

## **INDICADORES DE EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DA COLETA URBANA EM FORTALEZA- CE**

**Thaís Gomes Pires (\*), Gabriella Viana Forte.**

\*Estudante de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, IFCE- Campus Maracanaú, Brasil, thais.gp97@gmail.com.

### **RESUMO**

Como surgimento de novas tecnologias ocorreu melhorias no que diz respeito à saúde, educação, segurança, de maneira geral, na qualidade de vida da população. Juntamente com as melhorias surgiram problemas relacionados ao consumo exacerbado da população, esse é o cenário que caracteriza o crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos.

A maior geração de resíduos sólidos urbanos pode causar diversos problemas, como por exemplo, risco a saúde, possíveis contaminação de solo e água, interferência na fauna e na flora.

A solução desse problema é bastante desafiadora para o poder público e sociedade de modo geral, sabendo dessa dificuldade faz-se necessário o uso de ferramentas para avaliar e dimensionar a eficiência no processo de limpeza urbana. O presente trabalho tem como objetivo fazer um levantamento dos indicadores de eficiência e sustentabilidade mais utilizados no que diz respeito à coleta urbana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumismo, Resíduos sólidos, Indicadores de eficiência.

### **INTRODUÇÃO**

O elevado crescimento populacional, juntamente as Revoluções Industriais e o processo de globalização, aumentaram consideravelmente a produção de resíduos sólidos nas últimas décadas, em 2016 a geração de resíduos sólidos foi de 78,3 milhões de toneladas no Brasil (ABRELPE, 2016). E o maior problema da geração exagerada de resíduos é a sua disposição incorreta, gerando diversos lixões que causam danos ao meio ambiente e a saúde da população.

A preocupação com os resíduos sólidos vem sendo muito discutida devido à expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente. A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305 (02/08/2010), deu início na busca por soluções para os problemas na gestão de resíduos sólidos que comprometem a qualidade de vida da população.

Segundo Marciel (2013), a PNRS tem como princípio básico responsabilizar a sociedade, as empresas e o Estado pelos resíduos produzidos e, sobretudo, pela sua destinação final. Desta forma, deverão ser desenvolvidas políticas e ações com o objetivo de cumprir esta lei e melhorar a convivência com o meio ambiente.

“A adoção de indicadores de sustentabilidade permite a organização de informações de forma a facilitar a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorar as tendências de seu desenvolvimento e definir metas de melhoria. Os indicadores também podem ser empregados como forma de melhorar a base de informações sobre o meio ambiente, detectar problemas, auxiliar na elaboração de políticas públicas, simplificar estudos e assegurar a comparabilidade entre diferentes épocas e entre diferentes regiões” (POLAZ; TEIXEIRA, 2018).

### **OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo geral verificar indicadores de eficiência e sustentabilidade mais utilizados relacionados à geração de resíduos sólidos urbanos (RSU's), trabalho este realizado mediante levantamento de dados coletados em plataforma digital. Os objetivos específicos são, identificar as informações bases requeridas para a obtenção de indicadores e verificar a relevância dos indicadores de eficiência de coleta de RSU's.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa caracterizou-se por uma revisão de literatura que foi elaborada a partir de material já publicado. Além da utilização de artigos para a realização da revisão bibliográfica, foram utilizadas outras fontes de pesquisa como periódicos, teses e dissertações, e outros materiais de acesso livre na internet, no entanto, a principal diretriz veio das teses que retrataram o cenário do tema abordado.

O método escolhido para a realização da pesquisa foi o dedutivo, método este muito utilizado nas ciências exatas, principalmente na matemática e na física, onde podem existir princípios sendo enunciados por leis. Quanto à tipologia, utilizaram-se instrumentos bibliográficos e documentais, pois a para a elaboração da mesma foi utilizado material já publicado.

A metodologia do trabalho consistiu-se, inicialmente, em um levantamento da problemática e o conhecimento de dados que a comprovassem. Posteriormente fez-se um levantamento de um conjunto de indicadores e logo após verificou-se se eles apresentam uma correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos.

**Figura 1: Fluxograma da metodologia. Fonte: Autoral.**

## REVISÃO DA LITERATURA

Inicialmente serão abordados a definição, a estrutura de gerenciamento de resíduos sólidos e problemas da disposição incorreta do resíduo urbano, além da definição de indicadores, seleção e os tipos de indicadores de eficiência da limpeza urbana.

### Resíduos Sólidos Urbanos

Segundo Salle (2003), resíduos sólidos urbanos (RSU's) é o nome dado a uma classe de lixos que é produzida pelos utilizadores finais ou quase finais dos bens de consumo. Apesar da definição de urbanos, esses resíduos não são, hoje em dia, exclusivo das populações urbanas, pois os padrões de consumo das populações rurais tendem a urbanizar-se. Os RSU's são constituídos por embalagem, restos de alimentos, vidros, panos, papéis/papelão, plásticos, metais, restos mobiliários, e podas de jardins e árvores. A qualidade e a quantidade dos RSU's sofrem variação de acordo com o clima, dia da semana, estação do ano, hábitos, situação econômica da comunidade e costumes da população.

A estrutura das atividades gerenciais ligadas aos resíduos sólidos pode ser representada pelo ciclo de vida dos resíduos: geração, coleta, tratamento e disposição final, conforme ilustrado na figura abaixo (MACIEL, 2013).



Figura 2: Processo para disposição fina de resíduos sólidos e suas inter-relações. Fonte: Cunha e Caixeta Filho.

Segundo Salles (2003), no saneamento dos RSU's leva-se em consideração a sua importância sanitária, econômica e de bem-estar da comunidade. Com relação aos fatores sanitários, sabe-se que os resíduos afetam o meio ambiente, devido à disposição inadequada, sendo propícia a proliferação de animais vetores de doenças, como ratos, baratas e moscas. Associado ao fator sanitário existe o fator social, já que o lixo atrai catadores que disputam em condições subumanas. A pior situação de saneamento ocorre na periferia das áreas urbanas, onde a população é mais carente, sendo mais suscetíveis a doenças, além de não possuírem conhecimentos sobre a disposição correta dos resíduos gerados.

“O problema da disposição final assume uma magnitude alarmante. Considerando apenas os RSU's, o que se percebe é uma ação generalizada das administrações públicas ao longo dos anos em apenas afastar das zonas urbanas o lixo coletado, depositando-os em locais inadequados. Gerando assim grandes lixões a céu aberto e muitas vezes com a presença de catadores, crianças e animais vetores de doenças, além de diversos outros problemas, como a poluição do solo e das águas subterrâneas, liberação de metano, gás de efeito estufa, alteração na paisagem, odores fortes, entre outros. Dentre as formas de disposição final sanitariamente adequadas, as mais usuais são a incineração, a compostagem e a disposição em aterros sanitários e valas controladas”(SALLES, 2003).”

Segundo Abrelpe (2016), do montante coletado em 2016, 71,3 milhões de toneladas, 91% do gerado, 41,7 milhões de toneladas foram enviadas para aterros sanitários (58,4%) e 29,7 milhões de toneladas de resíduos (41,6%) foram dispostos em lixões ou aterros controlados.

## Indicadores

Segundo Rodríguez e Sá (2001) para se obter os indicadores é necessário realização de análise de atividades, eles relatam os resultados de valores predeterminados para obter determinados valores. A comparação constante dos valores obtidos é utilizada para tomada de decisão e melhoria contínua, constituindo uma ferramenta de gestão.

“O estudo da gestão dos serviços de limpeza pública na América Latina é uma questão que tem se tornado cada vez mais importante nas últimas décadas, entre outros fatores, devido à necessidade de atingir níveis de eficiência e competitividade. Nesse contexto, surge a necessidade de estabelecer parâmetros com base no nível de cobertura, produtividade e efetividade dos serviços, a fim de medir sua qualidade e obter uma relação custo-benefício favorável” (RODRÍGUEZ; DE SÁ, 2001).

“No campo do saneamento ambiental, é urgente a estruturação de um sistema de indicadores para avaliar as condições ambientais, principalmente pela necessidade de se dispor de instrumentos confiáveis que respaldem o planejamento, a execução e a avaliação da ação pública, e não apenas pela fragilidade dos indicadores existentes” (CALIJURI; SANTIAGO; CAMARGO; NETO, 2009).

“Os indicadores são elaborados para cumprir com as funções de simplificação, quantificação, análise e comunicação, permitindo entender fenômenos complexos, tornando-os

quantificáveis e compreensíveis de maneira que possam ser analisados em um contexto e ser transmitidos aos diversos níveis da sociedade” (ADRIANSE, 1993).

O processo de construção de um sistema de indicadores ambientais envolve uma série de decisões e exige uma concepção integrada do meio ambiente e, conseqüentemente, uma abordagem interdisciplinar (BORJA; MORAES, 2003B). Segundo Heller e Azevedo (2006), a abordagem interdisciplinar deve levar em consideração diversos campos, como o ambiental, demográfico, comportamental, cultural e socioeconômico.

“A seleção de indicadores inicialmente deve obedecer a uma análise crítica estatística, geralmente realizada através de uma pesquisa junto aos usuários. Os resultados podem ser definidos segundo o conjunto de dimensões a serem trabalhadas na fase da pesquisa quantitativa – descritiva” (SALLES, 2003).

Posteriormente a etapa de seleção de indicadores ocorre à segunda etapa na qual segundo Tironi (1991), apenas os indicadores que atendem ao requisito de representatividade são selecionados, segundo o qual o indicador escolhido ou formulado de forma que possa representar satisfatoriamente os resultados ou atividades a que se refere.

“Deve-se verificar a sua viabilidade de medição com base no requisito de simplicidade, conforme o qual os indicadores devem ser de fácil compreensão e aplicação, gerados, preferencialmente, a custo baixo. Devem ser calculados com dados disponíveis ou facilmente obtidos e, principalmente, confiáveis” (SALLES, 2003).

Uma vez selecionados os indicadores, a etapa seguinte refere-se a implantação de sua medição. A implantação da medição deve ser planejada a fim de atingir seus objetivos, isto é, melhorar o desempenho do sistema (SALLES, 2003).

Os indicadores escolhidos são dos âmbitos ambiental, social e econômico, os mesmos tem correlação entre o crescimento e a geração de resíduos sólidos.

“Os indicadores sociais escolhidos foram o IDH, o Índice de Gini e a população urbana de Fortaleza. Os indicadores econômicos foram o PIB total, o PIB per capita, o IPCA e o INPC. Os indicadores ambientais sugeridos para esta pesquisa foram o consumo de água tratada, o consumo de energia, a geração dos RSU e sua per capita. Todos os indicadores escolhidos têm influência no consumismo e, conseqüentemente, na geração dos RSU” (CARVALHO JUNIOR, 2013).

## RESULTADOS

Existem diversos indicadores e os mesmos são empregados visando otimizar o processo de coleta de RSU's, identificar as falhas e possíveis melhorias a serem realizadas. Como indicadores gerais podemos citar como exemplos os serviço de varrição, de coleta, de transferência, de disposição final. Ainda existem os indicadores operacionais, econômico-financeiros, comerciais, de qualidade ambiental, infraestrutura urbana, custos e etc.

A relação do PIB e geração de resíduos é um índice comumente utilizado e de relevante importância, pois ele estabelece a relação entre a geração de resíduos de um país e a evolução de sua atividade produtiva. Quanto maior o PIB do país maior será o poder aquisitivo do mesmo e o conseqüentemente maior geração de resíduos.

Tendo conhecimento dos diversos indicadores existentes foi necessário realizar uma triagem, e verificar os mais comumente utilizados em Fortaleza e os que tenham maior eficácia. Os indicadores escolhidos para a realização da pesquisa foram os ambientais, sociais e econômicos. Os indicadores ambientais estão mais voltados às alterações da qualidade ambiental, salientando a situação dos recursos naturais, segundo Jørgensen, Xu e Costanza (2005) estes indicadores têm como função principal diagnosticar a saúde do ecossistema e fornecer uma ferramenta para monitorar condições e mudanças ambientais ao longo do tempo.

A importância desses indicadores se dá principalmente no que diz respeito à tomada de decisões da política pública ligada ao meio ambiente, uma vez que a mesma tem enfrentado dificuldades no gerenciamento de resíduos sólidos.

“Os indicadores socioeconômicos expressam relação estreita entre saneamento e saúde. Verificam-se, por exemplo, diversas interfaces da gestão de recursos hídricos com setores dependentes de água de boa qualidade, indispensável à promoção da saúde pública; também

a correlação entre o IDH e os serviços de saneamento, demonstrada pela análise conjunta de indicadores sociais e os serviços de saneamento no Brasil” (LIMA, 2012).

Segundo Carvalho Junior (2013), utilizando métodos de interferência relativa, como, análise multivariada, medidas por meio da correlação de Pearson e técnica da regressão múltipla. Criou-se e validou-se a equação resposta que relaciona a geração de resíduos sólidos e os indicadores de eficiência e sustentabilidade em Fortaleza.

A equação reposta (CARVALHO JUNIOR, 2013):

$$Y = (-18.863.381,14) + 0,052X1 + 28.231.315,30X2 - 1,27X3 + 0,00046X4 - 0,017X5 \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

Y = A Geração dos RSU para Fortaleza; X1 = PIB; X2 = IDH; X3 = População Urbana; X4 = Energia Acumulada; e X5 = Consumo de Água.

Essa equação vale somente para Fortaleza, pois as variáveis mudam de acordo com cada localidade. É possível a realização desse modelo usando os indicadores mais adotados em tal cidade.

A partir a equação resposta, pode-se observar quais indicadores de maior relevância com relação à geração de resíduos sólidos urbanos. Dos indicadores apresentados apenas alguns estão dispostos na equação, sendo o PIB, o IDH, a população urbana, o consumo de energia e o consumo de água tratada, os principais indicadores de eficiência e sustentabilidade.

## CONCLUSÃO

Com o atual cenário nacional as preocupações no que dizem respeito a problemas ambientais tem se evidenciado. Uma dessas questões é o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Diversas capitais do país enfrentam grandes desafios para solucionar esse problema, e é nesse âmbito que surgem os indicadores e a importância que tais têm para resolução dessa questão.

Foram coletados dados a fim de se conhecer os indicadores mais comumente utilizados, após a análise quantitativa foi necessário à realização da análise qualitativa, verificando quais dentre os indicadores tem uma maior influência no crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos.

Levando em consideração o levantamento de dados realizado nesse estudo, verificamos quais os indicadores de eficiência e sustentabilidade são mais relevantes em relação à geração de resíduos sólidos urbanos, de maneira hierárquica são: consumo de energia elétrica, PIB, consumo de água tratada, IDH e a população urbana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADRIAANSE, A. 1993. Environmental policy performance indicators. General of Environmental Dutch Ministry of Housing. 35p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2016. 64 p. 2016
3. BORJA, P.C.; MORAES, L.R.S. Indicadores de saúde ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 1 aspectos conceituais e metodológicos. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 1325, jan./mar., 2003A.
4. CALIJURI, Maria Lúcia et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.19-28, mar. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522009000100003>.
5. CARVALHO JUNIOR, Francisco Humberto. **ESTUDOS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E SUA CORRELAÇÃO COM A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**. 210 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
6. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente- IBAM, 2000. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.
7. HELLER, L.; AZEVEDO, E.A. Exclusão sanitária em Belo Horizonte, MG: caracterização e associação com indicadores de saúde. In: Fundação Nacional da Saúde. 1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. 2. ed. Brasília: Funasa, 2006. p. 71-98.
8. JORGENSEN, S.E. Introduction. In: JORGENSEN, S.E.; COSTANZA, R.; XU, F.L. (Eds.). Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2005.

9. LIMA, J.D. Modelos de Apoio à Decisão para Alternativas Tecnológicas de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. 2012.375 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologias e Ciências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
10. MACIEL, Mirella Sobral; CARVALHO JUNIOR, Francisco Humberto de. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS A PARTIR DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE. In: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2014, Maracanaú. I-053 - GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS A PARTIR DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE. Brasília: Abes, 2014.p. 1- 9.
11. SÁ, Fernando A. Paraguassú de; RODRÍGUEZ, Carmen Rosío Rojas. **INDICADORES PARA EL GERENCIAMIENTO DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA.** 2001. 55 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Cepis, Lima, 2001.
12. SALLES, Márcia Pereira da Mata. **Diagnóstico e avaliação por indicadores e índices dos serviços de limpeza urbana no estado de Mato Grosso do Sul.** 2003. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.
13. TIRONI, Luis Fernando. 1990. Critérios para a geração de indicadores de qualidade e produtividade no serviço público. Texto para Discussão: IPEA, Brasília, n. 238, p. 1-15, out.