

# PROPOSTA DE SUB-REGIÕES PARA AS ZONAS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

**Leonardo Mangia Rodrigues (UNIVERSIDADE CANDIDO  
MENDES (Campos dos Goytacazes) )**

profleonardomangia@gmail.com

**Rafael da Costa Jahara (COPPE )**

rdcjahara@gmail.com

**Manuel Oliveira Lemos Alexandre (SENAC )**

manuel.mlemos@gmail.com

**Lino Guimarães Marujo (COPPE )**

lgmarujo@poli.ufrj.br



*Este trabalho tem como objetivo propor uma nova configuração para as zonas de coleta de resíduos sólidos urbanos da cidade do Rio de Janeiro a partir da criação de três sub-regiões organizadas com base na densidade de geração de resíduos, extensão e distância até o ponto de destinação. A nova configuração é uma alternativa para a configuração atual, onde existem 18 gerências distribuídas pela cidade e responsáveis pela captação dos resíduos nas suas adjacências. O resíduo coletado por cada uma das gerências é posteriormente enviado para uma estação central, localizada no bairro do Caju, Rio de Janeiro. A partir do modelo proposto, será possível melhorar a gestão sobre as zonas de coleta, bem como reduzir custos e elevar a qualidade do serviço.*

*Palavras-chave: Sub-regiões, Resíduos, Zoneamento*

## 1. Introdução

Na medida em que os grandes centros urbanos aumentam sua complexidade e diversidade populacional, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) passa a ser um dos grandes problemas a serem enfrentados pelos governos e pela sociedade civil, haja vista que a falta de planejamento adequado a essa demanda nos países em desenvolvimento ainda é uma realidade. Tendo em vista que tal fenômeno possui convergência com os conceitos de sustentabilidade, e mais recentemente, com assuntos que envolvem logística reversa, mineração urbana, simbiose industrial e economia circular, cada vez mais essa temática tem sido fonte de preocupação dos governos, técnicos, pesquisadores e sociedade civil organizada. Os RSU são fontes de degradação ambiental e oferecem risco potencial ao ambiente (SOARES, 2011), no entanto, segundo a perspectiva social e econômica, é fonte de geração de emprego e renda para a parcela da população que se encontra em estado de vulnerabilidade social. A gestão deficitária dos RSU traz consequências negativas para as três esferas da sustentabilidade; nos aspectos sociais estão relacionados à proliferação de vetores que transmitem doenças, nos aspectos econômicos, ao custo de gestão e, nos aspectos ambientais em relação a poluição dos solos, da água e do ar, assim como na emissão de gases de efeito estufa, sendo este último um grande contribuinte para o aquecimento global (GODECK & WALERKO, 2015).

No Brasil, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em seu relatório “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016”, estimou que para o ano de 2016, foi gerado 78,3 milhões de toneladas de RSU, e que foram coletados 71,3 milhões de toneladas, tal registro aponta um índice de cobertura de coleta de 91% para o país, no entanto, 7 milhões de toneladas de RSU não foram objeto de coleta, ou seja, foram destinados de maneira imprópria. O índice de cobertura de coleta parece ser um indicador satisfatório, mas quando associado a outros indicadores urbanos, como por exemplo, o que aponta que 57,4% da população urbana do país não dispõem de tratamento coletivo de esgoto (ANA, 2018), percebe-se o grau de criticidade referente à gestão dos grandes centros urbanos. Três índices relacionados à economia do setor de RSU tiveram queda em relação ao ano de 2015. Os recursos aplicados pelos municípios tiveram uma queda de 0,7%, e foi cerca de R\$ 9,92 mensais por habitante; a geração de empregos apresentou queda de 5,7%, tendo perdas

de aproximadamente 17.700 postos de trabalho; e por fim, o mercado de limpeza urbana movimentou R\$ 27,3 bilhões de reais, apresentando uma queda de 0,6%. Estes resultados são reflexos de uma recessão econômica, associada a uma crise política e de gestão por parte da diminuição do orçamento público. Diante do cenário supracitado, e tendo em vista que a limpeza urbana faz parte da gestão pública, torna-se necessário buscar alternativas que maximizem a eficiência dos recursos utilizados na coleta e tratamento dos RSU.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei 12.305 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto nº 7.404/10, é considerada um marco regulatório no setor de resíduos sólidos e possui como diretriz a não geração, a redução, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (ABRELPE, 2015).

As variáveis ambientais, sociais, econômicas, tecnológicas, saúde pública, associada a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto entre os principais *stakeholders*, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público, são um dos principais elementos norteadores da PNRS (PNRS, 2010).

O objetivo deste trabalho é propor uma nova divisão da região atendida pela empresa responsável pela coleta dos RSU na cidade do Rio de Janeiro, a COMLURB – Companhia Municipal de Limpeza Urbana, vinculada à prefeitura do Rio de Janeiro e a maior empresa de limpeza pública da América Latina, em três sub-regiões, de modo que a nova configuração possibilite uma melhor gestão por parte da instituição e consequente redução de custos e melhoria da qualidade do serviço prestado.

## **2. Materiais e Métodos**

A região do estudo compreende uma região significativa da capital fluminense, com uma extensão de cerca de 300 km<sup>2</sup>, compreendendo bairros densamente povoados como a Ilha do Governados, Méier, Del Castilho e Penha, a região central, compreendendo a zona portuária, Centro, Tijuca, Rio Comprido e Vila Isabel, além da zona sul, compreendendo bairros como Ipanema, Leblon, Copacabana, Botafogo, Flamengo e Urca.

A COMLURB possui gerências distribuídas ao longo da cidade do Rio de Janeiro, responsáveis por coletar os RSU da região adjacente a gerência. Posteriormente, esses resíduos são encaminhados para a Estação de tratamento de resíduos (ETR Caju), onde recebem um processo preliminar de tratamento e triagem, para posteriormente serem encaminhados para a CTR (Central de tratamento de resíduos) no município de Seropédica.

A ETR Caju é responsável por atender 18 gerências distribuídas pelas regiões central, zona sul, Ilha do Governador, parte da Penha, Méier, Del Castilho. As diferentes regiões possuem perfis distintos no tocante a geração de resíduos. Pretende-se dividir as 18 regiões de atendimento em 3 grandes sub-regiões, de maneira igualitária no tocante a produção de resíduos e também na distância até o depósito (ETR Caju).

Visando identificar a região atendida pela ETR Caju e sua localização, foi utilizada a ferramenta *Google MyMapsem* com escala 1:1000, para obtenção da vista aérea do local. O mapa foi dividido de acordo com uma aproximação para os limites geográficos de cada região para posterior transcrição em quadriculas e uso do modelo.

Além disso, foi necessário utilizar dados relativos à geração de RSU de cada uma das gerências. O relatório utilizado possuía os valores diários coletados em cada gerência durante o mês de julho de 2018.

Posteriormente, os dados relativos à população de cada região foram obtidos para calcular a densidade de geração de resíduos. Essa densidade foi obtida dividindo-se a quantidade de RSU pela população da região, obtendo um indicador de unidade toneladas por habitante por mês.

Foi realizada uma visita às instalações da ETR Caju no dia 15/08/2018 para entender a dinâmica da coleta dos RSU da cidade do Rio de Janeiro. Durante o evento foram obtidos os dados e as informações pertinentes para realização do estudo.

O método utilizado para este trabalho foi o estudo de caso, que “é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”, (YIN, 2001, p.32). A pesquisa teve como foco principal a ETR Caju que atende 18 regiões de diferentes densidades. Assim sendo, os estudos de caso não procuram generalizar seus resultados, mas sim, procuram compreender e interpretar de modo mais profundo os fatos e fenômenos específicos. Apesar de que não possam ser generalizados, os resultados obtidos devem possibilitar a disseminação do conhecimento, a partir de possíveis generalizações ou proposições teóricas que podem surgir deste estudo (YIN, 2001). O estudo foi realizado com base nos relatórios gerenciais – de caráter confidencial - fornecidos pela gerência do ETR Caju.

### **3. Resultados**

Novaes (2016) apresenta um procedimento para divisão de uma determinada área em sub-regiões. Essa abordagem permite dividir uma determinada região em três porções de maneira igualitária.

O procedimento de Novaes (2016) permite que uma grande região heterogênea seja subdividida em três regiões menores, de modo que haja uma certa equidade entre extensão da região, distância até o depósito e demanda. Além disso, para que modelo seja executado, pressupõem-se que a região seja transcrita por meio de quadrículas perfeitas.

Neste sentido, o modelo de Novaes (2016) foi replicado em *Visual Basic Application – VBA*, por meio do *Microsoft Excel*, considerando a região apresentada na Figura 1, de maneira digitalizada e aproximada para quadrículas perfeitas, com um total de 329 quadrículas com área de 1 km<sup>2</sup>. Totalizando uma área de aproximadamente 320 km<sup>2</sup>.

Figura 1- Delimitação das Regiões

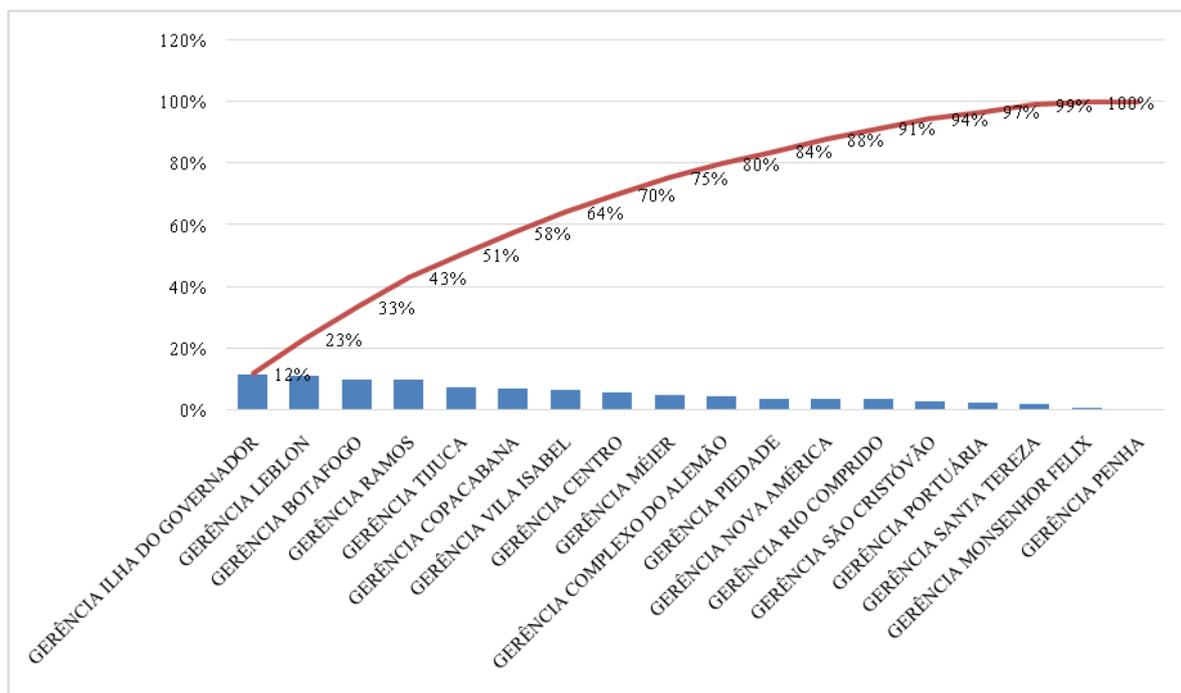


Fonte: os autores

As densidades médias mensais de geração de resíduo sólido urbano, nas regiões, oscilaram consideravelmente, variando desde 0,10 kg/hab/mês (Penha) até 278,67 kg/hab/mês (Ilha do Governador). Essa oscilação pode-se justificar pela possibilidade de a Penha ser atendida por outras gerências, em virtude do acesso mais fácil, enquanto a ilha do governador possui

acesso mais restrito e é atendida por apenas uma gerência. A Figura 2 apresenta a dinâmica de geração de RSU nas regiões atendidas pela ETR Caju.

Figura 2 – Distribuição de frequência por geração de RSU



Fonte: os autores

Percebe-se que a região mais geradora é a Ilha do Governador, em seguida as regiões da zona sul (Leblon, Botafogo, Copacabana), Ramos, Tijuca e Vila Isabel e Centro. Dentre as regiões menos expressivas estão São Cristóvão, Zona Portuária, Santa Tereza, Monsenhor Félix e Penha.

O depósito, ou seja, a ETR Caju, está localizada nas coordenadas  $x = 16$  e  $y = 11$ , no endereço Rua Carlos Seidl, 1388 - Caju, Rio de Janeiro – RJ. Objetiva-se, neste estudo, agrupar as 18 regiões atendidas com diferentes densidades de geração de resíduo em três sub-regiões com igual nível de produção média e ordenadas segundo a distância do depósito. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os dados coletados durante o mês de julho de 2018 sobre a coleta de resíduos sólidos urbanos nas regiões atendidas pela ETR Caju.

Tabela 1 – Regiões e densidade de geração de RSU

<b>Código da área</b>	<b>Região</b>	<b>Resíduo (ton/mês)</b>	<b>População</b>	<b>Densidade (kg/hab/mês)</b>
NG20G	Gerência Ilha Do Governador	5416,47	19437	278,67
SG06L	Gerência Leblon	5174,72	46044	112,39
SG04B	Gerência Botafogo	4660,43	82890	56,22
NG10R	Gerência Ramos	4524,6	40.792	110,92
SG08T	Gerência Tijuca	3423,41	163.805	20,90
SG05C	Gerência Copacabana	3188,89	146.392	21,78
SG09V	Gerência Vila Isabel	2987,46	86.018	34,73
SG02C	Gerência Centro	2742,56	41.142	66,66
NG13M	Gerência Méier	2364,97	49.828	47,46
NG29A	Gerência Complexo Do Alemão	2134,79	69.143	30,87
NG13P	Gerência Piedade	1812,17	43.378	41,78
NG12N	Gerência Nova América	1784,38	15.610	114,31
SG03R	Gerência Rio Comprido	1631,13	43.764	37,27
SG07S	Gerência São Cristóvão	1400,06	26.510	52,81
SG01P	Gerência Portuária	1112,99	12305	90,45
SG23S	Gerência Santa Tereza	1053,5	40.926	25,74
NG14M	Gerência Monsenhor Felix	380,54	98382	3,87
NG11P	Gerência Penha	8,26	78.678	0,10
Total		45801,33	1105044	41,45

Fonte: os autores

Cada uma das gerencias envolvidas na análise foram localizadas com auxílio do GoogleMaps e delimitadas suas fronteiras de atendimento, conforme apresentado na Figura 1. A região ilustrada na Figura 1 foi transcrita para o *software Excel* e transformada em quadrículas regulares. O resultado é apresentado na Figura 3.



O intervalo escolhido deve-se a velocidade baixa dos caminhões coletores de resíduos, além do fluxo de intenso de veículos na região, como o centro da cidade do Rio de Janeiro e vias da zona Sul.

Além disso, fixou-se o tempo de ciclo em 6 horas. O tempo de ciclo corresponde a soma dos tempos gastos na distribuição, ou seja, o tempo transcorrido desde a saída do veículo do depósito até o seu retorno. Neste estudo, corresponde ao tempo que o caminhão deixa a ETR Caju, vai até a gerência correspondente, realiza a coleta e retorna para a origem. Os dados fixos são apresentados na Tabela 2.

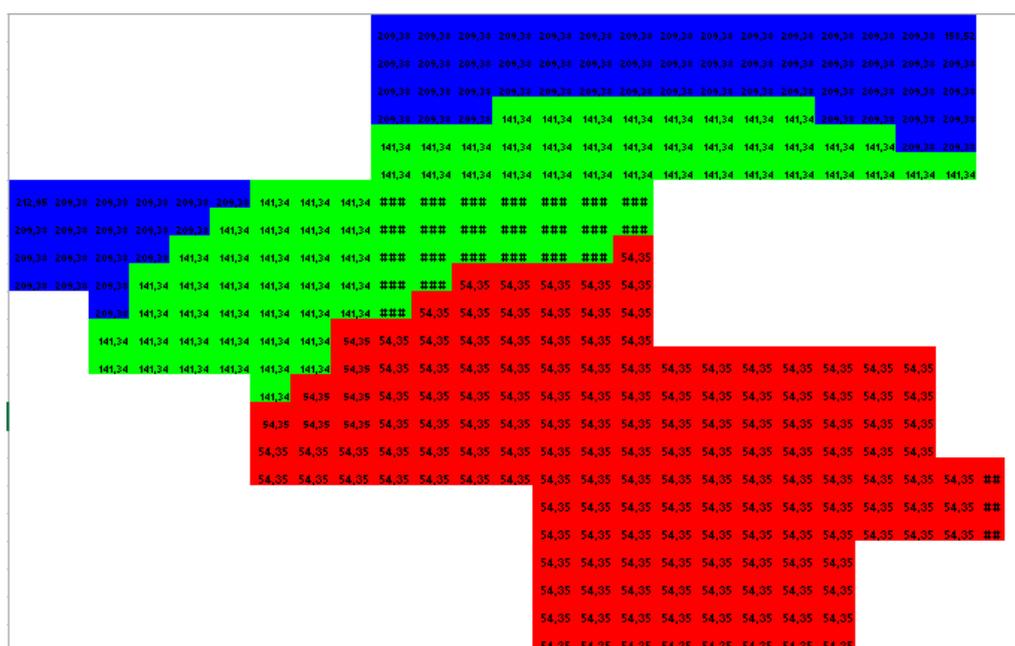
Tabela 2 – Dados fixos de entrada

Dados de entrada	Valor
Dimensão da Quadricula (km <sup>2</sup> )	1
Número de quadriculas (x)	30
Número de quadriculas (y)	30
Abscissa Origem (x <sub>o</sub> )	0
Ordenada origem (y <sub>o</sub> )	0
Abscissa do Depósito (x <sub>d</sub> )	16
Ordenada do Depósito (y <sub>d</sub> )	11
Tempo de Ciclo em horas	6
Distância do ponto próximo ao depósito (km)	1
Distância do ponto distante ao depósito (km)	20

Fonte: os autores

Para a velocidade do veículo de 25 km/h, a configuração obtida foi a da Figura 4.

Figura 4 – Sub-regiões para velocidade de 25km/h



Fonte: os autores

Os dados de saída são apresentados na Tabela 3. Percebe-se que a sub-região 1, de cor vermelha, apresenta maior área, cerca de 160 km<sup>2</sup>, a menor densidade de geração de resíduo, aproximadamente 54,35 kg/hab/mês e possui a menor distância média até o depósito, dado coerente pois essa região corresponde a região central da cidade, zona portuária, bairros da zona sul, além da Tijuca e bairros adjacentes.

A sub-região 2, verde, possui a segunda menor extensão, cerca de 96 km<sup>2</sup>, a distância média até o depósito de cerca de 14 km e a densidade de geração de resíduo bem acima da região anterior, de aproximadamente 140 kg/hab/mês.

A sub-região 3, azul, é a menor em extensão, com cerca de 70 km<sup>2</sup>, possui a maior distância média até o depósito, cerca de 17,72 km, porém a maior densidade, cerca de 209 kg/hab/mês. Essa região atende grande parte da Ilha do Governador e uma pequena extensão de Monsenhor Félix e da Penha.

O modelo agrupou a maior extensão da região com maior densidade (Ilha do Governador) com as de menor densidade (Monsenhor Félix e Penha), ressaltando o objetivo de gerar sub-regiões igualmente distribuídas para atendimento da demanda.

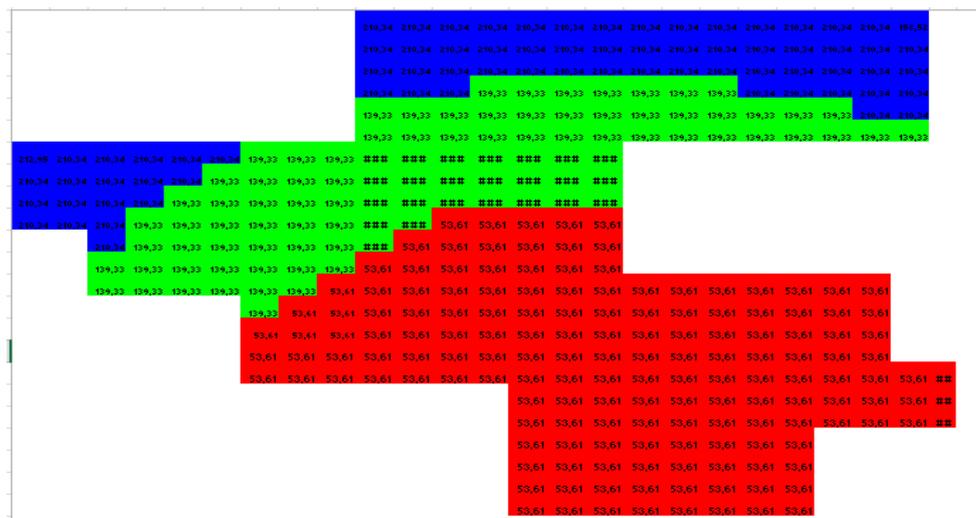
Tabela 3 – Resultados para 25km/h

Sub-região	Sub-região 1 Vermelha	Sub-região 2 Verde	Sub-região 3 Azul
Área (km <sup>2</sup> )	160	96	71
Distância média do depósito (km)	6,02	14,19	17,72
Densidade (kg/hab/mês)	54,35	141,34	209,37

Fonte: os autores

Novamente, para a velocidade de 30 km/h, buscou-se avaliar qual seria a configuração das sub-regiões. O resultado é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Sub-regiões para velocidade de 30km/h



Fonte: os autores

É possível avaliar que não houveram alterações significativas na configuração. A sub-região vermelha reduziu sua extensão em 2 km<sup>2</sup>, enquanto a verde e azul receberam cada uma 1km<sup>2</sup>. Esse fator pode ser entendido avaliando-se que com a velocidade maior é possível atender um número maior de demanda no mesmo intervalo de tempo, expandindo as fronteiras da região. Como a variação da velocidade foi baixa, a expansão da região também não foi significativa. Os dados obtidos para a configuração das sub-regiões estão apresentados na Tabela 4.

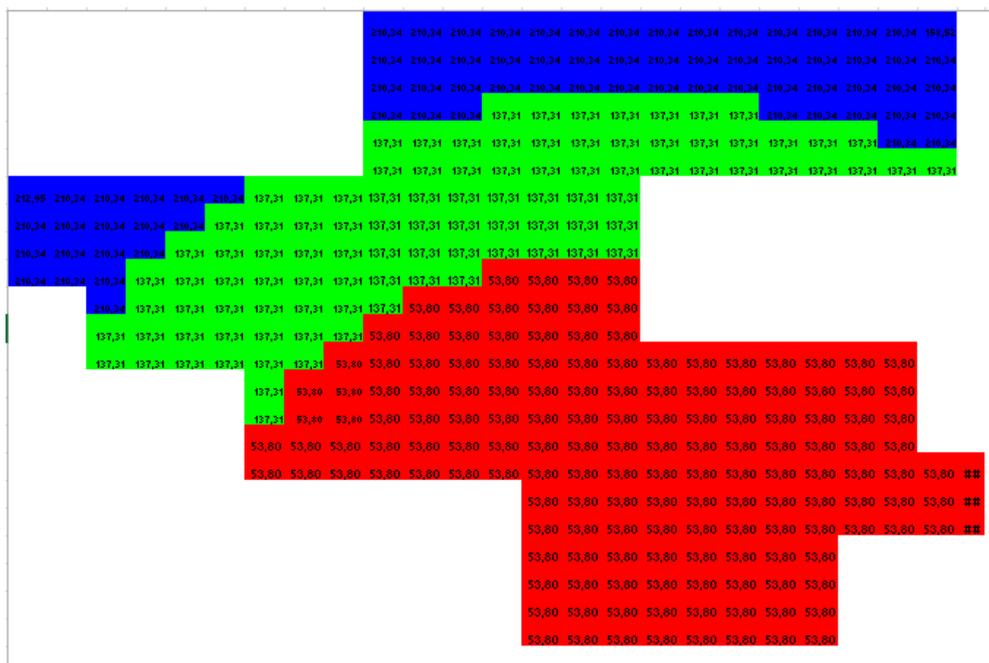
Tabela 4 – Resultados para 30km/h

Sub-região	Sub-região 1 Vermelha	Sub-região 2 Verde	Sub-região 3 Azul
Área (km <sup>2</sup> )	158	97	72
Distância média do depósito (km)	5,90	14,01	17,68
Densidade (kg/hab/mês)	53,61	139,33	210,33

Fonte: os autores

Para a velocidade de 35 km/h, a configuração obtida é a da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 6 – Sub-regiões para velocidade de 35km/h



Fonte: os autores

Conforme discutido, a elevação da velocidade tende a reduzir a área da região com menor densidade e aumentar a área com maior densidade. A sub-região vermelha sofreu redução (2km<sup>2</sup>), a sub-região verde recebeu esses dois km<sup>2</sup>, enquanto a azul permaneceu constante. Os resultados estão apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

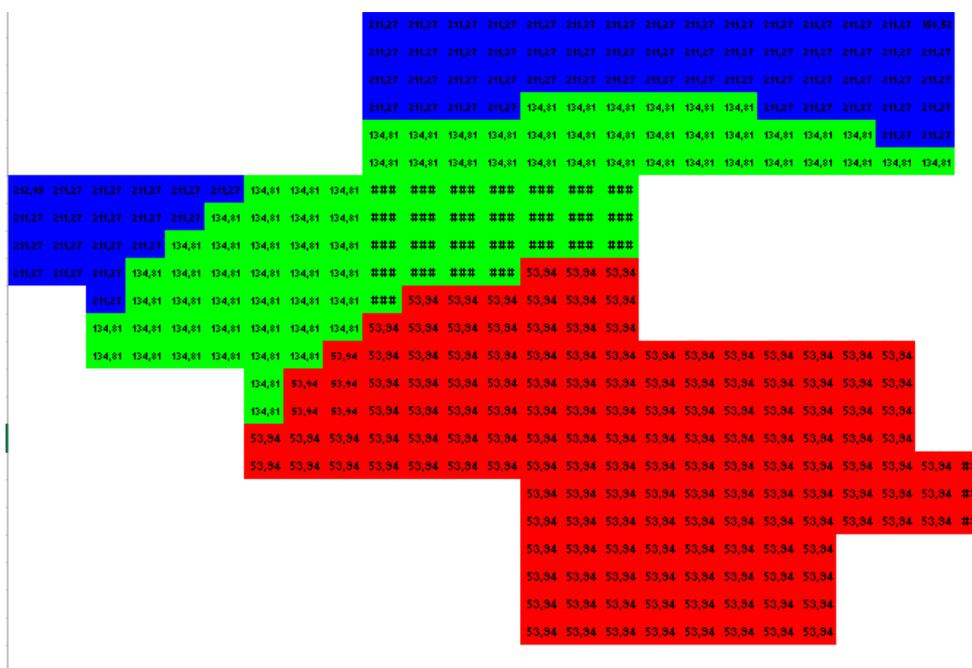
Tabela 5 – Resultados para 30 km/h

Sub-região	Sub-região 1 Vermelha	Sub-região 2 Verde	Sub-região 3 Azul
Área (km <sup>2</sup> )	156	99	72
Distância média do depósito (km)	5,85	14,07	17,68
Densidade (kg/hab/mês)	53,79	137,30	210,33

Fonte: os autores

Para velocidade limítrofe média de 40 km/h, a Figura 7 apresenta a configuração.

Figura 7–Sub-regiões para velocidade de 40km/h



Fonte: os autores

Nesse caso, a região vermelha sofreu redução de 1 km<sup>2</sup>, que foi “transferido” para a azul. A região verde permaneceu inalterada. Os resultados são apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 6 – Resultados para 40km/h

Sub-região	Sub-região 1 Vermelha	Sub-região 2 Verde	Sub-região 3 Azul
Área (km <sup>2</sup> )	155	99	73
Distância média do depósito (km)	5,84	14,03	17,65
Densidade (kg/hab/mês)	53,94	134,80	211,27

Fonte: os autores

A partir dos resultados, é possível perceber que a densidade e a área de extensão são inversamente proporcionais no tocante a divisão das sub-regiões. A sub-região 3 (azul) possui a maior densidade, cerca de 210 kg/hab/mês, porém a menor área, de cerca de 70 km<sup>2</sup>. Já a sub-região 1 (vermelha), recebeu a menor densidade, cerca de 53 kg/hab/mês e a maior área, aproximadamente 155 km<sup>2</sup>.

Além disso, ao haver variação da velocidade do veículo, a configuração das sub-regiões sofreu pequenas alterações. A sub-região vermelha mostrou sofrer redução de tamanho de extensão para o aumento da velocidade, oscilando de 160 km<sup>2</sup> (25km/h) para 155 km<sup>2</sup>

(40km/h). As sub-regiões verde e azul, por outro lado, aumentaram sua extensão de acordo com o aumento da velocidade.

É válido destacar que as regiões analisadas possuem acentuada desigualdade de densidade. Enquanto, por exemplo, a Ilha do Governador possui uma densidade de 278,7 kg/hab/mês, a região da Penha gera cerca de 0,1 kg/hab/mês.

Portanto, o modelo torna-se interessante pois permite a redução das 18 gerências utilizadas em apenas três grandes sub-regiões, capazes de atenderem a demanda atual. Essa redução, dentre outros benefícios, permitirá reduzir custos, melhorar o controle dos sistemas de coleta de resíduos, além de possibilitar novos estudos sobre dimensionamento da frota.

O modelo ainda forneceu informações importantes sobre a região analisada. É possível concluir que existe uma demanda mensal total de 37.412 toneladas de resíduos, a densidade de geração de resíduo é de 113,71 kg/hab/mês e a distância média global das sub-regiões até o depósito (ETR Caju) é de 13,74 km.

#### **4. Conclusão**

Este trabalho buscou apresentar uma nova configuração para a região de coleta de RSU atendida pela ETR Caju. Atualmente, tem-se a ETR Caju recebendo os resíduos gerados por 18 gerências distribuídas pelas regiões central, Ilha do governador, zona sul, Tijuca e adjacências, Penha, Méier e Del Castilho. O modelo propõe o agrupamento das 18 gerências em três grandes sub-regiões, distribuídas de maneira radical, iguais no tocante a densidade de produção de RSU e distância até o depósito.

As três sub-regiões poderão trazer uma série de benefícios para a empresa. Inicialmente destaca-se a redução de custos. As 18 gerências podem ser transformadas em apenas 3, reduzindo gastos com mão de obra, instalações, manutenção, supervisão, dentre outros.

Além disso, pode facilitar na gestão da coleta de RSU. Cada sub-região poderá ser melhor atendida e as responsabilidades de cada uma bem definidas, com limites geográficos mais precisos, elevando a cobertura de atendimento.

Foi possível avaliar diferentes cenários com base na velocidade dos veículos que percorrem a região. Os cenários foram traçados dentro de valores de velocidade coerentes com a realidade. Tem-se o Rio de Janeiro uma das cidades com maior volume de tráfego e congestionamento na América Latina, reforçando a velocidade reduzida dos veículos coletores.

As sub-regiões sofreram poucas variações no tocante a variação da velocidade. Conclui-se que a maior região em termos de extensão é aquela onde há menor densidade de geração de resíduos e a menor extensão corresponde a maior densidade.

Como sugestão de trabalhos futuros, torna-se relevante avaliar o dimensionamento da frota para atendimento das sub-regiões, visando avaliar se a capacidade da empresa no tocante aos veículos está adequada ou sofre com problemas de subdimensionamento ou superdimensionamento.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao CNPq pelas bolsas de mestrado e doutorado concedidas aos autores do trabalho.

### **Referências**

ABRELPE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2016.

\_\_\_\_\_. **Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil**. 2015.

BRASIL, PNRs. **Lei n 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei, v. 9, 1998.**

GODECKE, Marcos Vinicius; WALERKO, Vandressa Siqueira. Gestão de resíduos sólidos urbanos: Estudo do caso da reciclagem em Pelotas, RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 104-128, 2015.

NAIME, Roberto Harb; CHAVES, Iara Regina. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: o caso de Canoas, RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1430-1439, 2012.

NOVAES, Antonio. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Elsevier Brasil, 2016.

SOARES, E. L. S. F. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, v. 13, 2011.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2001.