades e incentivando a precaução, prevenção, redução, reutilização e reciclagem. Além de criar mecanismos com o objetivo de reduzir a disposição final de resíduos, orientar na criação de sistemas de coletas seletivas, proteger a saúde pública e garantir qualidade ambiental.

É importante destacar que a lei prevê que as políticas de resíduo sólido estaduais e municipais devem seguir as diretrizes estabelecidas. E para efetuar uma captação de recursos da União, os estados e municípios devem elaborar planos de gestão aos moldes previstos na lei. No último capítulo veremos se a existência de planos de gestão impactam nas despesas com coleta e manejo, sendo possível analisar se os recursos na União estão sendo efetivos.

A criação de uma Política Nacional específica para resíduos sólidos já destaca o posicionamento do país em relação às medidas necessárias para a manutenção de grandes conglomerados urbanos, mas é necessária uma análise mais aprofundada. Dessa maneira a região sudeste, com a maior densidade demográfica, encontra diversos desafios em lidar com o gerenciamento dos resíduos sólidos.

## **2.2. Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Brasil e no Sudeste**

No Brasil a geração de resíduo sólido urbano (RSU) foi de 71,6 milhões de toneladas em 2017, segundo a associação Abrelpe. Uma proporção de 1,035 kg/hab/dia. É importante destacar que esse valor para o território nacional

sofreram crescimento entre 2016 e 2017 relativamente baixos, uma variação esperada se levarmos em conta a crise no período.

Para a região sudeste os números são mais promissores, o índice de cobertura em 2017 foi de 98,06%, o maior entre todas as regiões e 6,82% acima da média nacional.

No Brasil a política de gerenciamento de resíduos sólidos permanece precário em relação ao avanço da tecnologia e do conhecimento. Na tabela 4 podemos notar que em sua maioria os municípios não possuem uma secretaria exclusiva para resíduos sólidos, na maior parte essa responsabilidade fica subordinada a outra secretaria ou em outra política.

**Tabela 4 - Responsável pelo gerenciamento de resíduos sólidos municipal**

	<b>Brasil</b>	<b>São Paulo</b>
<b>Total</b>	4015	410
<b>Secretaria municipal exclusiva de saneamento básico</b>	77	14
<b>Secretaria municipal em conjunto com outra política</b>	1802	86
<b>Setor subordinado a outra secretaria</b>	1173	121
<b>Setor subordinado diretamente à chefia do executivo</b>	630	162
<b>Fundação pública/autarquia</b>	40	11

Fonte: IBGE - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008

No caso o estado de São Paulo se destaca em relação aos outros estados possuindo números superiores. Dos 410 municípios registrados na pesquisa apenas 14 apresentam uma secretaria exclusiva para saneamento básico, sendo que em relação ao país, esse número representa quase 20%.

É importante lembrar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos não obriga os municípios manterem uma secretaria municipal exclusiva, mas para casos de alta concentração demográfica a existência de uma é importante.

Os dados indicados acima mostram que as entidades responsáveis pelo gerenciamento de resíduos sólidos não atuam exclusivamente no assunto. Na grande maioria dos municípios essa função está sob o cuidado de um agente responsável por diversos outros assuntos, deixando em aberto a possibilidade de falhas na manutenção dos resíduos sólidos.

A Região Sudeste é a mais populosa unidade da federação no país, dessa maneira seus números normalmente se diferem consideravelmente em relação às outras regiões. Não é diferente no caso dos resíduos sólidos urbanos (RSU), possuindo a maior densidade demográfica regional, suas cidades encontram diversos desafios. Em 2017, a geração de RSU per capita na região se encontrava por volta de 444,2 kg/hab/ano, como exemplificação para uma melhor visualização da quantidade, em 1998 os EUA gerava entorno de 760 kg/hab/ano. Levando em conta os níveis de consumos norte americanos, mesmo com a diferença de período, os dados do Sudeste são significativamente altos.

Para o Brasil essa média anual para 2017 foi de 377,7 kg/hab/ano, mostrando que as outras grandes regiões brasileiras têm uma média de geração de RSU menor que a região Sudeste. Mais precisamente 49,23% do lixo gerado no país é da região Sudeste. Uma quantidade de 105.794 toneladas por dia.

Como é possível observar, a geração de RSU é significativamente alta no Brasil, principalmente na região mais populosa. Dessa maneira o principal ponto de preocupação é como está sendo feito esse gerenciamento.

Como vimos anteriormente, os resíduos liberados no meio ambiente gera externalidade negativa para a sociedade, através da poluição de afluentes e o ar, por exemplo. A manutenção do bem estar desses bens considerados públicos geram, inevitavelmente, externalidades positivas. O principal foco de degradação de RSU com disposição final inadequada é o meio ambiente, os bens públicos.

A primeira variável a ser analisada para verificarmos o grau de degradação gerado pelo RSU, é a cobertura de coleta. Para o ano de 2017 a cobertura de coleta para o Brasil foi de 91,24%, um total de 6,8 milhões de toneladas tiveram, provavelmente, como seu fim o meio ambiente. Essa variável para a região Sudeste

é mais promissora, com um índice de cobertura de coleta de 98,06%, 733,6 mil toneladas tiveram um fim irregular. Os dados de cobertura de coleta no Brasil e principalmente na região Sudeste são elevados, ainda assim longe do ideal. Analisando apenas essa variável é possível chegar a conclusão de que o gerenciamento de RSU está longe de ser um problema. Infelizmente, existem outras variáveis para serem analisadas (ABRELPE 2017).

Já vimos que os RSU em quase sua totalidade estão sendo coletados das residências brasileiras, dessa maneira uma parte da cadeia está sendo feita de uma maneira ótima. O que precisamos verificar é o que acontece após a coleta.

A próxima variável a ser analisada é a disposição final dos RSU's. No Brasil existem uma grande variedade de disposições finais para o lixo, aterros específicos para indústrias ou para área de saúde, e entre outros diversos utilizados pelo banco de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), por exemplo. Essas unidades de processamento são pouco comuns e recebem quantidades de resíduos relativamente baixas. A grande maioria das unidades de processamento no Brasil se distinguem entre três principais: aterro sanitário, aterro controlado e lixão.

- Aterro Sanitário: Unidade de processamento mais adequada para o Brasil segundo o Ministério do Meio Ambiente. Seguindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os aterros sanitários devem manter distâncias mínimas de corpos hídricos e núcleos populacionais, além de possuir impermeabilização, um sistema de monitoramento das águas subterrâneas e tratamento de chorume.
- Aterro Controlado: Não seguem a Política Nacional de Resíduos Sólidos, mantendo um controle mínimo através de isolamento e cobertura de resíduos com terra.
- Lixão: Não seguem a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são depósitos a céu aberto sem nenhum tipo de controle.

No Brasil, para o ano de 2017, 59,1% dos RSU's coletados tiveram como disposição final os aterros sanitários. Aproximadamente 40% do lixo teve um fim



inadequado em aterros controlados e lixões, mais precisamente 22,9% para o primeiro e 18% para o segundo (ABRELPE 2017).

Um total de 78.426.820 toneladas de RSU foi gerada no Brasil em 2017, 6.870.189,43 toneladas não foram coletadas. Das 71.556.630,56 toneladas coletadas, 29.266.661,9 toneladas tiveram uma disposição final inadequada em aterros controlados e lixões. Ao todo 36,14 milhões de toneladas de lixo tiveram um final inadequado, esse valor representa 46,07% do total gerado.

Para a Região Sudeste 72,4% dos RSU's coletados foram para aterros sanitários, 17,2% para aterros controlados e 10,4% para Lixões (ABRELPE 2017).

De um total de 38.614.810 toneladas de RSU em 2017, 749.127,31 toneladas não foram coletadas. Das 37.865.682,68 toneladas coletadas, 10.450.928,41 toneladas tiveram uma disposição final inadequada em aterros controlados e lixões. No total 11.200.055,72 toneladas tiveram um final inadequado, representando 29% do total gerado.

Mesmo a região sudeste apresentando os melhores números, devido sua alta concentração demográfica, a sua participação de RSU's com final inadequado no valor do Brasil é de 31%. Quase um terço de todo o lixo inadequado do país, vem da região sudeste.

Claramente que a quantidade de RSU despejada diretamente no meio ambiente é baixa, sendo apenas a parcela não coletada. Mesmo assim, essa parcela é o suficiente para vermos lixo em corpos hídricos e terrenos baldios. A grande parte dos lixos com finais inadequados tem como disposição final aterros controlados e lixões. Esses locais são mais adequados que a natureza, só que longe de ideal.

Os aterros controlados, como visto anteriormente, têm um certo grau de controle, com isolamento e cobertura com terra. Mas estão longe do controle estabelecido por aterros sanitários. Do ponto de vista sustentável, a falta de tratamento de chorume, impermeabilização e monitoramento de águas subterrâneas, junto com possíveis corpos hídricos a menos de 200m, tornam o

impacto ambiental grande. Do ponto de vista social, os aterros controlados podem estar a menos de 1500m de núcleos populacionais, em algumas situações menos de 300m de residências isoladas.

Os lixões não atingem nem o mínimo controle dos aterros controlados. São apenas grandes vazadouros que não atendem os requisitos ambientais e sociais dos aterros sanitários.

Os aterros controlados e lixões geram um grande dilema para a sociedade. De fato são poluidores nocivos ao meio ambiente e para a população entorno, mas se esse lixo não fosse coletado devido à superlotação de aterros sanitários, seus impactos seriam superiores. As externalidades negativas geradas seriam imensas em relação a manter nesses locais. O problema isolado é mais simples de ser solucionado. Podemos dizer que, mesmo sendo inadequado, aterros controlados e lixões tem um melhor custo benefício para a sociedade, do que a não coleta dos resíduos.

Observando a tabela 5, na região Sudeste tivemos um crescimento no número de aterros sanitários de 239% entre os anos de 2007 e 2017. Foram construídos 67 novos aterros neste intervalo de 10 anos. Para os aterros controlados o crescimento foi de 225%, 18 novos foram construídos no mesmo intervalo de tempo. Para Lixões foram criados 5 nesse período.

Um ponto importante a se notar é o crescimento exponencial de outros tipos de unidades de processamento, isso se deve ao fato dos dados dependerem da especificação do informante, segundo o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). Dessa maneira esse outros tipos se assemelham aos três principais, sofrendo variações específicas, como aterros sanitários para resíduos sólidos dos serviços de saúde (RSS), resíduos de construção e demolição (RCC) resíduos de podas de árvores (RPO) e resíduos industriais (RIN). Para os RSU's são considerados os resíduos sólidos domiciliares (RDO) e resíduos sólidos públicos (RPU), dispostos em aterros sanitários, controlados e lixões.



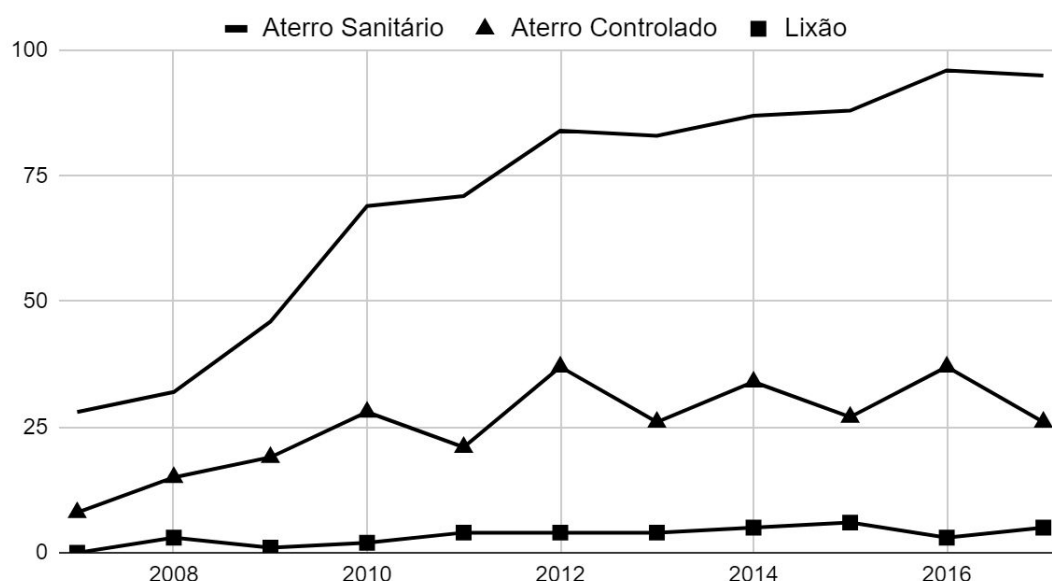
Tabela 5: Tipos e Operadores de Unidade de Processamento por ano

Sudeste	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão	Outro Tipo de Unidade	Empresa Privada	Consórcio Intermunicipal	Associação de Catadores	Outros Operadores da Unidade
2007	28	8	0	2	34	3	0	1
2008	32	15	3	6	49	3	2	2
2009	46	19	1	7	67	2	1	3
2010	69	28	2	10	95	1	6	7
2011	71	21	4	27	102	5	7	9
2012	84	37	4	80	138	6	7	54
2013	83	26	4	114	202	6	12	7
2014	87	34	5	116	208	7	11	16
2015	88	27	6	86	176	5	12	14
2016	96	37	3	86	192	8	13	9
2017	95	26	5	147	245	9	6	13

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS); Formatação própria.

Observando a gráfico 2, podemos notar que o crescimento de RSU's gerados foi superior a velocidade de criação de novos aterros sanitários, obrigando o governo a utilizar os aterros controlados e lixões. É interessante observar a variação na quantidade de cada unidade de processamento ao longo dos anos. Os aterros sanitários cresceram com uma frequência com um certo grau de constância. Já os aterros controlados e lixões sofrem diversas variações ao longo dos anos. Mostrando o comportamento das políticas públicas em relação à variação dos RSU's gerados.

**Gráfico 2 - Quantidade de Unidades de Processamento ao Ano**



Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS); Elaboração Própria

Outro dado importante é à quem está atrelada a responsabilidade de gerenciamento das unidades de processamento. No Sudeste a grande maioria dos operadores das unidades são empresas privadas. Como vimos anteriormente, para o Brasil apenas 1,9% dos municípios tem uma secretaria específica para saneamento básico, segundo o IBGE.

### 3. Modelos de análise estatística:

Para os modelos econométricos foram utilizados os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da fundação SEADE. Dos municípios do estado de São Paulo que apresentaram os dados ao SNIS, ao todo são 560. Foi utilizados os dados apenas do ano de 2017, não sendo possível ser feita a análise de séries temporais pelo fato de existirem dados do período entre 2002 e 2017, deixando o modelo com apenas 15 observações.

As variáveis selecionadas para análise foram escolhidas com o objetivo de detalhar um panorama geral dos RSU's e verificar algumas interações. As variáveis por município retiradas do SNIS foram:

- Quantidade gerada de RSU em toneladas ao ano;
- Despesa total com serviço de coleta de RSU em reais;
- Despesa total com serviço de manejo de RSU em reais;
- Existência de política de saneamento básico conforme a Lei 11.445/2007;
- Existência de plano municipal de saneamento básico nos termos da Lei 11.445/2007.

Os dados retirados do SEADE para os mesmos municípios foram:

- PIB municipal em mil reais ao ano;
- Número total da população;
- Despesa total com serviço de saúde em reais (último dado existente - 2013).

$$RSU = \beta_0 + \beta_1.PIB + u$$

No **modelo A** foi analisada a quantidade gerada de RSU em relação ao PIB municipal. Como resultado obtivemos um *valor-p* de 2,00E-16 (esse resultado se repete mais vezes pelo fato desse número ser o menor que o software consegue trabalhar). Sendo o valor menor que nosso intervalo de confiança de 5% podemos rejeitar a hipótese nula, afirmando que existe interação entre as variáveis

observadas. Para verificar a existência de heterocedasticidade todos os modelos passaram pelo teste de Breusch-Pagan, baseado no multiplicador de Lagrange.

Foi verificado que não existe heterocedasticidade no modelo A. Dessa maneira podemos concluir que possui significância para a relação entre as duas variáveis. Como resultados sabemos que a cada crescimento de mil reais no PIB gera um aumento de 13,86 kg de RSU no ano.

$$RSU = \beta_0 + \beta_1.População + u$$

O **modelo B** analisa a quantidade gerada de RSU em relação à população total de cada município. O *valor-p* obtido foi de 2,00E-16, muito abaixo dos 5% do intervalo de confiança. Dessa maneira rejeitamos a hipótese nula, confirmando que as variações na população afetam as variações na quantidade de RSU. Sem vestígios de multicolinearidade e sem heterocedasticidade (através do teste de Breusch-Pagan), é possível garantir a significância do modelo.

Dessa maneira sabemos a relação entre as variáveis, que cada nova pessoa na população dos municípios do estado de São Paulo aumenta em média 809,6 kg na quantidade gerada de RSU por ano.

$$Despesa(Coleta/Manejo/Saúde) = \beta_0 + \beta_1.RSU + u$$

Nos **modelos C, D e E** analisam as relações entre as variáveis de despesa com coleta, manejo e saúde respectivamente, com a quantidade gerada de RSU. Nesse caso a quantidade de RSU passou para a variável independente, pois queremos saber o impacto da quantidade no valor das despesas. Nesses casos o teste de Breusch-Pagan deu positivo para a existência de heterocedasticidade nos três modelos, dessa maneira foi aplicada uma correção. O *valor-p* corrigido encontrado nos três modelos foi de 2,00E-16, novamente abaixo dos 5% que foi proposto como intervalo de confiança. Rejeita-se a hipótese nula, afirmando que as variações na quantidade gerada de RSU afetam as variações das despesas totais com o serviço de coleta, com o serviço de manejo e com o serviço de saúde. Podemos assim considerar que a cada uma tonelada a mais gerada de RSU

aumenta a despesa com coleta em R\$ 0,011, a despesa com manejo em R\$ 0,024 e a despesa com saúde em R\$ 0,07.

$$Despesa(Coleta/Manejo) = \beta_0 + \beta_1.Política + u$$

Nos **modelos F e G** iremos ver a interação da despesa com coleta e manejo respectivamente, em relação à uma variável binária, possuir ou não uma política de saneamento básico conforme a Lei 11.445/2007. O *valor-p* para o modelo F foi de 0,307 e para o modelo G 0,319. Em ambos o valor ficou acima dos 5% (0,05) do intervalo de confiança estipulado. Nesse caso rejeitamos a hipótese alternativa, indicando que a existência de uma política de saneamento básico não explica as variações nas despesas com os serviços de coleta e manejo de RSU's.

$$Despesa(Coleta/Manejo) = \beta_0 + \beta_1.Plano + u$$

Os **modelos H e I** são parecidos com os dois anteriores, mas nesse trocamos a variável independente, se o município possui ou não um plano municipal de saneamento básico elaborado conforme a Lei 11.445/2007. No modelo H o valor-p encontrado foi de 0,257, enquanto no I foi de 0,236. Ambos ficaram com os valores-p acima de 5%, rejeitando assim, a hipótese alternativa. Isso indica que a existência de um plano municipal de saneamento básico não explica as variações nas despesas com os serviços de coleta e manejo de RSU's.

As variáveis foram analisadas através do software RStudio, com regressões simples, com o foco na relação entre apenas duas variáveis por vez, utilizando um grau de significância de 5%. A Tabela 4 mostra um resumo dos resultados de cada modelo, os logs e gráficos com maiores detalhes estão no anexo. As informações destacadas na tabela são: **Hipótese Nula**, afirma que não existe relação entre as variáveis. **Hipótese Alternativa**, contraditória à hipótese nula, afirma que existe relação entre as variáveis. **Valor-p**, é o menor nível de significância para se rejeitar a hipótese nula, para o nosso caso deve ser menor que 5% ou 0,05. **Interação entre as variáveis**, é o efeito que a variação de uma variável tem sobre a outra.



**Tabela 6 - Informações sobre os modelos aplicados.**

Modelo	Hipótese Nula (H0)	Hipótese Alternativa (Ha)	Valor-p	Interação entre Variáveis
<b>A</b>	Variações no PIB <u>não</u> explicam as variações na quantidade gerada de RSU	Variações no PIB explicam as variações na quantidade gerada de RSU	2,00E-16	13,85 kg/ano
<b>B</b>	Variações na população <u>não</u> explicam as variações na quantidade gerada de RSU	Variações na população explicam as variações na quantidade gerada de RSU	2,00E-16	809,6 kg/ano
<b>C</b>	Variações na quantidade gerada de RSU <u>não</u> explicam as variações na despesa total com o serviço de coleta	Variações na quantidade gerada de RSU explicam as variações na despesa total com o serviço de coleta	2,00E-16	0,01176 R\$/ano
<b>D</b>	Variações na quantidade gerada de RSU <u>não</u> explicam as variações na despesa total com o serviço de manejo	Variações na quantidade gerada de RSU <u>não</u> explicam as variações na despesa total com o serviço de manejo	2,00E-16	0,02444 R\$/ano
<b>E</b>	Variações na quantidade gerada de RSU <u>não</u> explicam as variações na despesa total com o serviço de saúde	Variações na quantidade gerada de RSU explicam as variações na despesa total com o serviço de saúde	2,00E-16	0,06453 R\$/ano
<b>F</b>	A existência de Política de Saneamento Básico <u>não</u> explica as variações na despesa total com o serviço de coleta	A existência de Política de Saneamento Básico explica as variações na despesa total com o serviço de coleta	0,307	NA
<b>G</b>	A existência de Política de Saneamento Básico <u>não</u> explica as variações na despesa total com o serviço de manejo	A existência de Política de Saneamento Básico explica as variações na despesa total com o serviço de manejo	0,319	NA
<b>H</b>	A existência de Plano Municipal de Saneamento Básico <u>não</u> explica as variações na despesa total com o serviço de coleta	A existência de Plano Municipal de Saneamento Básico explica as variações na despesa total com o serviço de coleta	0,257	NA
<b>I</b>	A existência de Plano Municipal de Saneamento Básico <u>não</u> explica as variações na despesa total com o serviço de manejo	A existência de Plano Municipal de Saneamento Básico explica as variações na despesa total com o serviço de manejo	0,236	NA

Fonte: Formatação própria. utilização do Software RStudio.

## **Conclusão:**

É notável que resíduos sólidos são pedras no sapato da sociedade, toda nossa estrutura, costumes e sociedade é baseado no consumo. Consumo muitas vezes acompanhado de diversas embalagens, quando não embalagens dentro de outras embalagens. Podemos ao máximo tentar reduzir nosso impacto no meio ambiente, mas com uma superpopulação mundial chegando perto dos 8 bilhões, isso se torna impossível. Os resíduos continuarão a existir, o que precisamos é lidar com eles da melhor maneira, com o menor impacto.

No Brasil vimos que os dados divulgados de taxa de coleta são ótimos, mas não representam a realidade. Vimos que por volta de 40% do que é coletado tem como fim uma disposição inadequada em aterros controlados e lixões. São milhões de toneladas poluindo corpos hídricos e proliferando doenças todo ano. A região sudeste apresenta dados melhores, mas apresenta também uma geração maior de resíduos devido à alta densidade demográfica e o desenvolvimento. Assim o RSU tem uma porcentagem de disposição final adequada melhor, mas em quantidades o sudeste representa em torno de 30% do lixo com disposição inadequada.

Para o estado de São Paulo foi feito um estudo mais aprofundado e foi possível observar alguns custos atrelados à geração de RSU. O interessante desse dado é que o custo marginal de uma tonelada a mais não são tão grandes para os serviços de coleta e manejo, mas para a saúde esse custo fica sete vezes maior. A relação entre os resíduos e a saúde é custosa no estado de São Paulo que possui as melhores taxa de disposição final do país, em outros estados em situações mais precárias, esse custo deve ser superior. O custo marginal de manejo é três vezes menor que o de saúde, ainda existe bastante espaço para aumentar os gastos com disposições adequados e ao mesmo tempo economizar com a queda das despesas com saúde.

Outro ponto importante destacar é o fato das políticas e planos municipais de saneamento básico não terem significância com as despesas. Os dados utilizados foram do ano de 2017, último disponível no SNIS. No site do “Observatório dos Lixões” disponibilizado pela Confederação Nacional de Municípios, é possível

observar que em 2019 vários municípios não iniciaram ou estão em andamento com um plano municipal. Dessa maneira é possível que exista uma defasagem até que apareçam efeitos das políticas e plano sobre as despesas municipais. Para os dados mais atuais ainda não é possível verificar essa relação, deixando em aberto uma possível pesquisa futura para verificar se as medidas dos governos municipais em relação aos resíduos sólidos são efetivas.

## Anexos:

### Anexo 1 - Log do Modelo A:

```
Call:
lm(formula = quantidade ~ pib, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-553807   -2400    3139    4469 2674101

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.000e+03  5.279e+03  -0.758    0.449
pib          1.385e-02  1.766e-04  78.418 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 124000 on 558 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9168,    Adjusted R-squared:  0.9167
F-statistic: 6149 on 1 and 558 DF,  p-value: < 2.2e-16

> bptest(mod1)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  mod1
BP = 0.038117, df = 1, p-value = 0.8452
```

### Anexo 2 - Log do Modelo B:

```
Call:
lm(formula = quantidade ~ pop, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-685967   -5289    9039   13354 2672135

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.576e+04  5.427e+03  -2.904  0.00383 **
pop          8.096e-01  1.060e-02  76.403 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 127000 on 558 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9128,    Adjusted R-squared:  0.9126
F-statistic: 5837 on 1 and 558 DF,  p-value: < 2.2e-16

> bptest(mod2)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  mod2
BP = 0.14844, df = 1, p-value = 0.7
```

### Anexo 3 - Log do Modelo C:

```
Call:
lm(formula = desp_coleta ~ quantidade, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-39445122  -538040  -340785   108507  38403628

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.759e+05  2.692e+05   1.397   0.163
quantidade   1.176e+02  5.740e-01  204.864 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5623000 on 439 degrees of freedom
(119 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.9896,    Adjusted R-squared:  0.9896
F-statistic: 4.197e+04 on 1 and 439 DF,  p-value: < 2.2e-16

> bptest(mod3)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  mod3
BP = 7.0856, df = 1, p-value = 0.007771
```

### Anexo 4 - Log do Modelo D:

```
Call:
lm(formula = desp_manejo ~ quantidade, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-145475083  -582621  -47327   424049  68758120

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.992e+04  5.042e+05   0.158   0.874
quantidade   2.445e+02  1.166e+00  209.737 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11430000 on 517 degrees of freedom
(41 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.9884,    Adjusted R-squared:  0.9884
F-statistic: 4.399e+04 on 1 and 517 DF,  p-value: < 2.2e-16

> bptest(mod4)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  mod4
BP = 9.0975, df = 1, p-value = 0.00256
```

## Anexo 5 - Log do Modelo E:

```
call:
lm(formula = desp_saude ~ quantidade, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.737e+09 -1.772e+07 -1.471e+07 -3.875e+06  7.445e+08

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.083e+07  4.324e+06   4.817 1.88e-06 ***
quantidade   6.452e+02  1.002e+01   64.417 < 2e-16 ***
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 101800000 on 558 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8815,    Adjusted R-squared:  0.8813
F-statistic: 4150 on 1 and 558 DF,  p-value: < 2.2e-16

> bptest(mod5)

        studentized Breusch-Pagan test

data:  mod5
BP = 52.845, df = 1, p-value = 3.609e-13
```

## Anexo 6 - Log do Modelo F:

```
call:
lm(formula = desp_coleta ~ politica, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-8376945 -7891945 -2887340 -2448540 1139234546

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2948541    4004619   0.736   0.462
politica1    5428404    5308156   1.023   0.307

Residual standard error: 55200000 on 439 degrees of freedom
(119 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.002377,    Adjusted R-squared:  0.0001041
F-statistic: 1.046 on 1 and 439 DF,  p-value: 0.307
```

## Anexo 7 - Log do Modelo G:

```
call:
lm(formula = desp_manejo ~ politica, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14691182 -13816685 -5268977 -4640256 2376660612

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5365122    7016380   0.765   0.445
politica1    9347460    9370231   0.998   0.319

Residual standard error: 105900000 on 517 degrees of freedom
(41 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.001921, Adjusted R-squared:  -9.372e-06
F-statistic: 0.9951 on 1 and 517 DF,  p-value: 0.319
```

## Anexo 8 - Log do Modelo H:

```
call:
lm(formula = desp_coleta ~ plano, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
 -8147225  -7765985  -4936113  -1520090 1139464266

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1820079    4551555   0.400   0.689
plano1       6327146    5574493   1.135   0.257

Residual standard error: 55180000 on 439 degrees of freedom
(119 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.002926, Adjusted R-squared:  0.0006547
F-statistic: 1.288 on 1 and 439 DF,  p-value: 0.257
```

## Anexo 9 - Log do Modelo I:

```
call:
lm(formula = desp_manejo ~ plano, data = rs)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14532021 -13817586 -9419476 -2412073 2376819773

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2913555    7982748   0.365   0.715
plano1      11639866    9819492   1.185   0.236

Residual standard error: 105900000 on 517 degrees of freedom
(41 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.00271, Adjusted R-squared:  0.0007815
F-statistic: 1.405 on 1 and 517 DF,  p-value: 0.2364
```

### Referências Bibliográficas:

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: Abrelpe, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). **Agenda 21 Brasileira**.

Disponível em:

<<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

CALLAN, Scott J.; THOMAS, Janet M.. **Economia Ambiental**: aplicações, políticas e teoria. Rio de Janeiro: Cengage Ctp, 2009. 544 p.

CONSTANZA, Robert; GRAUMLICH, Lisa J.; STEFFEN, Will. **Sustainability or Collapse?: An Integrated History and Future of People on Earth**. Berlin: Freie Universität Berlin, 2005. 518 p.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - FBDS. **Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil II: Resíduos Sólidos Urbanos** Desafios e Metas da Política Nacional de Resíduos. 85 p.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. In: . **Estudos Avançados**. Brasil: 2011. p. 135-158.

NOGUEIRA, Jorge M.; PEREIRA, Romilson R.. **Critérios e Análise Econômicos na Escolha de Políticas Ambientais**. Brasil: 1998. 20 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (Estocolmo) (Org.). **Report of the United Nations Conference on the Human Environment**. Estocolmo: Onu, 1972. 80 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (Rio de Janeiro) (Org.). **United Nations Conference on Environment & Development**. Rio de Janeiro: Onu, 1992. 351 p.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L.. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 670 p.



VAN ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos:** Redução de emissões na disposição final. Brasília: Ibam, 2007. 44 p.

ZELLER, Kathrin. **Instrumentos econômicos na Política Ambiental Urbana: desafios na área de resíduos sólidos.** Cadernos, 2014. 14 p.