



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

PIBIC-PIBITI/CNPq/INPE  
RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES  
[Referente ao período: abril 2020 a julho 2020]

**Número do Processo Individual:** 105781/2020-7

**Bolsista:** Rafaela Pereira Fernandes

**Orientador:** Dr. Jean Pierre Henry Balbaud Ometto

**Coorientador:** Victor Fernandez Nascimento

**Área:** Centro de Ciência do Sistema Terrestre

**Modalidade da bolsa:** PIBIC/INPE

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

RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

(PIBIC/INPE/CNPq)

PROJETO: 800353/2018-8 / PROCESSO: 105781/2020-7

Rafaela Pereira Fernandes (UFRGS, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: [f.rafaelapereira@gmail.com](mailto:f.rafaelapereira@gmail.com)

Dr. Jean P.H.B Ometto (CCST/INPE, Orientador)

E-mail: [jean.ometto@inpe.br](mailto:jean.ometto@inpe.br)

Victor Fernandez Nascimento (UFRGS/CEPSRM, Coorientador)

E-mail: [victorfnascimento@gmail.com](mailto:victorfnascimento@gmail.com)

Julho 2020

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. OBJETIVO.....	9
2.1. Objetivo Geral .....	9
2.2. Objetivos Específicos.....	9
3. METODOLOGIAS .....	10
3.1. Levantamento Bibliográfico.....	10
3.2. Banco de Dados por Município .....	10
3.3. Banco de Dados Espacial e Ajustes .....	12
3.3.1. Localização Espacial dos Locais de Disposição .....	12
3.3.2. Representação Espacial dos Centros Urbanos.....	13
3.3.3. Vias de Transporte .....	13
3.3.4. Ajustes.....	14
3.4. Utilização de Ferramenta SIG.....	15
3.4.1. Roteirização .....	15
3.5. Análise dos Resultados.....	16
3.5.1. Elaboração de Mapas, Tabelas e Gráficos.....	16
4. RESULTADOS .....	16
5. CONCLUSÕES .....	21
6. REFERÊNCIAS.....	23

## **Lista de Ilustrações**

Figura 01 - Recorte da Malha Viária para o município de Guaíba.	14
Figura 02 - Unidades de Disposição Final de RSU no estado do Rio Grande do Sul (2013-2018).	19
Figura 03 - Centros Urbanos e Unidades de Transbordo no Rio Grande do Sul (2013-2018).	20

## **Lista de Tabelas**

Tabela 01 - Exemplo de Dados Reunidos para as Unidades de Disposição de RSU no Rio Grande do Sul.	17
Tabela 02 - Importantes Aterros Sanitários consorciados no estado do Rio Grande do Sul	18
Tabela 03 - Total de Municípios por Método de Disposição Final de RSU no Rio Grande do Sul para os anos de 2013 e 2018.	21

## Resumo

O crescimento populacional e a mudança nos hábitos de consumo que vem ocasionando aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil e no mundo tornam essencial que se pensem alternativas para o gerenciamento eficiente desses resíduos. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) na busca por rotas mais eficientes de coleta e transporte de RSU são uma dessas alternativas, que se destacam em vista do alto custo desse transporte e do impacto da emissão de gases de efeito estufa (GEE) no ambiente. O presente estudo tem como objetivo calcular e analisar as distâncias percorridas para disposição de RSU no estado do Rio Grande do Sul, e as emissões de GEE decorrentes deste transporte. Serão utilizadas funções de roteirização através da ferramenta *Network Analyst* do software ArcGIS, para a criação do trajeto e cálculo das distâncias desde os centros urbanos ou unidades de transbordo municipais até as unidades de disposição final para cada município do estado. Com isso será possível estimar os gastos públicos e impactos envolvidos nesse transporte, e analisar a influência da adesão a unidades de disposição final compartilhadas no valor das distâncias percorridas.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos urbanos, transporte de resíduos, roteirização.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) está se consolidando cada vez mais como imprescindível na busca pela redução dos impactos da atividade humana sobre o meio ambiente. Em 2018 no Brasil foram geradas 79 milhões de toneladas de RSU, o equivalente a cerca de 216 mil toneladas diárias, das quais apenas 54,7% receberam a destinação adequada em aterros sanitários (ABRELPE, 2019). A Região Sul tem importante papel nesse cenário, tendo em vista que é a menor região do país e responsável pelo terceiro maior volume de resíduos coletados.

A região ainda destina mais de 6 mil toneladas, cerca de 29% dos resíduos coletados, para aterros controlados e lixões, que configuram formas de destinação inadequada dos resíduos, tendo em vista que não adotam as medidas necessárias para mitigação dos impactos ambientais decorrentes da degradação de RSU, como o controle da liberação de gases e a impermeabilização do solo para impedir a percolação de lixiviado (ABRELPE, 2019; ROSA et al., 2017). Em contrapartida, no quadro nacional a região Sul é a que possui a melhor relação em número de municípios do total com destinação adequada, dos 1.191 municípios da região, 1.040 dispuseram seus resíduos em aterros sanitários em 2018, só ficando atrás da região Sudeste em porcentagem de RSU coletados que recebem uma destinação adequada (ABRELPE, 2019).

A gestão de RSU deve envolver todas as fases, desde a geração até a disposição final, podendo ser divididos em cinco elementos funcionais deste sistema: (i) geração, (ii) separação e gestão na fonte geradora, (iii) coleta e transporte, (iv) separação, processamento e transformação e (v) destinação final (YADAV et al., 2016).

A fase de coleta e transporte é apontada como geradora de considerável impacto ambiental e grandes despesas, mas também é uma etapa com grande potencial de aprimoramento, através da melhora na eficiência das rotas, o que consequentemente diminui os custos de coleta e transporte. Isso se torna essencial tanto pela perspectiva ambiental como econômica.

Apenas no serviço de coleta urbana no Brasil são aplicados R\$ 10 bilhões por ano. De 2013 a 2018 foi registrado um aumento de R\$ 1,2 bilhões nos recursos

aplicado para coleta de RSU no país (ABRELPE, 2013; ABRELPE, 2019). E com o aumento na geração de RSU, devido ao aumento populacional e mudanças nos hábitos de consumo em centros urbanos, há uma maior movimentação dos caminhões de coleta e transporte dos resíduos até o seu local de destinação final, ocasionando grandes emissões de gases de efeito estufa (GEE) prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população.

Tendo em vista o quadro atual de gerenciamento de RSU no Brasil, o objetivo desta pesquisa foi analisar a destinação final e as distâncias para disposição de RSU em escala regional para o estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 2013 a 2018. O Rio Grande do Sul conta com um total de 497 municípios, distribuídos em uma área de mais de 280 mil km<sup>2</sup>, com a capital na cidade de Porto Alegre (IBGE, 2019). Cerca de 42% do total de RSU coletados no estado, incluindo os da capital e mais 136 municípios, são enviados para o maior aterro sanitário do estado conhecido como Central de Resíduos do Recreio, localizado no município de Minas do Leão, a cerca de 80 km de Porto Alegre e com capacidade para 25 milhões de toneladas de resíduo (Silva, 2020; SNIS, 2018).

As distâncias para disposição dos RSU serão calculadas utilizando *Sistemas de Informações Geográficas* (SIG's), que permitem o processamento de um grande volume de dados georreferenciados, com ferramentas que possibilitam a realização de simulações e outras análises espaciais complexas. Para a obtenção das menores distâncias de transporte entre os locais de geração e de disposição final de RSU, optou-se por ferramentas de roteirização, ou seja, que utilizam mapas e percursos digitais espacializados para o cálculo das melhores rotas.

A gestão adequada de RSU e a melhoria no sistema de coleta e transporte desses resíduos podem ser enquadradas em vários dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015 (UNITED NATIONS, 2015). Uma gestão adequada de RSU é um dos passos para (i) Cidades e Comunidades Sustentáveis e para a garantia de (ii) Boa Saúde e Bem Estar para a população, diretrizes expressas nos ODS 11 e 3.

Ao fazer uso de ferramentas de geoprocessamento para a determinação das melhores rotas para os caminhões de coleta de resíduos, promove-se o uso de ferramentas e processos inovadores na melhoria da infraestrutura urbana, adequando-se ao 9º ODS. Da mesma forma, ao buscar rotas mais eficazes que diminuam as emissões de GEE, observamos o Combate às Alterações Climáticas

retratado no 13º ODS. Como é bem retratado no ODS 11, pela Meta 11.6, a gestão de resíduos municipais e a atenção à qualidade do ar objetivam “reduzir o impacto ambiental negativo causado pelas cidades” (UNITED NATIONS, 2015).

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar as emissões de GEE e a distância percorrida pelos caminhões de transporte de RSU desde a área urbana até os locais de disposição final para todos os municípios do estado do Rio Grande do Sul.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Construir um banco de dados com as ruas e direções de vias para o estado do Rio Grande do Sul.
- Identificar a quantidade de RSU geradas pelos municípios e os locais em que esses RSU são dispostos.
- Elaborar o estudo de roteirização utilizando SIG para a disposição final em todos os municípios.
- Calcular as distâncias percorridas pelos RSU desde as áreas urbanas até os locais de disposição final.
- Analisar a quantidade de viagens necessárias entre as áreas urbanas dos municípios do Rio Grande do Sul e os locais de disposição dos RSU para estimar a emissão de GEE decorrente deste transporte.
- Analisar e comparar as emissões de GEE para o transporte dos RSU desde as áreas urbanas até os locais de disposição final para os municípios rio-grandenses.
- Discorrer através dos resultados encontrados nesta pesquisa, como contribuir para a diminuição das emissões de GEE e conseqüentemente dos impactos ambientais.

### **3. ETAPAS DESENVOLVIDAS**

#### **3.1. Levantamento Bibliográfico**

Realização de levantamento bibliográfico acerca de métodos de gerenciamento de RSU no Brasil e no mundo, buscando um cenário diverso sobre as possibilidades de aprimoramento dos sistemas de coleta e transporte de RSU. Dentre essas possibilidades se destaca a utilização de ferramentas SIG, na roteirização de caminhões de coleta e transporte de resíduos. Realiza-se também o levantamento bibliográfico de metodologias para utilização dos softwares SIG na criação e processamento dessas rotas.

#### **3.2. Banco de Dados por Município**

Uma etapa primordial do estudo foi a busca por uma base de dados, com informações referentes a geração e locais de disposição final dos RSU para todos os municípios do Rio Grande do Sul, para os anos mais recentes. Essas informações foram encontradas para a expressiva maioria dos municípios na base de dados coletados anualmente pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e disponibilizadas de maneira prática e acessível no programa SNIS - Série Histórica.

Apesar da natureza facultativa de preenchimento dos dados por parte dos municípios e unidades de gerenciamento de RSU, o SNIS vêm se consolidando como fonte de informações e avaliações da qualidade de serviços de saneamento desde 1995, gerenciado pelo Governo Federal, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento, com incentivos governamentais e de auxílio aos prestadores de serviços que colaborem com o preenchimento dos dados. Após a coleta as informações também passam por um processo de auditoria e verificação. No acesso aos dados foram definidos filtros quanto aos anos de interesse e tipo de unidade, e feito o download da tabela fornecida.

Em razão de o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul (FRANCISCO, 2013) ter sido primeiramente apresentado em fevereiro de 2014, segundo o site oficial, como consequência da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pela Lei Federal 12.305/2010 (BRASIL, 2010), foram escolhidos para análise os anos de 2013 a 2018. Dessa forma é possível desenvolver

uma visão do cenário anterior à apresentação do PERS-RS, até os anos mais recentes.

Os municípios abrangidos pela base de dados do SNIS para os anos de estudo foram comparados aos municípios que constam entre os dados do IBGE para o estado do Rio Grande do Sul. Concluiu-se que, dos 497 municípios do RS, cinco não apresentaram informações de geração e destinação final pelo sistema de coleta do SNIS para os anos de 2013 a 2018. Para estes municípios será realizada pesquisa individual em artigos e bases de dados oficiais do município para que sejam devidamente incluídos no estudo.

Como o estudo tem por objetivo analisar a distância para disposição final dos resíduos dentro do estado, os municípios que dispõem seus RSU fora do estado não serão considerados. Até o momento foram identificados nove municípios que dispõem seus resíduos no estado vizinho de Santa Catarina. São eles Barão de Cotegipe, Barracão, Dom Pedro de Alcântara, Mampituba, Marcelino Ramos, Morrinhos do Sul, Torres, Três Cachoeiras e Três Forquilhas.

Após aquisição dos dados, e feita uma análise inicial de sua aplicabilidade para o projeto, há a necessidade de aprofundamento na análise e correção desses dados. As correções se devem a irregularidade no preenchimento das informações para alguns municípios e unidades de disposição final e de transbordo dos resíduos, para os quais constam dados de geração e disposição para apenas alguns anos analisados, ou apresentam descontinuidade nos anos com dados de recebimento e operação. Essas correções serão realizadas após leitura de artigos e outras fontes de informação sobre o município ou local de disposição analisado.

Visando um resultado mais representativo possível, foram obtidas informações do fluxo de RSU para quatro tipos de unidades de gerenciamento de resíduos. Três delas são consideradas unidades de disposição final (aterros sanitários, aterros controlados e lixões), apesar de apenas os aterros sanitários serem locais preparados para lidar com os produtos resultantes do processo de degradação desses resíduos, como chorume e gás metano. As unidades de transbordo também foram incluídas como locais de disposição temporária, de onde os resíduos partem para os locais de disposição final permanente.

### **3.3. Banco de Dados Espacial e Ajustes**

O objetivo de utilizar ferramentas de geoprocessamento para elaboração de estudo de roteirização denota a necessidade de elaboração de base de dados espaciais para introdução no software de geoprocessamento escolhido. Optamos pelo *software* ArcGIS, e alguns dados georreferenciados como as localizações dos centros urbanos, locais de disposição final e temporária de RSU e de vias de transporte precisaram ser coletados e inseridos no software para análise.

#### **3.3.1. Localização Espacial dos Locais de Disposição**

Após levantamento bibliográfico de artigos científicos que tratassem da disposição final de resíduos no Rio Grande do Sul, não foram encontrados dados unificados da localização georreferenciada dos locais de disposição de RSU. Para organização dos dados do SNIS, visando o reconhecimento e distinção dos locais de disposição dos RSU apresentados na tabela de fluxo de resíduos no estado, foi utilizado o número representativo de cada unidade de disposição.

Para coleta da localização, coordenadas geográficas e outras informações de cada unidade foi acessado o site da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), e realizadas consultas por município ou empresa proprietária da unidade. As unidades de disposição final estão enquadradas pela classificação da FEPAM nos ramos de atividade listados abaixo:

- 3541,3 - Aterro Sanitário com Central de Triagem de RSU
- 3541,31 - Aterro Sanitário com Central de Triagem e Compostagem de RSU
- 3541,32 - Aterro Sanitário de RSU
- 3541,8 - Remediação de Área Degradada por Disposição de RSU
- 3541,9 - Monitoramento de Área Remediada ou Degradada por Disposição de RSU

Unidades de transbordo por sua vez aparecem enquadradas pela FEPAM nos seguintes ramos de atividade:

- 3541,1 - Central de Triagem e Compostagem de RSU com Estação de Transbordo
- 3541,11 - Central de Triagem de RSU com Estação de Transbordo
- 3541,2 - Estação de Transbordo de RSU

Muitos municípios com unidades de disposição final encerradas entre os anos de 2013 e 2018 passaram a ter essas unidades registradas como áreas degradadas em processo de remediação. Por meio da Licença de Operação e demais documentos registrados na FEPAM e disponíveis para visualização, foram encontradas as localizações em coordenadas geográficas para as unidades de disposição de resíduos no estado. Todas essas informações foram organizadas em uma tabela, a qual foi posteriormente transformada para o formato .csv para posteriormente inserir-la no software ArcGIS.

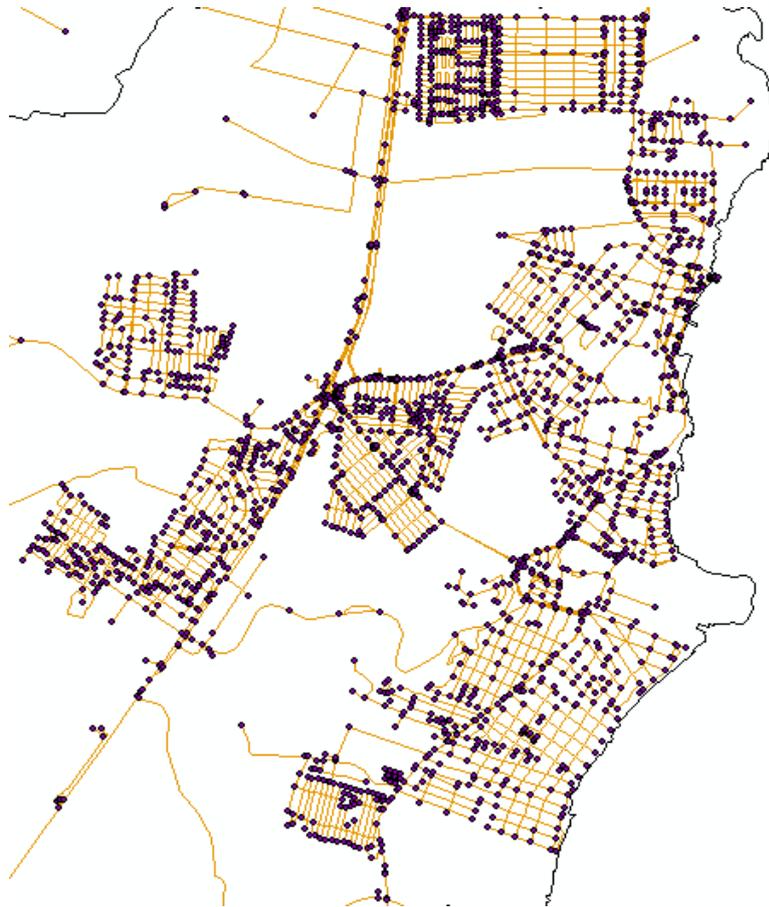
### **3.3.2. Representação Espacial dos Centros Urbanos**

Municípios que possuam unidade de transbordo municipal dentro dos limites dos centros urbanos terão as distâncias de transporte dos RSU calculadas a partir dessas unidades até os respectivos locais de disposição final. Para os demais centros urbanos será utilizada a base cartográfica da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Sema), Seção 9 - Localidades, que fornece uma posição para cada centro urbano e um arquivo com polígonos representativos das áreas edificadas.

### **3.3.3. Vias de Transporte**

Para a roteirização utilizando ferramentas de SIG há uma etapa essencial, de levantamento de vias de transporte, com suas características de elevação e direção de tráfego. Essas informações devem ser inseridas no software e devidamente corrigidas no caso de falhas, para que possa haver a roteirização sobre essa malha viária. A malha viária do Rio Grande do Sul foi adquirida pela base de dados do Open Street Maps, como podemos observar em recorte na Figura 01, e foi desenvolvida nessa base de dados por meio de mapeamento colaborativo. Dados geoespaciais desenvolvidos ou atualizados de modo colaborativo apresentam um grande volume

de dados e podem apresentar maior precisão quando comparados a dados oficiais desatualizados (WANG et al., 2013).



**Figura 01** - Recorte da Malha Viária para o município de Guaíba.

#### **3.3.4. Ajustes**

Alguns ajustes se fazem essenciais aos inserirmos os dados georreferenciados no software SIG. Parte destes ajustes também são devido a erros e imprecisões nas coordenadas fornecidas nas Licenças de Operação das unidades de disposição de resíduos. Aplicando-se a ferramenta *Basemap*, é possível observar onde estão localizadas as coordenadas para cada unidade de disposição, e se há uma unidade de disposição de resíduos naquele local. Para unidades encerradas e sob processo de remediação também utilizamos a ferramenta *Imagens Históricas* do Google Earth Pro para visualizar as condições do local em anos anteriores. Situações nas quais as coordenadas apresentadas não condizem com a localização das unidades tiveram de ser ajustadas.

Com a ferramenta *Basemap* também é possível observar a localização das ruas na malha viária, comparando com sua localização nas imagens de satélite. Uma análise inicial não localizou erros ou imprecisões na malha viária utilizada, porém no decorrer da análise do trajeto para disposição dos RSU de cada centro urbano serão corrigidas falhas que venham a ser observadas, através do processo de vetorização.

Outra etapa importante para o processo de roteirização utilizando a malha viária do estado e os pontos já localizados foi a escolha e definição de uma projeção cartográfica que contemple todo o estado. A definição de uma projeção é essencial para o cálculo de áreas e distâncias utilizando uma ferramenta SIG. Estudos voltados para a escolha de uma projeção que melhor representasse o estado do Rio Grande do Sul em sua totalidade, com o menor número de distorções, apontaram a utilização de sistemas de projeções LTM e RTM como as melhores soluções. Por abranger dois fusos UTM, esse sistema, apesar de muito utilizado, não se configura como o ideal para estudos nessa escala. Por objetivarmos o cálculo de distâncias, optou-se pela Projeção Cônica Equidistante Sul Americana em oposição às Projeções Cônica Conforme de Lambert e RTM/RS (ABREU, 2017; DALMOLIN; MAGRO; ROCHA, 1994).

### **3.4. Utilização de Ferramenta SIG**

A utilização de ferramenta do SIG permite o processamento de um grande volume de informações e eficiência na criação das melhores rotas de transporte de RSU. Para a análise da distância percorrida pelos caminhões para disposição de RSU, para cada um dos 488 municípios envolvidos (já desconsiderando os 9 municípios que enviam seus RSU para o estado de Santa Catarina), adotou-se a ferramenta *Network Analyst*.

#### **3.4.1. Roteirização**

A ferramenta *Network Analyst* permite a criação e realização de análises com base em um conjunto de dados vetoriais, que contém informações de ruas, direções de tráfego e tempo de transporte, onde podem ser processadas informações de maneira rápida. Com ele é possível empregar métodos de roteirização, ou seja, criação das rotas mais eficientes para um determinado deslocamento.

As diversas funcionalidades do *Network Analyst* estão sendo testadas, em busca de uma ferramenta que permita a criação simultânea das rotas de transporte de RSU para todos os centros urbanos e locais de disposição envolvidos, de sua origem para a destinação final específica.

### **3.5. Análise dos Resultados**

Com os resultados de distância para o transporte de RSU no estado, serão analisados diversos fatores, entre eles a adesão dos municípios a aterros consorciados nos últimos anos. Uma pesquisa realizada na Revista Brasileira de Cartografia em 2019 demonstrou o aumento das distâncias para disposição de RSU no estado de São Paulo, em decorrência do incentivo governamental a adesão dos municípios a aterros consorciados (MORAIS et al., 2019).

Os resultados também nos permitirão analisar o número de locais de disposição final de RSU inadequados em operação no Rio Grande do Sul, e a adesão dos municípios a aterros sanitários. Com os resultados de disposição e distâncias de transporte de RSU para cada município, serão feitas análises comparativas entre os anos de 2013 a 2018, ressaltando alterações ao longo dos anos.

#### **3.5.1. Elaboração de Mapas, Tabelas e Gráficos**

Concomitantemente à análise serão apresentados mapas, tabelas e gráficos representativos das condições de disposição de RSU no estado. Entre eles mapas do fluxo e locais de disposição final para cada um dos anos analisados, de 2013 a 2018. Será possível, portanto, observar as mudanças nas distâncias percorridas para disposição de RSU que ocorreram ao longo dos últimos anos.

## **4. RESULTADOS**

A **Tabela 01** exibe informações processadas a partir dos dados recolhidos junto a FEPAM, para algumas dentre as principais unidades de disposição final de RSU no Rio Grande do Sul, em operação entre 2013 e 2018. Ela serve de exemplo para o tipo de dado coletados no site da FEPAM para todas as unidades de disposição final ou temporária de RSU, além de outras informações como nome e CNPJ do proprietário. Essa vasta base de dados visa o processamento de informações acerca dos aterros

sanitários, aterros controlados, lixões e unidades de transbordo no Rio Grande do Sul neste período, possibilitando que sejam extraídas conclusões acerca da gestão de RSU no estado. Essas conclusões serão tomadas em conjunto com as informações da distância para disposição dos resíduos, utilizando as coordenadas geográficas como dados de entrada e adquiridas através do *software* ArcGIS.

**Tabela 01** - Exemplo de Dados Reunidos para as Unidades de Disposição de RSU no Rio Grande do Sul.

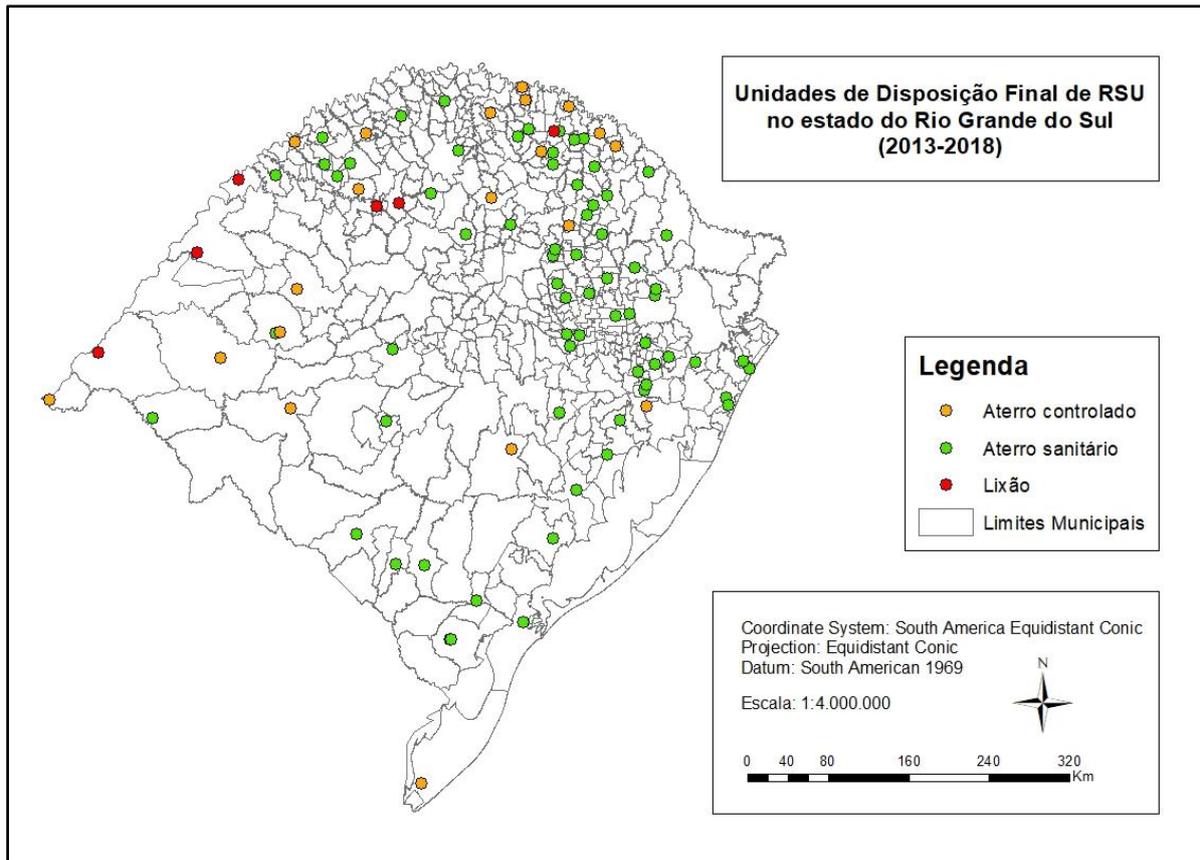
Município de Localização	Operador da Unidade	Ramo de Atividade (FEPAM)	Unidade	Lat	Long	Licença de Operação
São Leopoldo	Empresa privada	3541,32	3	-29,74609	-51,19574	01866/2020
Minas do Leão	Empresa privada	3541,32	606	-30,14866	-52,02492	02155/2020
Santa Maria	Empresa privada	3541,31	1.293	-29,65955	-53,86109	00920/2020
Serafina Corrêa	Empresa privada	3541,3	5.092	-28,74176	-51,93444	00925/2020
Giruá	Empresa privada	3541,32	5.706	-28,02820	-54,38914	03548/2020
Candiota	Empresa privada	3541,32	9.644	-31,56759	-53,72027	01590/2020
Palmeira das Missões	Empresa privada	3541,3	4.313.70 4.000	-27,86922	-53,24172	06615/2019
Seberi	Consórcio intermunicipal	3541,31	4.320.20 4.000	-27,43522	-53,41867	01229/2020

Podemos observar pela análise dos dados de geração e disposição final de RSU disponíveis pelo SNIS que as unidades cujos dados foram apresentados como exemplo são responsáveis pelo recebimento de 86% dos RSU dos municípios analisados, como pode ser observado na **Tabela 02**.

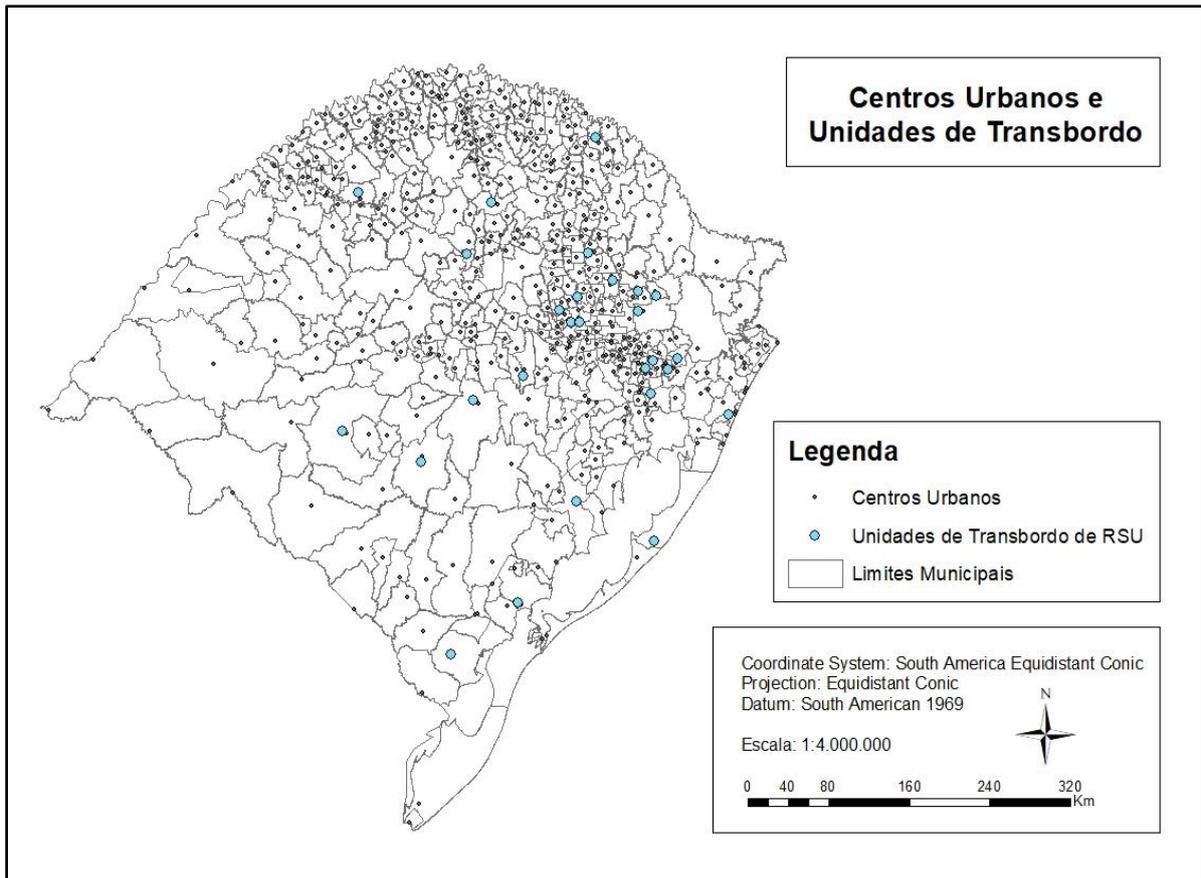
**Tabela 02** - Importantes Aterros Sanitários consorciados no estado do Rio Grande do Sul.

<b>Município de Localização</b>	<b>Anos em Operação entre 2013 e 2018</b>	<b>Quantidade de RSU recebida em 2018 (SNIS)</b>	<b>Porcentagem do Total Coletado no Estado (SNIS - 2018)</b>	<b>Número de Municípios Atendidos</b>
São Leopoldo	Todos	301.323,30	12,6	65
Minas do Leão	Todos	1157554,7	48,6	137
Santa Maria	Todos	143937,3	6	52
Serafina Corrêa	Todos	25483,4	1,1	26
Giruá	Todos	120.989,20	5,1	56
Candiota	Todos	244.304,80	10,3	30
Palmeira das Missões	Todos	37.350,00	1,6	21
Seberi	Todos	19368,4	0,8	30

Ao inserirmos as coordenadas geográficas das unidades de disposição final de RSU no *software* ArcGIS, e após realizados os ajustes, foi possível observar o mapa de pontos observado na **Figura 02**. As unidades de disposição final mapeadas no estado serão configuradas como o destino dos RSU durante o processo de roteirização e cálculo das distâncias para transporte desses resíduos. E os pontos de partida dos resíduos, na forma de centros urbanos e unidades de destino temporário dos RSU podem ser observados na **Figura 03**.



**Figura 02** - Unidades de Disposição Final de RSU no estado do Rio Grande do Sul (2013-2018).



**Figura 03** - Centros Urbanos e Unidades de Transbordo no Rio Grande do Sul (2013-2018).

A análise dos dados de disposição fornecidos pelo SNIS também nos permitiu verificar a adequação das unidades de disposição final de RSU dos municípios ao longo dos anos. As **Tabelas 03 e 04** informam sobre o total de municípios que dispuseram seus resíduos em aterros sanitários municipais, aterros controlados e lixões (que configuram como modos inadequados de disposição de RSU), aterros sanitários compartilhados por municípios, mas não pertencentes a consórcios intermunicipais, e aterros consorciados.

Essa análise considerou para alguns municípios mais de uma forma de disposição final em um mesmo ano, como ocorre para muitos municípios que dispõem seus resíduos em aterros sanitários, lixões ou aterros controlados municipais concomitantemente a disposição em aterros sanitários compartilhados localizados além dos limites municipais. Vale ressaltar que a disposição em aterros controlados consorciados foi registrada em ambos os campos para Aterro Controlado ou Lixão e Aterro Consorciado (foram registrados seis municípios em 2013 e 43 municípios em

2018). Foram considerados apenas os municípios com dados registrados no SNIS para aquele ano (amostra de 279 municípios em 2013 e 455 em 2018).

**Tabela 03** - Total de Municípios por Método de Disposição Final de RSU no Rio Grande do Sul para os anos de 2013 e 2018.

<b>Métodos de Disposição Final de RSU</b>	<b>2013</b>	<b>2018</b>
Aterro Sanitário Municipal	41	19
Aterro Controlado ou Lixão	29	50
Aterro Sanitário Compartilhado	200	375
Aterro Consorciado	15	100

Fonte: (SNIS, 2013 e 2018)

Podemos observar na comparação entre os anos um aumento na adesão a aterros sanitários compartilhados e aterros consorciados, quando observada a proporção de cada grupo sobre o total de municípios por amostra. Se em 2013 o número de municípios com aterros sanitários municipais correspondiam a 14,6% do total analisado, em 2018 esse número caiu para apenas 4,2%. Simultaneamente, houve um aumento significativo no percentual de municípios com adesão a aterros consorciados, de 5,4% para 22%, e um aumento um pouco menor para aterros sanitários compartilhados, de 71,7% para 82,4%. Nos dois casos os aterros sanitários compartilhados englobam o maior número de municípios.

## **5. CONCLUSÕES**

O gerenciamento e disposição adequados dos RSU se configuram como um dos principais desafios atuais da gestão pública. Muitas soluções já foram pensadas para reduzir os problemas e custos com o gerenciamento dos RSU, e incentivos governamentais buscam extinguir gradativamente locais de disposição inadequados e incentivar medidas colaborativas para a gestão de RSU.

A formação de consórcios públicos responsáveis por serviços de gerenciamento de RSU foi previsto no Art. 241 da Constituição Federal, porém foi

com a nº 11.107/05 que as normas gerais para contratação de consórcios foram definidas. Com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em agosto de 2010, a contratação de consórcios intermunicipais para gerenciamento de RSU passou a ser incentivada, e estes passaram a ter prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal. Essa política também instituiu a elaboração de planos estaduais, microrregionais, de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, municipais e intermunicipais de resíduos sólidos como condicionantes para os estados obterem recursos da União. Incentivou-se assim que os governos se voltassem para a gestão dos RSU.

Os resultados do incentivo à contratação de consórcios intermunicipais podem ser observados com o aumento da adesão a esse modo de gestão integrada de RSU, assim como da disposição em aterros compartilhados e consorciados. Além do incentivo federal, devemos levar em conta que o gerenciamento de um aterro sanitário municipal demanda muitos recursos e podem não apresentar todos os sistemas de redução dos impactos ambientais observados em aterros de maior porte.

Junto a isso também há o efeito conhecido como “NIMBY” (*Not in my back yard*), no qual se busca distanciamento entre os centros urbanos e os locais de disposição de seus resíduos, em decorrência dos impactos sociais negativos que podem decorrer dessa proximidade, como poluição visual e olfativa, liberação de gases tóxicos, contaminação do solo, de águas superficiais e do lençol freático pela infiltração de chorume, e proliferação de vetores transmissores de doenças (GOUVEIA, 2012).

Em estudo acerca das “Estimativas das Distâncias para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo” é apontado que o aumento na adesão dos municípios paulistas a aterros sanitários consorciados pode ter ocasionado o aumento nas distâncias para disposição final de RSU no estado (MORAIS et al., 2019). Uma consequência direta é o aumento na emissão de GEE no transporte desses resíduos. O objetivo principal deste estudo é o cálculo das distâncias para disposição de RSU no Rio Grande do Sul, e as consequências na forma de emissões de GEE. Em razão de o presente estudo ter tido início em abril deste ano, esse objetivo ainda não pôde ser alcançado, e muitos dos objetivos específicos se configuram como incompletos até o presente momento, ocasionando perda na capacidade de se desenvolver conclusões mais profundas acerca dos dados até o momento adquiridos.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama Dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**, 2019. Disponível em: <[www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br)>

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013**. São Paulo: **Grappa Editora e Comunicação**, p. 114, 2013.

ABREU, M. V. S. **AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DOS SISTEMAS DE PROJEÇÕES TRANSVERSAIS DE MERCATOR NA CARTOGRAFIA CADASTRAL NO BRASIL**. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

BRASIL, G. F. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, 2010.

DALMOLIN, Q.; MAGRO, F. H. S.; ROCHA, R. DOS S. DA. **PROPOSTA DE DEFINIÇÃO DE UMA PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA PARA MAPEAMENTO SISTEMÁTICO EM GRANDE ESCALA PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS. Licenciamento Ambiental: Consultas Genéricas. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Area1/default.asp>>. Acesso em: abril e junho 2020.

FRANCISCO, A. R. L. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

GOMES, A. P. et al. PANORAMA DOS CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Research Gate, II Simpósio Brasileiro Desenvolvimento Territorial Sustentável**, n. November, 2017.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados, Rio Grande do Sul: Área Territorial [2019]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/>>. Acesso em: 06 de julho 2020.

MORAIS, L. A. DE et al. Estimativas das Distâncias para Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 4, p. 960–982, 2019.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Consórcios Públicos: CONSÓRCIOS PÚBLICOS PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS QUE ENVOLVAM RESÍDUOS SÓLIDOS. Disponível em: <<https://mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/cons%C3%B3rcios-p%C3%BAblicos>>. Acesso em: 06 de julho 2020.

OSM, Open Street Map. Open Street Map. Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org/#map=9/-30.0144/-51.3858>>. Acesso em: maio 2020.

ROSA, B. P. et al. Impactos causados em cursos d'água por aterros controlados desativados no Município de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 2017.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Base Cartográfica do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/>>. Acesso em: junho 2020.

SILVA, N. F. DA et al. First order models to estimate methane generation in landfill: A case study in south Brazil. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2020.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Séries Históricas: Resíduos Sólidos. Ministério Do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional De Saneamento [SNS], Brasil, 2013. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: maio 2020.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Séries Históricas: Resíduos Sólidos. Ministério Do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional De Saneamento [SNS], Brasil, 2019. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: maio 2020.

UNITED NATIONS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável/Res/70/1**. [s.l: s.n.].

WANG, M. et al. QUALITY ANALYSIS OF OPEN STREET MAP DATA. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial**

**Information Sciences** Wang, M., Li, Q., Hu, Q., & Zhou, M. (2013). **QUALITY ANALYSIS OF OPEN STREET MAP DATA**. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensin**, v. XL-2/W1, p. 155–158, 13 maio 2013.

YADAV, V. et al. A Facility Location Model for MSW Management Systems Under Uncertainty: A Case Study of Nashik City, India. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 90–100, 2016.