



## **ROTEIRIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS UTILIZANDO SIG**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)  
PROJETO nº 800012/2016-0, PROCESSO nº 113903/2016-2**

Letícia dos Santos (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: leticiasantos.96@hotmail.com

Dr. Jean P.H.B Ometto (CCST/INPE, Orientador)  
E-mail: jean.ometto@inpe.br

Victor Fernandez Nascimento (CCST/INPE, Coorientador)  
E-mail: victor.nascimento@inpe.br

Julho de 2017



Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada, agradeço aos meus pais e aos meus orientadores pela oportunidade, incentivo e correções.

## RESUMO

A geração de resíduos vem crescendo a cada ano, concomitante sua demanda por serviços de infraestrutura e logística aumentam. No Brasil, cerca de 70 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) são coletadas anualmente, gerando custos de operação e manutenção de aproximadamente 15,6 bilhões de reais ao ano. O gerenciamento adequado para os RSU, passam por etapas de coleta, tratamento, transporte e disposição final. Muitos municípios precisam dispor seus RSU em um aterro sanitário mais afastado, isso acarreta custos de transporte mais altos, além do aumento da emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), como CO<sub>2</sub>, que são emitidos pelos caminhões que transportam os RSU até o local de disposição final adequada. Este trabalho utiliza Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicadas a roteirização do transporte dos RSU para o ano de 2011, no qual foi calculado em uma escala regional para os 645 municípios do estado de São Paulo a distância percorrida entre os municípios paulistas e os locais de disposição final de RSU. Os resultados encontrados demonstram que para o ano de 2011, foram percorridos pelos caminhões de coleta de RSU cerca de 37,7 milhões de km desde os centros dos municípios paulistas até os aterros sanitários o que resultou em aproximadamente 223 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos diretamente para a atmosfera, no qual teriam de ser plantadas para que compensasse a emissão 1356 mudas de árvores nativas. Em uma analogia realizada em quantas voltas seriam dadas com os km percorridos pelos transportes de RSU, cerca de 925 voltas ao mundo pelo equador, no ano de 2011. Relacionado ao custo foram estimados ao transporte na disposição de RSU no ano de 2011, cerca de 20.6 milhões de reais. Estes resultados são importantes porque podem auxiliar nas estimativas estadual de geração de GEE e conseqüentemente alertar a importância das emissões provenientes do transporte dos RSU dentro da área de saneamento.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos Urbanos, Sistema de Informação Geográfica, Roteirização.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Grau de Urbanização nos anos de 1980-2016 no estado de São Paulo .....	4
Figura 2 - Contribuição de cada categoria do veículo nas Emissões de CO2 .....	6
Figura 3 - Veículo coletor/compactador .....	7
Figura 4 - Tabela demonstrativa das características dos aterros do estado de São Paulo ....	11
Figura 5 - Aterros georreferenciados do estado de São Paulo em 2011.....	13
Figura 6 - Cobertura urbanizada do estado de São Paulo.....	14
Figura 7 - Centro georreferenciado dos municípios .....	15
Figura 8 - Rota criada partindo dos pontos, para o município de Araçatuba .....	16



## **LISTAS DE TABELAS**

Tabela 1. Classes de distancias/ Aterros que enquadram.....	19
Tabela 2. Custo gerado pelo transporte por dia.....	20



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
GEE	Gases do Efeito Estufa
SIG	Sistema de Informação Geográfica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2.OBJETIVO .....	2
2.1 Objetivo Geral .....	2
2.2 Objetivos Específicos .....	2
3.REFERENCIAL TEÓRICO .....	2
3.1 Contextualização do Problema .....	3
3.2 Disposição Final do RSU .....	6
3.3 Transporte de RSU .....	7
3.4 Geoprocessamento.....	8
3.5 Sistema de Informação Geográfica.....	8
3.6 Roteirização .....	9
3.7 Aplicação de Geoprocessamento no Transporte de RSU .....	9
4.MATERIAL E MÉTODO .....	10
4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo .....	10
4.2 Recursos Utilizados .....	10
4.3 Base de Dados .....	10
4.4 Processamento Digital .....	12
4.5 Obtenção das Rotas .....	15
4.6 Determinação Econômica.....	17
4.7 Determinação da Emissão .....	18
5. RESULTADO E CONCLUSÃO .....	19
5.1 Estimativa das Distancias Percorridas pelos Caminhões de Transporte de RSU.....	19
5.2 Estimativa dos Gastos para a Disposição Final de RSU .....	19
5.3 Estimativa da Emissão de CO <sub>2</sub> para a Disposição Final de RSU .....	20
5.4 Conclusão .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil cerca de 80% da população vive nas áreas urbanas e as condições de infraestruturas e serviços não acompanham o ritmo de crescimento da urbanização (REZENDE et al., 2013). Nessas circunstâncias um dos fatores preocupantes, é o manejo inadequado dos resíduos sólidos desde a coleta até a destinação final.

Segundo estudo realizado no município de Ilha Solteira que demonstram a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicado a roteirização de veículos de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), no qual melhorou o sistema de coleta, diminuindo as distancias percorridas por estes veículos (BRASILEIRO; LACERDA, 2008).

Uma problemática comum em alguns municípios de pequeno porte, é a falta de recursos financeiros para se instalar e operar um aterro sanitário em sua extensão. Nos últimos anos com o aumento da população, a geração de Resíduos Sólidos simultaneamente cresce, gerando um aumento pela demanda de serviços urbanos, de infraestrutura e logística. (ABRELPE, 2014).

Uma simulação usando o TransCAD, em que é um sistema utilizado para gerenciar dados de transporte combinando com SIG, no qual foi realizada para um município de Minas Gerais visando a minimização da distância percorrida pelos veículos de transporte de RSU, mostrou uma redução do percurso total percorrido pelos veículos de coleta, e dessa maneira, comprovou que é possível a redução de custos na fase de planejamento. (SILVA et al., 2012).

Conforme o artigo técnico de uso do geoprocessamento, no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus, que consiste na avaliação do atual sistema de coleta de resíduos por meio de geoprocessamento utilizando a metodologia do sistema do SIG, obteve com eficiência coleta de informações quanto a avaliação e gerenciamento, necessários para a elaboração da roteirização de veículos de limpeza urbana. O método utilizado a partir de informações georreferenciadas, mostrou eficácia essencial para o



município, no qual o método ainda é utilizado na rotina diária da Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (BRAGA et al, 2008).

No Brasil são coletadas anualmente cerca de 70 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, e os custos de operação e manutenção são aproximadamente de 15,6 bilhões de reais ao ano. (ABRELPE, 2015). Neste contexto, o Brasil demonstra importantes avanços na gestão de resíduos sólidos, mas ainda vive a deficiência consideráveis, que tem influência direta no meio ambiente, na saúde pública e na qualidade de vida.

## **2.OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste projeto foi realizar uma análise de distâncias que os caminhões de coleta de resíduos sólidos urbanos percorrem desde a área urbana até os locais de disposição final para os municípios do estado de São Paulo, com o intuito de estimar as emissões de CO<sub>2</sub> liberados pelos veículos de transportes de RSU.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Para tanto, os seguintes objetivos específicos se fazem necessários:

1. Estimativa das distancias percorridas pelos caminhões de transporte de RSU;
2. Estimativa dos gastos para a disposição final de RSU;
- 3.Estimativa da emissão de CO<sub>2</sub> decorrente da distância percorrida pelo transporte de resíduos, do centro do município para a disposição final de RSU;

## **3.REFERENCIAL TEÓRICO**

No período a que se refere este relatório, foram realizadas as revisões bibliográficas aprofundadas relacionadas ao atual gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, com foco de estudo no estado de São Paulo e levantamentos em artigos científicos sobre

metodologias para a criação de rotas utilizando sistemas de informações geográficas. O referencial teórico aborda os seguintes assuntos: Contextualização do problema, Disposição final dos resíduos sólidos, Transporte de RSU, Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica, Roteirização e Aplicação de Geoprocessamento no Transporte de RSU.

### **3.1 Contextualização do Problema**

A atual sociedade se caracteriza pela produção elevada de materiais de consumo próprio. Neste contexto, do momento que houve a revolução industrial, com crescimento do sistema econômico se expandido, simultaneamente a geração de resíduos acompanhou o desenvolvimento. Com o decorrer do tempo com o aumento e o padrão de consumo refinado, a produção de resíduos aumentou gradativamente. (MAGALHAES, 2011)

O crescimento do volume de RSU coletado, exige uma atenção da gestão municipal, através das estratégias de destinação final, uma vez que a destinação final incorreta dos resíduos ocasiona impactos ambientais, sociais e econômicos. (IBGE, 2011). O que interfere diretamente e indiretamente na parte financeira e nos aspectos relacionados ao meio ambiente.

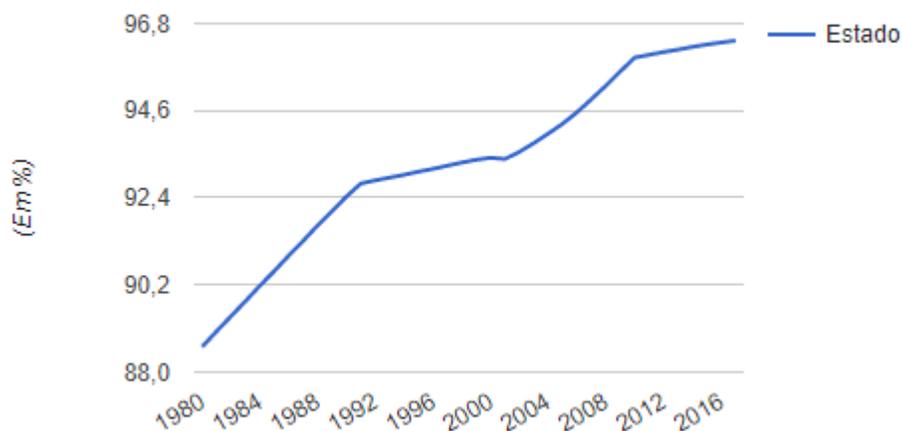
Atualmente a temática de gestão de RSU ocupa posição de destaque nas agendas governamentais. Em um panorama mundial, o horizonte de resíduos sólidos gerados vem aumentando em uma escala vertiginosa, exigindo soluções conjuntas para a correta gestão e gerenciamento destes resíduos (CASTRO, 2012 citado por MOTA, et al. 2016,).

O cenário Brasileiro ainda está em construção, pelo qual os municípios poderão encontrar soluções sustentáveis para a gestão completa e ambientalmente correta dos resíduos sólidos, através da apropriação de políticas públicas (ABRELPE, 2007). Um panorama ainda preocupante para essa visão do país, que compromete a qualidade de vida, o meio ambiente, partindo da resultante dos efeitos adversos dos resíduos.

A evolução da densidade populacional no estado de São Paulo, se deu pelo seu desenvolvimento no setor industrial, puxando olhares de todo mundo para esse setor econômico. O crescimento acelerado da população no estado trouxe problemas nas questões como infraestrutura dos serviços urbanos, no qual não acompanhara o mesmo

ritmo do crescimento. A **Figura 1** demonstra o grau de urbanização do estado de São Paulo, nos anos de 1980 ao ano de 2016. Observa-se que há um crescimento da curva nos anos mais recentes, que demonstra uma quantidade maior de urbanização, aproximando-se de quase sua totalidade.

**Figura 1 - Grau de Urbanização nos anos de 1980-2016 no estado de São Paulo**



**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, Fundação Seade 2017.

Em 1997 a partir do cumprimento legal para desenvolver melhores mecanismos da gestão ambiental do estado de São Paulo, inicia-se a Companhia Ambiental do estado de São Paulo. Esta companhia passou a sistematizar informações e dados sobre a geração, condições ambientais e sanitárias dos locais de disposição final de RSU. O inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, divulgado pela CETESB, demonstra dados das condições presente no estado de São Paulo, tendo como base índices aplicáveis aos aterros, onde verifica-se que cerca de 94% dos aterros encontram-se em condições “adequadas”, e com relação ao local de disposição final dos RSU, de acordo com o inventário, a maioria dos municípios dispõe os RSU no próprio aterro, localizado no próprio município (CETESB, 2016). Um número considerável de municípios dispõe em aterros subsidiados em outro município, que por sua vez é necessário um percurso maior para dispor os RSU,



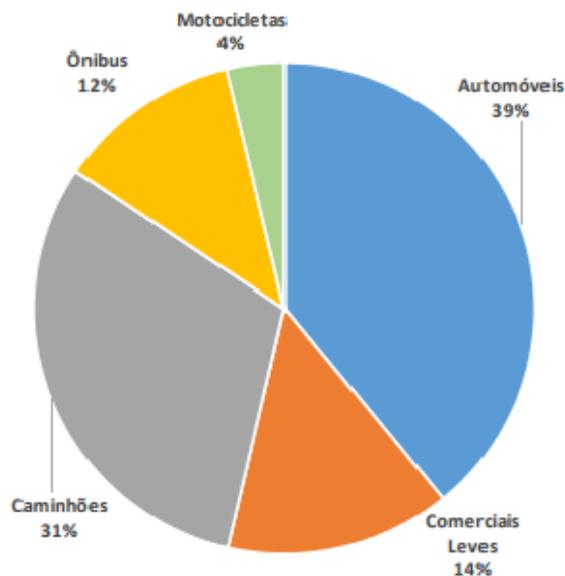
gerando assim uma maior emissão de CO<sub>2</sub> proveniente da queima do combustível diesel utilizado na maioria dos transportes de resíduos sólidos.

O estado de São Paulo juntamente com a Política Estadual de Mudanças Climáticas, determinou uma meta de redução de CO<sub>2</sub> de 20% abaixo das emissões de 2005, a ser atingida no ano de 2020. (SÃO PAULO 2014). Na qual de acordo com Notícias Ambiente (2011), constatou-se que o transporte de RSU é o meio que mais emite CO<sub>2</sub>, se comparado com outros veículos de transporte.

De acordo com SÃO PAULO (2012), a contribuição maior da emissão de CO<sub>2</sub> provem dos automóveis com cerca 16 milhões de toneladas em 9,4 milhões veículos no ano de 2012 e cerca de 660 mil caminhões, gerando 14 milhões de toneladas emitidos para atmosfera, se comparado os valores, é possível analisar que para os caminhões uma menor frota foi quase o equivalente na emissão de CO<sub>2</sub>, se comparado com a frota dos automóveis.

A **Figura 2** demonstra por categoria os tipos de veículos e quanto emitem de Dióxido de Carbono no estado de São Paulo, de acordo com Relatório de Emissões veiculares do estado de São Paulo (2012), ainda que seja de 20 vezes maior a frota de automóveis, os caminhões e ônibus contribuem com a segunda maior parcela de CO<sub>2</sub> emitido, isso se dá pelo uso de combustível etanol, que por sua vez tem menos intensidade poluidora que o diesel utilizado em veículos pesados.

**Figura 2 - Contribuição de cada categoria do veículo nas Emissões de CO2**



**Fonte:** Relatório de Emissões veiculares do estado de São Paulo 2012.

### 3.2 Disposição Final do RSU

A exacerbada geração de resíduos causada pelo aumento da população e a demanda necessária da produção tecnológica para suprir as necessidades, leva a uma maior produção de rejeitos, que correlaciona com a dificuldade referente à disposição final dos RSU, e a complexidade da gestão dos RSU nos municípios.

Regulamentada a Lei nº11.107, de 6 de abril de 2005 que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos, para municípios que não se encontram em condições de subsidiar um aterro em seus entornos, implementando que contratem consórcios públicos essenciais à execução dos serviços transferidos. Assim com a transferência de serviços, essa gestão compartilhada pode gerar um ganho na economia, porem da mesma forma poderá ser diluído na gestão do transporte para a disposição final, na qual é fundamental uma logística baseada na infraestrutura do aterro que irá ser compartilhado.

### 3.3 Transporte de RSU

O transporte de RSU, consiste na coleta dos resíduos e sua disposição final para o aterro, sendo utilizado caminhões como o meio de transporte. A escolha do transporte, se da pela fácil logística do deslocamento em vias, no qual pode-se escolher rotas distintas.

Os veículos de transporte de RSU, são empregados de acordo com a sua demanda de RSU, para um município com uma menor geração, pode-se fazer o uso de transporte menores. Para coleta domiciliar e transporte em municípios com densidade maior de população, que por sua vez há uma geração maior de rejeitos, o uso dos caminhões com grande capacidade, incluindo o compactador, se faz necessário para o ofício, uma vez que é mais viável pela sua capacidade útil para os RSU, até a disposição final.

De acordo com Vilhena (2010), citado por Spigolon (2015), existem dois tipos de veículos para coleta domiciliar, sendo com carroceria convencional e com compactador.

**Figura 3 - Veículo coletor/compactador**



**Fonte:** DAMAEQ (2017).

No Brasil se faz muito o uso dos caminhões compactadores de carregamento traseiro, com uma capacidade volumétrica vasta (SPIGOLON, 2015).

### 3.4 Geoprocessamento

O termo Geoprocessamento envolve técnicas matemáticas e computacionais que são utilizadas no tratamento de informação geográfica (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). Tendo grande influência nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes e Planejamento Urbano e Regional. Além disso, também proporciona uma visão mais aplicada emprega-se uma escala de mensuração que permite vincular grandezas numéricas a cada objeto a ser representado computacional (CÂMARA; MEDEIROS, 2011)

Um estudo realizado no município de Jacutinga, no qual foi realizado uma análise através da aplicação do geoprocessamento para obtenção de uma rota na rede de distribuição de Gás Natural, que se originou no ponto da entrega de gás da Petrobras. A aplicação do Geoprocessamento foi importante e imprescindível nesse estudo de rotas, que mostrou eficiência de 87% nas rotas produzidas. (OLIVEIRA, 2005)

Desta forma, podemos dizer que a aplicação do geoprocessamento se torna uma ferramenta importante em diversas áreas, incluindo na obtenção de rotas primárias.

### 3.5 Sistema de Informação Geográfica

O sistema de informações geográficas (SIG) é uma ferramenta computacional, no qual a partir de banco de dados se permite análises de gestões, ambientais, sociais e econômicas no espaço (CÂMARA et al., 2001), sendo muito utilizada para a otimização de rotas de transporte, que visa diminuir as distâncias percorridas, minimizar a emissão de poluentes, otimizar os processos e reduzir os custos operacionais, o que conseqüentemente torna o SIG uma ferramenta muito eficaz para esta pesquisa.

O SIG, procede de elementos básicos representativos, em que todo sistema é desenvolvido para refletir uma certa visão, que tende resolver um determinado número de problemas. Juntamente o processo de um sistema de informação, requer métodos adequados e um conhecimento multidisciplinar.

### **3.6 Roteirização**

Método para definir itinerários ou rotas, que possibilitam uma redução no tempo da distância percorrida, ou uma redução dos custos operacionais, utilizando logísticas e algoritmos matemáticos. De acordo com Cunha (2000), a roteirização e sua relevância logística, é um assunto estudado desde a década de 1960, com complexidade matemática envolvida, a roteirização de veículos abrange pontos positivos e negativos. Deste modo se faz necessário uso de ferramentas de logísticas estratégicas e um conhecimento interdisciplinar dos problemas a serem solucionados.

### **3.7 Aplicação de Geoprocessamento no Transporte de RSU**

O geoprocessamento vem sendo amplamente utilizado na engenharia de transportes. O cenário que é vivenciado no país, na qual vivencia com problemas na logística da roteirização de veículos, se faz necessário gestões para otimizar rotas, levando a serviços com menores custos e concomitante uma menor geração de GEE.

A logística aplicada no transporte é responsável por otimizar os itinerários e as rotas a partir dos métodos e análises realizadas com o geoprocessamento, determinando as possíveis rotas no transporte dos Resíduos, partindo da coleta até sua disposição final.

O estudo realizado em fazendas localizadas no planalto serrano do estado de Santa Catarina, onde por meio de sistema de informação geográfica aplicado na otimização de rotas para o escoamento da produção florestal, por meio da extensão “*Network Analyst*”, que mostrou eficiência por gerar uma dinâmica no frete e na economia do escoamento florestal. (OLIVEIRA, 2015)

## **4. MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo**

Composto por 645 municípios, o estado de São Paulo abrange o maior centro econômico do Brasil. Com cerca de 249 mil km<sup>2</sup> (IBGE, 2016). Compreendendo grandes centros tecnológicos e industriais, que em termos econômicos, contribui com cerca de um terço de toda a riqueza produzida no país (SIMAS, et al., 2014), que por sua vez, há uma grande geração de resíduos sólidos decorrentes da grande demanda pelas necessidades da população.

### **4.2 Recursos Utilizados**

Os recursos utilizados nessa pesquisa, iniciando com a base de dados iniciais, realizado na planilha Excel, para o levantamento dos aterros e suas características básicas, como localização, sendo utilizada por coordenadas geográficas, índice de qualidade de resíduos (IQR) e por fim a quantidade de RSU dispostos ton/dia.

Após, as análises dos dados retirados dos inventários divulgados pela CETESB, emprega-se o uso do “*software*” ArcGis versão 10.3.1, com a extensão ArcMap e Arctoolbox, no qual um arquivo em formato “*shapefile*”, em que pontos geograficamente localizados dos aterros são criados. A geração das linhas, relacionadas as rotas, foram realizadas usando o “*Basemap Imagery*” do ArcGis online.

### **4.3 Base de Dados**

Conforme o inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares divulgado pela CETESB, é um instrumento de avaliação para diagnosticar a situação da destinação do Resíduos Sólidos no estado de São Paulo, no qual, por meio de análises é possível reunir índices que compõe esse inventário, como o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos



(IQR), Índice de qualidade de Usinas de Compostagem e por fim a quantidade de Resíduos sólidos (ton/dia) para cada aterro do estado de São Paulo.

A tabela abaixo é referente as análises dos índices dos aterros, dando ênfase para o ano de 2011, que continha a maior quantidade de aterro no estado de São Paulo. Neste processo foi realizado consultas dos dados no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (CETESB), no qual, a tabela é composta por índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, quantidade de Resíduos sólidos (ton/dia) nos anos de 2011 a 2015 e as coordenadas geográficas para todos aterros do Estado de São Paulo.

**Figura 4 - Tabela demonstrativa das características dos aterros do estado de São Paulo**

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	F6	IQR	FUSOC	IQR 2011	IQR 2012	IQR 2013	IQR 2014	IQR 2015	IQR MEDIA	RSUdia11	RSUdia12	RSUdia13	RSUdia14	RSUdia15	RSU Total
2	Estrada ADM 131, s/nº	IQR-Valas	22	8,6	9	9	8,1	4,6	7,86	12,8	12,8	26,43	26,47	26,5	
3	Estrada Vicinal Adolfo - Mendonça, km 35 - Fazenda Santa	IQR-Valas	22	9,5	8,5	7,5	7,3	7,3	8,02	1,3	1,27	2,29	2,29	2,28	
4	Estrada Municipal para Mato-Seco, s/n, Jardim Aeroporto	IQR-Valas	23	6,7	7,2	7,4	7,5	7,3	7,22	11,7	11,82	24,67	24,92	25,16	
5	Estr. Munic. EST 273, Zona Rural, Ponte Alta, Fazenda Ca	IQR	22	7,7	8,7	8,4	7,2	8,4	8,08	13,3	13,32	27,64	27,78	27,92	1
6	Rodovia SP 268, KM 151 + 650M	IQR-Valas	23	9	8,7	8,7	8,7	8,7	8,76	1,5	1,53	2,82	2,87	2,93	
7	ESTRADA RURAL AFM -256	IQR-Valas	22	8	9,2	9,2	8,7	8,7	8,76	2,6	1,31	2,38	2,39	2,4	
8	Rodovia Armando Sales Oliveira - km 473	IQR-Valas	22	7,9	8,7	9,5	8,0	10,0	8,82	1,2	1,22	2,22	2,24	2,25	
9	Estrada Municipal - AAG - 0'0 s/n.º	IQR-Valas	22	9	8	9,5	7,3	8,2	3,4	1,3	1,29	2,31	2,31	2,3	
10	Estrada do Gato Preto, Bairro Iremá	IQR-Valas	23	8	8,5	8,5	7,5	9,5	3,4	5,7	5,73	10,44	10,52	10,6	
11	Estrada Vicinal SPV-098 José Pinto Cabral	IQR-Valas	22	8	8,2	7,4	7,6	8,0	7,84	1,1	1,04	1,86	1,85	1,83	
12	BAIRRO RESERVADO	IQR-Valas	22	8	8,5	9	7,5	7,5	3,1	8,5	9,52	15,44	15,49	15,55	
13	Estrada Municipal AVC-50	IQR-Valas	22	7,2	7,4	8	5,3	8,1	7,2	1,2	1,2	2,19	2,21	2,24	
14	Sítio Modelo, s/nº	IQR-Valas	22	6	7,5	7,5	8,7	8,3	7,6	1,1	1,09	1,97	1,98	1,99	
15	Rodovia Miguel Jabur Elias, km30	IQR-Valas	22	6,6	8,3	7,9	8,7	9,0	3,1	1,9	1,92	3,47	3,48	3,49	
16	Estrada Vicinal ADD 260, km 06	IQR-Valas	22	9,5	9,5	9,5	9,5	8,7	9,34	20,7	20,67	42,67	42,71	42,75	
17	RODOVIA RAPOSO TAVARES SP 270, KM 222,8	IQR-Valas	22	10	9,7	8,5	9,5	7,5	9,04	6,4	5,51	11,9	12,03	12,15	
18	Rodovia Samuel Castro Neves - SP147 S/N	IQR-Valas	23	5,5	8,2	9,1	9,1	9,5	9,08	1,7	1,76	3,24	3,29	3,34	
19	ESTRADA MUNICIPAL AHM - 010 - KM 3	IQR-Valas	22	8,5	8,5	9,2	8,4	8,4	3,6	1,2	1,24	2,26	2,27	2,29	
20	Estrada Municipal Aparecida D'Osste-Bairro Jeú	IQR-Valas	22	8,5	8	7,5	7,5	8,7	8,04	1,4	1,43	2,56	2,54	2,52	
21	Rodovia SP-250, km 310	IQR-Valas	22	7,5	5,6	7,1	7,5	7,1	6,96	7,2	7,2	12,9	12,82	12,76	
22	Estrada Municipal ART-450 Km - 2,66	IQR	22	8,6	9,6	8,9	9,6	9,6	9,26	89,5	89,95	168,18	169,17	170,14	6
23	Estr. Munic. Ars - 282 Faz. Santo Antonio	IQR-Valas	23	7,1	6,9	7,7	7,4	9,5	7,72	7,7	7,82	14,48	14,78	15,07	
24	Estrada Vicinal AMN-40 - km 3,3	IQR-Valas	23	6,3	7,9	7,3	7,6	8,7	7,56	1,9	1,95	6,3	3,57	3,59	
25	Estrada Municipal Arco-Ins/Luizânia	IQR-Valas	22	8,5	8	7,2	8,2	7,2	7,82	0,4	0,43	0,77	0,76	0,75	
26	Acesso Agostinho Pereira de Oliveira, Km 01, Soturna	IQR-Valas	22	6,1	8,5	7,1	7,1	7,1	7,18	2,5	2,5	4,55	4,58	4,6	
27	Rod. Dos Tropicões, Km 248 - Bairro Alegre	IQR-Valas	23	9,1	8,9	7,3	7,7	8,0	3,2	1	1	1,8	1,81	1,81	
28	Estrada Municipal AEP-020, km 03 - Faz. São Domingos	IQR-Valas	22	5,8	7,5	7,1	7,2	6,6	6,84	3,8	3,78	6,84	6,86	6,87	
29	Estrada Vicinal - ARF - 030 Km 6+621 metros	IQR-Valas	22	5,1	5,5	9	9,5	9,0	7,62	5,2	5,22	5,1	9,51	9,55	
30	Estrada Municipal AVA-020 - Fazenda Resil Km-7,0	IQR-Valas	22	6,2	9,5	7,9	8,2	9,0	8,16	3,9	3,95	7,28	7,41	7,53	

Fonte: Elaborado pela autora.

A maior dificuldade encontrada na elaboração da tabela, é referente aos municípios que dispõe no mesmo aterro. No estado São Paulo existem 645 municípios, que dispõe seus resíduos sólidos urbanos (RSU) em 470 aterros existentes no ano de 2011.

Os shapes de base de dados utilizados, foram coletados Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espacial (FUNCATE), os shapes remanescentes produzidos com os dados coletados, foram padronizados para o sistema de coordenadas padrão, adotado pelo SIRGAS 2000 (Zona UTM 22 e 23 S). A criação do shape de rotas dos transportes,



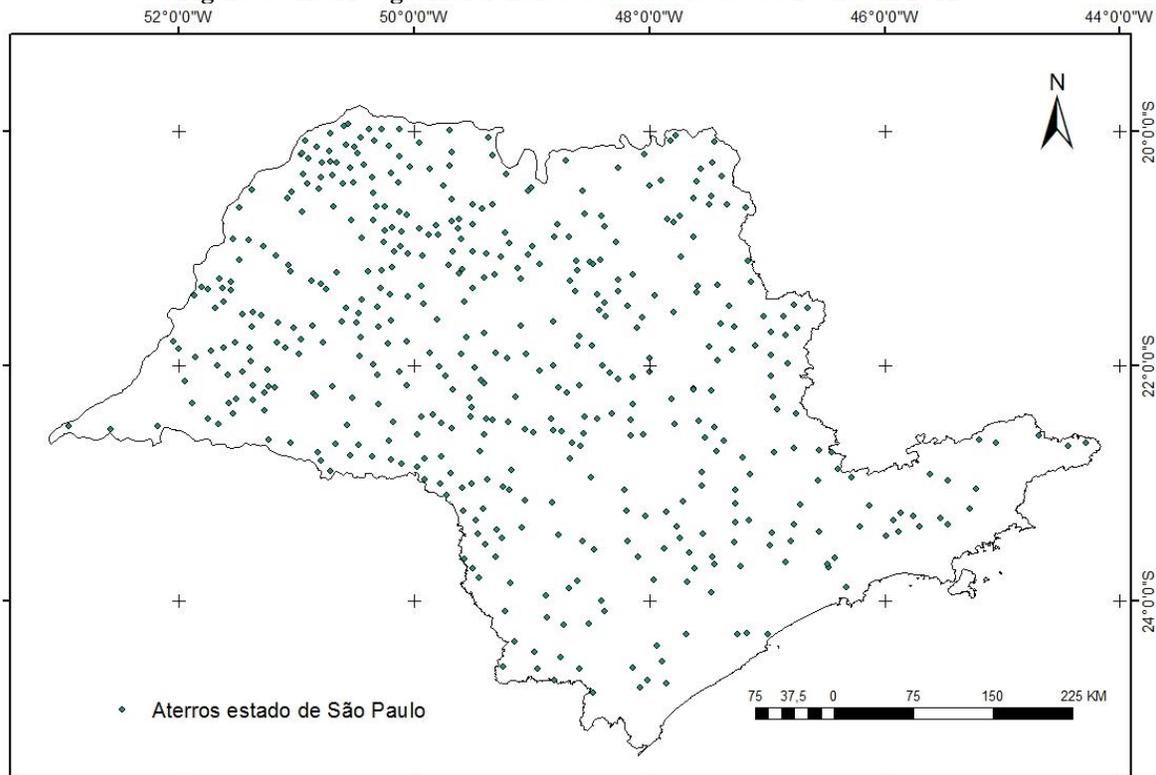
fora inteiramente manuais, com o auxílio de imagens de satélite, disponibilizado pelo ArcGis online.

Após todo processo da realização do “*shapefile*” de aterros de centro dos municípios e por fim rotas, a ferramenta “*Field Calculator*”, foi utilizada para calcular as distancias da linha, no qual se refere as ligações dos pontos gerados de aterros e centros, denominado na pesquisa como a rota.

#### **4.4 Processamento Digital**

Com base na tabela de características dos aterros do estado de São Paulo, deve-se preparar os dados geográficos que contêm as coordenadas dos aterros juntamente com informações sobre a quantidade em toneladas por dia de resíduos gerado. Importando os dados geográficos dos aterros no software ArcMap, utilizando o sistema de coordenadas SIRGAS 2000, obtém-se os pontos georreferenciados dos aterros com auxílio de imagens de satélite.

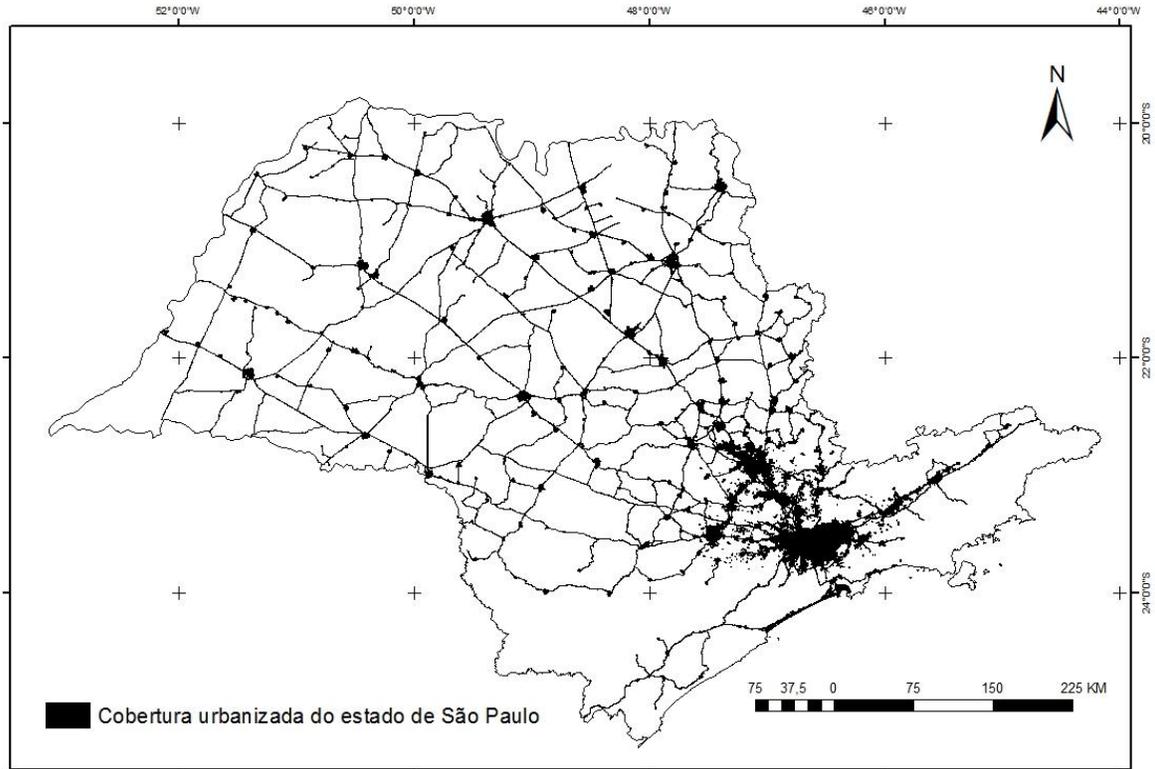
**Figura 5 - Aterros georreferenciados do estado de São Paulo em 2011.**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Seguindo a mesma lógica, foi adicionado o arquivo formato “*ShapeFile*”, contendo a cobertura urbanizada do estado de São Paulo, e com auxílio de imagens de satélite foi possível a inclusão dos pontos nos centros dos municípios.

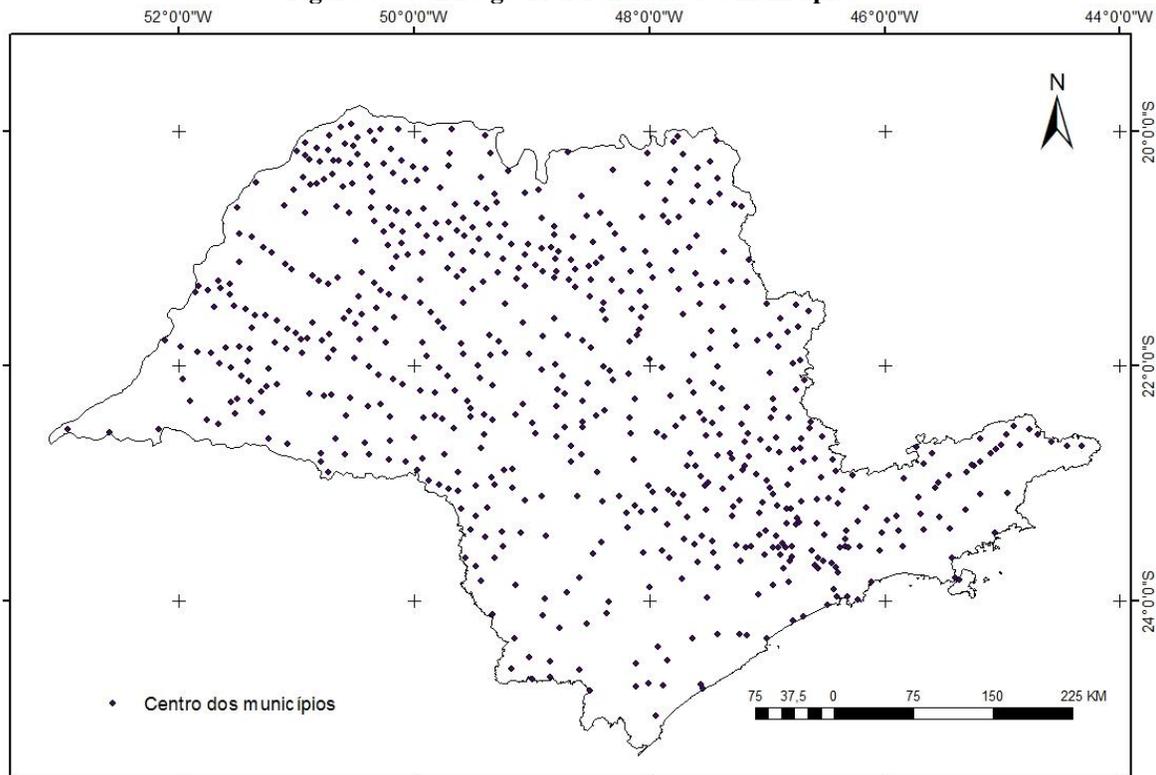
**Figura 6 - Cobertura urbanizada do estado de São Paulo**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Para pontuar os centros dos municípios, a figura 6 demonstra a área urbanizada do estado, onde se refere a área construída, indicativa do centro, e com auxílio de imagens de satélite, houve a verificação dos centroides. Onde a partir da construção dos pontos nos centros dos municípios, foi possível obtenção da exportação para o arquivo “*shapefile*”.

**Figura 7 - Centro georreferenciado dos municípios**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

## 4.5 Obtenção das Rotas

Na obtenção das rotas, que denomina-se o ponto do centro do município até seu local da disposição final dos RSU, baseado nas imagens de satélite para adquirir as vias utilizadas pelos transportes de RSU na disposição final, na qual interliga-se os pontos por meio do polígono “linha”.

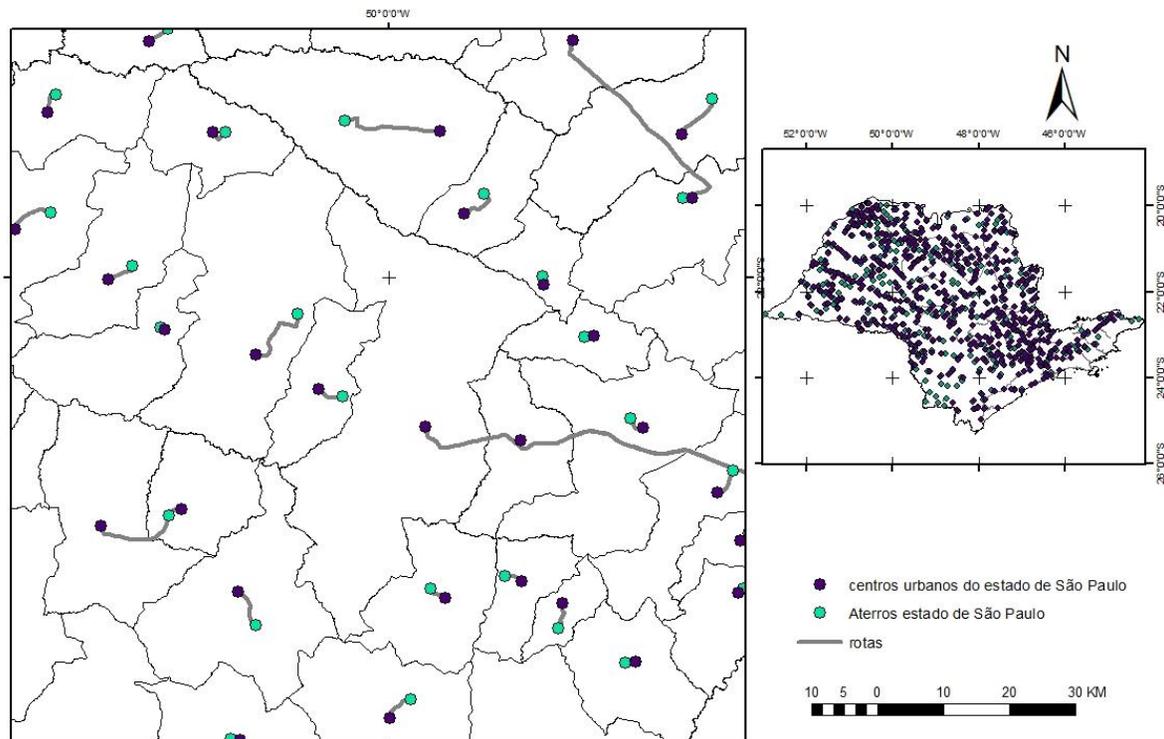
Na **Figura 8**, refere-se ao um exemplo de rota, onde interliga-se os pontos do centro do município, centro denominado pela zona comercial do município, ao ponto referenciado do aterro, pelo polígono linha, que é designado por rota.

**Figura 8 - Rota criada partindo dos pontos, para o município de Araçatuba**



**Fonte:** Elaborado pela autora.

**Figura 8.** Rotas criadas para o estado de São Paulo



Fonte: Elaborado pela autora

#### 4.6 Determinação Econômica

Com base nas distâncias percorridas, é possível analisar a estimativa dos gastos gerados pelos caminhões movidos a diesel no ano de estudo, 2011. De acordo com a notícia publicada em 2011 da Transporte Brasil, no qual relatava o preço do diesel no ano em questão, sendo de R\$2,19 reais o litro, a estimativa do custo gerado pode-se calcular pela seguinte forma:

- Segundo Pascoal et al. (2010), onde em sua pesquisa relata que em média um caminhão de transporte de RSU, faz em média 3 a 4 km/L. Analisando esta estimativa e com a obtenção das distâncias percorridas, a correlação distâncias (Km)

por média da eficiência Km/L de um caminhão, é possível realizar a primeira parte da estimativa.

$$\text{Consumo médio} = \frac{\text{Distância Percorrida}}{\text{Litros}}$$

$$\text{Litros} = \frac{\text{Distância percorrida}}{\text{Consumo Médio}}$$

- Após o cálculo de litros feito pelo transporte de RSU, a seguinte expressão é realizada para determinação do custo relacionado as rotas produzidas.

Preço do Diesel (2011) X litros utilizados no ano de 2011

#### **4.7 Determinação da Emissão**

Para determinar a emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera, partindo das distancias percorridas pelos transportes de RSU, se faz necessário o cálculo estipulado pela SOS MATA ATLANTICA, com o uso da calculadora, no qual é inserido o número de quilômetros no mês, e estipula-se a taxa da emissão liberada para atmosfera.

A calculadora está estipulada para ônibus que utilizam como fonte abastecedora o diesel, contudo, de acordo com Bales et al. (2014), é estabelecido um padrão para veículos pesados, referindo ao consumo de diesel em veículos, sendo estabelecido que veículos como ônibus e caminhões se parecem pelo consumo e o gasto, concomitante emitindo a mesma taxa de CO<sub>2</sub> para atmosfera.

A escolha do uso da calculadora da SOS MATA ATLANTICA, fornece uma maior perspectiva do cenário com poucas margens de erros. Além disso, após o cálculo da estimativa de CO<sub>2</sub> emitido, ela fornece em unidades, o número de mudas de arvores nativas da mata atlântica, que na representatividade teriam de ser plantadas para que compensasse a emissão calculada.

## 5. RESULTADO E CONCLUSÃO

### 5.1 Estimativa das Distancias Percorridas pelos Caminhões de Transporte de RSU

A obtenção das rotas pelo método manual, é um processo demorado e de processamento dificultoso na operacionalidade devido ao uso das imagens de satélite.

O uso da ferramenta “*Field Calculator*” no ArcGis, no qual foi baseado nas rotas criadas, para o cálculo das mesmas, proporcionou a tabela 1, onde demonstra o enquadramento dos municípios que dispõe em seu devido aterro pelas classes de distancias.

**Tabela 1.** Classes de distancias/ Municípios que enquadram

Classes de distancias (Km)	Municípios que enquadram
0 a 2	58
2 a 5	217
5 a 10	140
10 a 20	81
>20	149

**Fonte:** Elaborado pela autora

### 5.2 Estimativa dos Gastos para a Disposição Final de RSU

Como apresentado anteriormente, cerca de 23% dos municípios dispõe de seus RSU cerca 20 km distante do seu centro e 9% dos municípios 0 a 2 quilômetros, essa diferença faz com que seja fundamental o cálculo do custo separado por município, por conta desse

modo foi calculado as despesas do transporte para cada município referente ao exemplo (**Tabela 2**), que demonstra a estimativa do gasto apresentado.

Tabela 2 – Custo gerado pelo transporte por dia

<b>Município</b>	<b>Quantidade RSU gerado (Ton/dia)</b>	<b>Km percorrido em 1 viagem</b>	<b>Quantidade de viagens (dia)</b>	<b>Total de km percorridos no dia</b>	<b>Litros consumido por dia</b>	<b>Custo gerado por dia</b>
Amparo	20,9	3,30776978	4	13,231	3,30	7,23
Barretos	54,6	5,54821351	11	61,030	15,25	33,39

**Fonte:** Elaborado pela autora

A tabela 2 apresenta o custo gerado para dois municípios exemplos, porem com valores reais. Após a análise de geração de custo para os 645 municípios presentes no estado de São Paulo, uma análise dos custos é gerado para o valor de um ano.

Os gastos relacionados ao transporte na disposição de resíduos sólidos urbanos no ano de 2011, estão em cerca de 20.661.905,23 reais no ano, para os 645 municípios que dispõe seus resíduos no aterro.

### **5.3 Estimativa da Emissão de CO<sub>2</sub> para a Disposição Final de RSU**

A geração de CO<sub>2</sub> proveniente do transporte de RSU, tem grande impacto ambiental, uma vez que sua alta concentração pode causar desequilíbrio no efeito estufa, onde séries de eventos climáticos podem ocorrer ao decorrer do tempo.

Na estimativa da emissão de dióxido de carbono, calculada pela SOS MATA ATLANTICA, que estipulou que cerca de 223,32 toneladas de CO<sub>2</sub> são emitidos no ano de 2011 pelo transporte de RSU movidos a diesel. No qual teriam que ser plantadas aproximadamente 1356 mudas de arvores nativas, para que compensasse a emissão de CO<sub>2</sub> gerada pelos transportes.

## 5.4 Conclusão

O uso de sistema de informação geográfica possibilitou analisar as distancias percorridas entre os centros urbanos e os locais de disposição final de RSU para o ano de 2011 em todos os municípios do estado de São Paulo.

Os resultados encontrados demonstram que cerca de 37,7 milhões de km foram percorridos pelos caminhões de coleta o que contabiliza aproximadamente 20.661.905,23 reais gastos com transporte de RSU. Além do impacto econômico, existe também o impacto ambiental, de acordo com nossas estimativas cerca de 223,32 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> foram emitidas por estes caminhões e para compensar estas emissões seria necessário replantar 1356 mudas de árvores nativas da mata atlântica.

Para o próximo ano desta iniciação científica, um de nossos objetivos é estender esta análise das distâncias dos centros urbanos até os locais de disposição final de RSU para o intervalo dos últimos cinco anos de dados disponíveis, o que representaria melhor a realidade da situação dos municípios paulistas. Além disso, em escala mais local, para o município de Campos do Jordão, pretendemos melhorar a rota realizada pelos caminhões de coleta de RSU dentro da área urbana, com o intuito de melhorar a sua eficiência.

O sistema de informação geográfica (SIG) mostrou eficiência ao que foi proposto no trabalho, com auxílio de suas ferramentas e extensões. A otimização de rotas, se mostra eficiente em trabalhos publicados, é de grande importância e relevância que fosse um encargo em municípios que buscam gestão ambiental integrada.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOTA, A.R.S; SILVA, N.M.S: Aspectos quantitativos dos resíduos sólidos. Panorama Mundial, Brasileiro e do Amazonas, 2016. Revista Observatório de la Economia Latinoamericana, Brasil. Disponível em: <<http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/br/16/ambiente.html>>. Acessado em: 17 de jul. 2017

APEOP, Associação Paulista de Empresários de Obras Públicas. Quadro da Gestão de Resíduos Sólidos no Estado de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.apeop.org.br/apeop/noticia/pac-165/quadro-da-gestao-de-residuos-solidos-no-estado-de-sao-paulo-664>> Acesso: 10 de jul. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 02, fev. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>, acessado em: 27, fev. 2017.

ASSUMPÇÃO, M.H.P. L. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos. São Paulo, CETESB, 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/34/2013/12/inventario-residuos-solidos-2016.pdf>> Acesso: 09 de jul. 2017

BALES, M.P; BRUNI, A.C.; DIAS, C; BARBORA, L.J; Relatório das Emissões Veiculares no Estado de São Paulo. p.145, CETESB, 2014. Disponível em:<[http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares\\_2014\\_VERS%C3%83O-DIGITAL.pdf](http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares_2014_VERS%C3%83O-DIGITAL.pdf)> acessado: 17 de jul. 2017

BALES, M.P; BRUNI, A.C.; DIAS, C; IDE, D. Relatório das Emissões Veiculares no Estado de São Paulo. p. 108, CETESB, 2012. Disponível em:<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2514350/mod\\_resource/content/1/relat%C3%B3rio%20CETESB%202012.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2514350/mod_resource/content/1/relat%C3%B3rio%20CETESB%202012.pdf)> acessado 17 de jul. 2017

BRASILEIRO, L.A; LACERDA M. G. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. v.13 – n. 4 - out/dez, p. 356-360, 2008.



Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n4/a02v13n4.pdf>>. Acessado: 05, fev. 2017.

BRAGA, J.O.N; COSTA, L.A; GUIMARÃES, A.L; TELLO, J.C.R. O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus. v.13 n. 4 p. 387-394, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522008000400007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000400007)>. Acessado em: 21, fev. 2017.

BRASILIA, Lei n. 11.107. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e de outras providências, 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm)>

CALCULADORA SOS MATA ATLANTICA, 2017. Disponível em:<<https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>>. Acessado 14 de Jul. 2017

CAMPOS, L.C.H.S; MASSARA V.M; ALMEIDA, F.G.V. Estimativa de Consumo de Diesel em Veículos Pesados. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=784&numeroEdicao=19>>. Acesso: 16 de jul. 2017

CÂMARA, G.; DAVIS, C. (Ed). Introdução: Porque geoprocessamento. São José dos Campos, INPE, cap.1, 2001. Disponível em:<[mtc-m12.sid.inpe.br/archive.cgi/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48](http://mtc-m12.sid.inpe.br/archive.cgi/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.13.48)>. Acessado: 19 de jul. 2017

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE. p.344, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2017

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação. In: Modelagem de Dados em Geoprocessamento INPE, 2001. cap.2-p.35. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/2modelo.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf)>. Acesso:11 de jul. 2017

CIDADES PAULISTAS. São Paulo, a terceira Maior Metrópole do Mundo. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cidadespaulistas.com.br/prt/cnt/mp-princid-565.htm>>. Acesso: 07 de jul. 2017

CUNHA, C.B. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. Departamento de Engenharia de Transportes. Disponível:<[file:///C:/Users/letic/Downloads/188-689-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/letic/Downloads/188-689-1-PB%20(1).pdf)>. Acessado: 17 de jul. 2017



DAMAEQ Damaeq Dávilla Industria Mecânica Ltda. Disponível em:<<http://damaeq.ind.br/produtos/coletores/caminhao-lixo-cp-damaeq/>>. Acesso: 19 de jul 2017.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). Portal de Estatística do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em:< <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>> Acesso: 08 de jul. 2017

INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICA POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS. Relatório final. 1. ed. 2011. Disponível em:< [http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/Inventario\\_de\\_Emissoes\\_por\\_Veiculos\\_Rodoviaros\\_2013.pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf)>. Acessado: 17 de jul. 2017

LIMA, R.S; LIMA, J.P; SILVA, T.V.V. Roteirização em arcos com um Sistema de informações geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos, Journal of Transport Literature Vol. 6, n. 2, pp. 180-196, 2012. Acesso: 19, fev. 2017.

MAGALHÃES, M.S.M.M. Otimização de rotas, 2011. Disponível em: <[http://paginas.fe.up.pt/~ee05135/Relatorio%20Final%20PDI/ee05135\\_Relatorio%20Final%20PDI.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~ee05135/Relatorio%20Final%20PDI/ee05135_Relatorio%20Final%20PDI.pdf)>. Acesso em: 27, fev. 2017.

NETA, M.A.V. Manejo de Resíduos Sólidos, Atlas de saneamento. IBGE, 2011. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096\\_cap9.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap9.pdf)>. Acessado: 05, fev. 2017.

OLIVEIRA, J.V.T.M, Sistemas de Informações Geográficas Aplicados na Otimização de Rotas para o Escoamento da Produção Florestal, Lavras-MG, 2015. Disponível em: < [https://onedrive.live.com/?authkey=%21ANKCA\\_Gz\\_rf6eS0&cid=F1133E491802847B&id=F1133E491802847B%21137&parId=F1133E491802847B%21119&o=OneUp](https://onedrive.live.com/?authkey=%21ANKCA_Gz_rf6eS0&cid=F1133E491802847B&id=F1133E491802847B%21137&parId=F1133E491802847B%21119&o=OneUp)> Acesso: 10, jul. 2017.

OLIVEIRA, M.C. Aplicação de geoprocessamento em estudo de rota para gasoduto. Belo Horizonte, 2005. Disponível em :< <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/mariacristina.pdf>>. Acessado 11 de Jul. 2017

PASCOAL, J.A.; OLIVEIRA, P.C.F. Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento, Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambiente. Curitiba, v. 8, n. 2, p. 131-144, abr./jun, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/letic/Downloads/academica-4276.pdf>>. Acesso: 10 de jul. 2017.

Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, edição 1, 2014. Disponível em: < <http://s.ambiente.sp.gov.br/cpla/Plano%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20do%20Estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo.pdf>> Acesso: 10 de jul. 2017.

PORTAL NOTICIÁRIO AMBIENTE BRASIL. Caminhões de lixo são os que mais emitem dióxido de carbono, 2011. Disponível em: <http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2011/10/24/75973-caminhoes-de-lixo-sao-os-que-mais-emitem-dioxido-de-carbono.html>. Acesso: 10 de jul. 2017.

PORTAL TRANSPORTE BRASIL. Preço Médio do Óleo Diesel Mantem-se Estável nos Últimos 30 dias, 2011. Disponível em: < <http://www.transportabrasil.com.br/2011/08/preco-medio-do-oleo-diesel-mantem-se-estavel-nos-ultimos-30-dias-diz-anp/> > Acesso: 10 de jul. 2017

REZENDE, J.H.; CARBONI, M.; MURGEL, M.A.T; CAPPS, A.L.A.P; TEIXEIRA, H.L et al. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). Engenharia Sanitária e Ambiental v. 18 n.1 p. 1-8, 2013 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522013000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000100001)> Acesso em: 27, fev. 2017.

ROCHA, A.C; MARTINS, M.P.P & SANTOS, C.B. Estimativa das Emissões de Dióxido de Carbono Proveniente da Aviação Civil Regular em um Dia Específico. Disponível em: < [http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2014/04/IV\\_Workshop\\_de\\_Mudan%C3%A7a\\_Climate%C3%A1ticas\\_2\\_redemet.pdf](http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2014/04/IV_Workshop_de_Mudan%C3%A7a_Climate%C3%A1ticas_2_redemet.pdf) > Acesso: 10 de jul. 2017.

SALLES, R.S; Estudo de Roteirização de Veículos com Apoio de um Sistema de Informação Geográfica – Contribuição para o Transporte Urbano de Empregados por uma Frota de Ônibus Fretada, 2013. Disponível em: < <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6175/1/Rosemberg%20Silva%20Salles.pdf> >. Acesso em: 16 de jul. 2017

SEPA, E.L; BORSARI, V; BALES, M.P; DIAS, C; SILVA, S.R. Relatório das Emissões Veiculares no Estado de São Paulo. p.69, CETESB, 2011. Disponível em: < <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/relatorio-emissoes-veiculares-2011.pdf> > acessado: 17 de jul. 2017

SEMULSP SECRETARIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (SEMULSP). Relatório de Gestão da Limpeza Pública. Manaus, 2004. Relatório de Gestão da Limpeza Pública do ano de 2006. Disponível em: < [http://semulsp.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2015/11/Proposta-do-PMGIRS\\_09.11.2015..pdf](http://semulsp.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2015/11/Proposta-do-PMGIRS_09.11.2015..pdf) > Acesso em: 19 de jun. 2017

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE DADOS DO EFEITO ESTUFA (SEEG). Setor de resíduos, 2016. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/10/2016-10-24-Nota-Methodologica-SEEG-4-0-Residuos.pdf> > acessado: 17 de jul. 2017

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). Portal de Estatística do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em: < <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas> > Acesso: 08 de jul. 2017



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

SPIGOLON, L.M.G. A otimização da rede de transporte de RSU baseada no uso do SIG e análise de decisão multicritério para a localização de aterros sanitários. São Carlos, 2015. Disponível em:<  
[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-02032016.../SPIGOLONLMG.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-02032016.../SPIGOLONLMG.pdf)>  
Acesso: 08. Jul. de 2017