



USO DO SIG NA ANÁLISE DE ROTA EFICIENTE PARA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE SAPEAÇU-BA

Herval Alves Ramos Filho⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

e-mail: hervalarfilho@gmail.com

Dr. Jesus Manuel Delgado Mendez 2

Mestrado em Resource Policy and Planning pela Cornell University, Doutor em Conservação de Recursos Florestais pela Universidade de São Paulo (ESALQ). e-mail: jesus@ufrb.edu.br

Rafael Brito Sampaio 3

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). e-mail: faelbrito@hotmail.com

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos representa um dos grandes desafios enfrentados pela sociedade e constitui um elemento fundamental para garantir um ambiente equilibrado. Diante da realidade de municípios de pequeno porte; ao fazer uso de instrumentos tecnológicos, a busca por soluções para problemas de rota se torna viável. O presente trabalho apresenta uma alternativa para a modelagem computacional de rota que auxilie a coleta de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), como importante ferramenta no manejo integrado de resíduos sólidos, onde a coleta é considerada um dos elementos-chaves desse processo, buscando minimizar custos em todas as fases do processo. O objetivo foi analisar as atuais rotas de coleta realizadas no município de Sapeaçu e apresentar uma alternativa tecnológica para o planejamento da coleta dos resíduos sólidos com maior eficiência. O trabalho foi realizado com auxílio de um receptor GNSS, câmera fotográfica, e softwares de SIG. A análise computacional apontou rotas alternativas mais eficientes que as realizadas atualmente, e após a implementação das novas rotas, o serviço de coleta e transporte de resíduos será aperfeiçoado, proporcionando um ganho no tempo de execução do serviço, econômico e principalmente ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: modelo computacional; rota de coleta; resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

Neste trabalho utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para modelagem da melhor rota de coleta de resíduos domiciliares do município de Sapeaçu-Bahia, como ferramenta técnica atrelada a um processo de manejo integrado de resíduos sólidos, no qual a coleta é considerada um dos elementos-chaves desse processo.

É importante destacar, assim como o fizeram Brasileiro e Lacerda (2002), que no Brasil os municípios de pequeno porte correspondem a grande maioria dos municípios brasileiros, e geralmente caracterizados por possuir população até 50 mil habitantes. Os autores ressaltam ainda, que esses municípios gerenciam seus sistemas de limpeza pública com soluções locais, os quais normalmente são limitados pela baixa disponibilidade dos recursos públicos, falta de capacitação profissional, de implementação de políticas públicas, e que devido aos elevados custos operacionais envolvidos no processo, pode ocorrer uma negligência de etapas importantes como a coleta de lixo.

O presente trabalho se concentra na coleta e no transporte como etapas de relevante importância na gestão de resíduos sólidos, que geralmente são ignoradas, ou no mínimo subestimadas no processo. A realização dessas etapas de forma desordenada e mal planejada pode conduzir, conseqüentemente, a um encarecimento desnecessário da gestão dos resíduos sólidos e a ineficiência do sistema utilizado. Economizar, desde as primeiras etapas de um complexo processo de manejo dos resíduos sólidos municipal, pode evitar o desperdício de recursos que poderiam ser melhor investidos na otimização do processo.

A pesquisa visa contribuir com o desenho da rota mais adequada para a coleta de resíduos, que possa somar-se ao planejamento adequado de gestão, processo este que já foi proposto pela equipe do Laboratório de Intervenção Socioambiental (LIS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), a qual vem dando apoio técnico com diagnósticos, preparação gerencial, intervenção educativa planejamento e implantação de sistemas, assim integrando todas as etapas, desde a separação dos resíduos em cada domicílio, até a destinação final dos diversos componentes, recicláveis ou não.

Neste sentido, a modelagem de uma rota destaca-se por representar um item importante da matriz de custos da coleta e do transporte, na qual pode-se planejar um conjunto de rotas com menor intervalo temporal, associada a um custo mínimo (GOIS, 2005). Para isso, este trabalho deu ênfase à experimentação do uso do Sistema de Informação



Geográfica (SIG), os quais têm se constituído uma importante ferramenta auxiliar de aspectos da gestão administrativa municipal, especialmente na modelagem de rotas da coleta e transporte dos resíduos sólidos gerados pela população, já aprovado por autores como Gonzalez (2015), Lorentz (2011), entre outros.

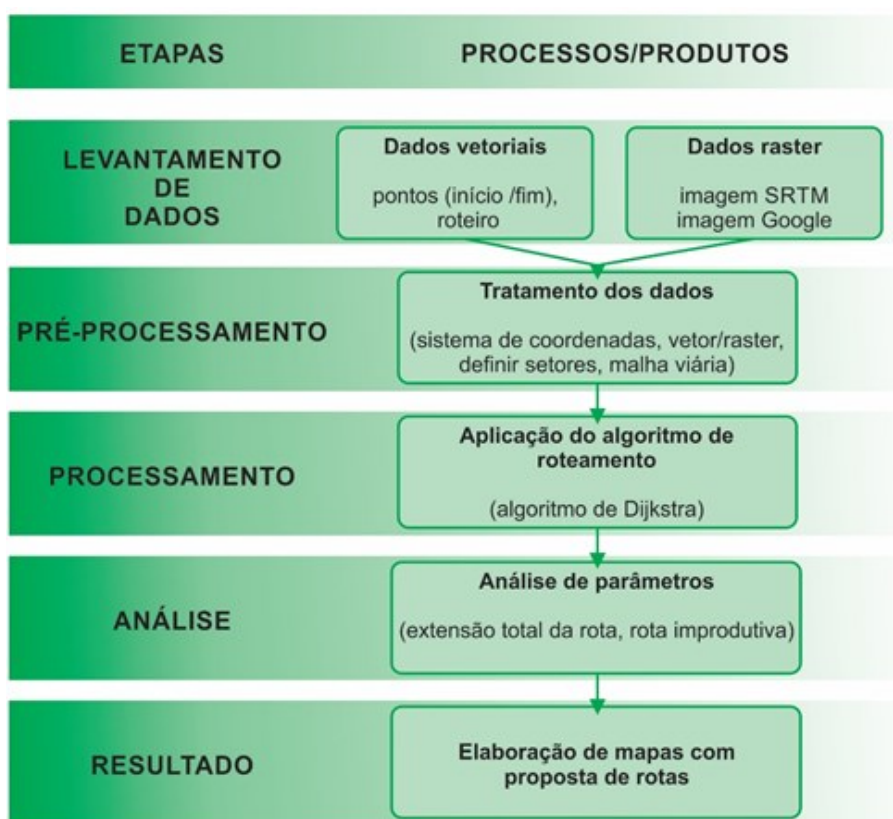
OBJETIVO

Testar a utilização da ferramenta SIG para identificar a rota mais eficiente para coleta de resíduos sólidos no município de Sapeaçu, no Recôncavo Baiano.

METODOLOGIA

Efetivou-se uma análise prévia do roteiro de coleta dos resíduos sólidos realizado pelos trabalhadores atualmente, com um intuito de permitir um embasamento à roteirização adequada à realidade, na qual os dados geográficos foram coletados com o auxílio de um smartphone contendo um receptor Global Navigation Satellite Systems (GNSS), acoplado ao veículo coletor de resíduos. À medida que a rota realizada no município era registrada, foi feito, simultaneamente, um registro fotográfico ao longo do percurso. A manipulação dos dados geográficos foi feita por meio dos softwares ArcGIS 10.1 e Google Earth Pro versão 7.1.5.1557; A figura 1 a seguir mostra o fluxograma metodológico com as etapas da realização do trabalho detalhando a execução de cada processo.

Figura 1: Fluxograma metodológico.

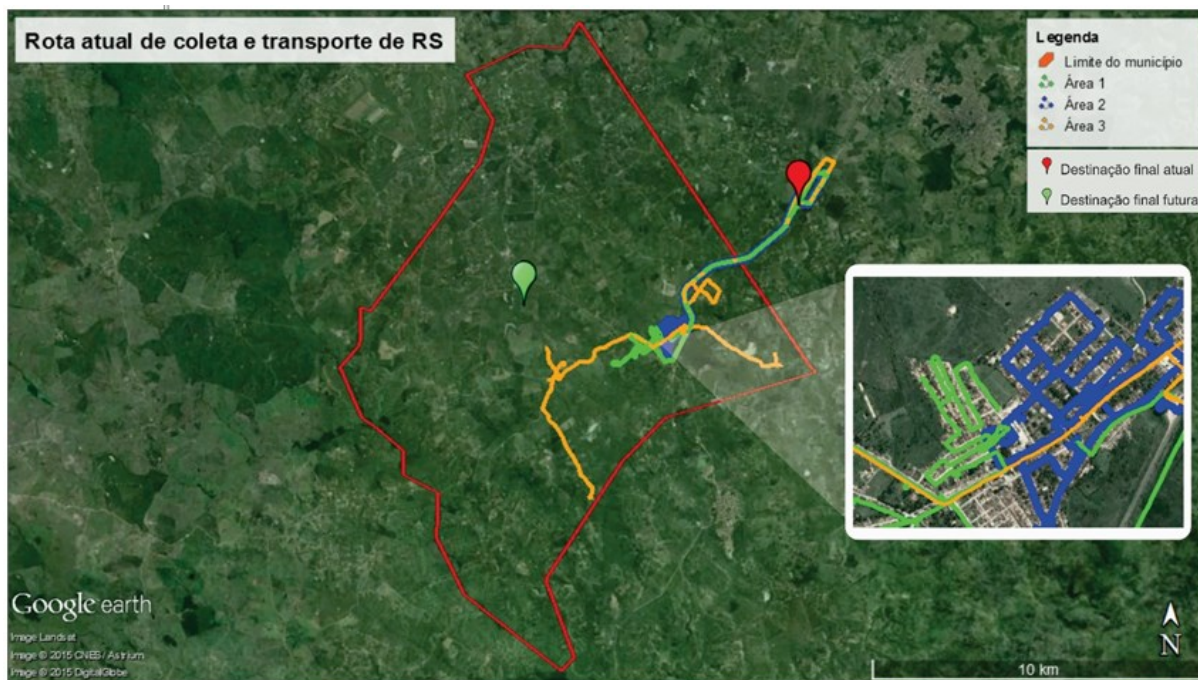


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após acompanhar a rotina atual, os dados de rota (Figura 2) mostraram a rota realizada atualmente, que abrange toda a zona urbana e parte da zona rural, as quais possuem densidade populacional diferente, o que demanda uma abordagem diferente ao propor um modelo de rota. A linha em vermelho corresponde a delimitação do município de Sapeaçu. Devido a isso, o presente trabalho buscou soluções para a zona urbana, onde a configuração das quadras e ruas ofereceu inúmeras possibilidades de percurso e com o auxílio do software, priorizou dar preferência à menor distância percorrida.



Figura 2: Rotas de coleta de resíduos sólidos realizadas atualmente no município de Sapeaçu-BA.



Com base em visitas a campo, constatou-se a ocorrência de sobreposição dos roteiros realizados pelos veículos, ocasionando percursos ineficientes em alguns trechos de cada setor.

O ponto destacado em vermelho na figura 2 representa o local atual da destinação final dos resíduos de Sapeaçu, distante cerca de 9 km da fonte geradora. Já o ponto em verde representa as futuras instalações da usina de triagem e compostagem do município, distante cerca de 3,88 km da fonte geradora. Verifica-se que após o funcionamento das novas instalações de destinação final de resíduos sólidos, bem como a implementação das novas rotas geradas através do SIG, o município terá uma economia considerável, tanto na coleta quanto no transporte de resíduos sólidos, a qual poderá ser reempregada em outros elementos que envolvem a gestão de resíduos sólidos.

Dados coletados junto à Secretaria de Infraestrutura do município mostraram a rotina semanal atual de coleta de resíduos sólidos domésticos, distribuída nos setores acima mencionados e que ocorreram de segunda a sábado, como mostra a tabela 1 a qual foi construída com base em informações presentes na programação da limpeza atualmente utilizada para a realização da coleta de resíduos.

Tabela 1: Rotina semanal de coleta de resíduos sólidos do município de Sapeaçu-BA.

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado	
Área 1	M				M				M			
Área 2		V		V		V		V		V		V
Área 3			M				M				M	
Área 4	M	V	M	V	M	V	M	V				

Onde: M= Matutino; V= Vespertino.

Com a implementação da nova rota proposta, a rotina semanal de coleta não será alterada, visto que, apesar de existir os problemas de rota, observa-se que o itinerário de coleta é realizado de forma adequada, em horários e dias alternados, enfatizando os locais de maior geração de resíduos. Colaborando com essa proposta, Ornelas (2011) enfatizou a importância de se definir os horários que estejam mais associados à realidade específica dos setores ou municípios onde a coleta será realizada.

A separação do município em setores/áreas também é importante para facilitar o processo de roteirização, bem como tornar os trabalhos de coleta e transporte mais eficientes. Um setor é definido por Ornelas (2011), como um conjunto de



itinerários geralmente delimitado por barreiras físicas ou naturais, limites de bairros ou regiões. A figura 3 mostra a disposição dos setores/áreas de coleta do município.

Figura 3 Setores de coleta do município de Sapeçu-BA.



Vale ressaltar que a coleta de entulhos representada na figura pela Área 4, que abrange toda parte urbana do município, não possui rota específica, a qual é realizada de acordo com solicitação junto à Secretaria de Infraestrutura de Sapeçu. A área 1, em vermelho é composta, em maioria, por domicílios; a área 2, em amarelo, corresponde ao centro comercial da cidade, setor que demanda uma frequência maior de coleta (segunda à sábado); a área 3, em branco representa parte da zona rural do município.

A divisão dos setores mesmo tendo sido definidas de forma empírica, não foi alterada durante a elaboração da proposta computacional e atende à demanda local, bem como a frequência de coleta e contempla os setores e suas particularidades (área 1 predominância de domicílios; área 2 concentração de comércio).

Uma das vantagens da automatização dos processos computacionais, é a possibilidade de constante reavaliação dos resultados proporcionando análises dinâmicas que se adequem a realidade da área de estudo. Aproveitando essa facilidade, o presente trabalho apresentou duas possibilidades de rota. A primeira proposta de coleta foi realizada percorrendo todas as vias do município onde houve a possibilidade de tráfego do veículo utilizado. A segunda proposta priorizou o tráfego apenas nas faces maiores de cada quadra, diminuindo o percurso do veículo por vias menores, cenário ideal para ser implementado após difundir as práticas de educação ambiental.

Foi realizado uma simulação de custos discriminados por cada setor ao longo do ano, envolvendo as propostas de rota apresentadas nos mapas, onde a tabela XXX corresponde a proposta XX e a tabela XXX corresponde a proposta XX, tomando as seguintes variáveis:

- Custo do combustível: R\$ 2,49;
- Custo de depreciação/manutenção: R\$ 1,00/litro de combustível;
- Distância percorrida por litro: 4 Km;

A partir da soma das distâncias percorridas nos percursos de coleta e rota de transporte em cada área multiplicada pelos dias de atividade, obteve-se a rota total percorrida. Adotando o custo do litro do combustível e o consumo médio do veículo, foi possível estimar os custos do combustível ao longo do ano, e adotando os custos de depreciação/manutenção de um terço do consumo de combustível foi possível estabelecer um custo com a manutenção do veículo expresso nas tabelas 2, 3 e 4. A tabela 2 mostra uma estimativa dos custos atuais das rotas executadas de forma empírica por parte dos trabalhadores, já as tabelas 3 e 4 mostram os custos referentes as propostas de rota obtidas por meio do SIG.

**Tabela 2: Dados econômicos da rota atualmente executada no município de Sapeaçu-BA.**

	Rota (Km/dia)	Dias de atividade	Rota total (Km/ano)	Combustível (ano)	Depreciação (ano)
Área 1	10,7	152	4.362,40	R\$ 2.715,59	R\$ 896,15
Área 2	9,3	307	8.381,10	R\$ 5.217,23	R\$ 1.721,69
Rota de transporte	18				
Total			12.743,50	R\$ 7.932,83	R\$ 2.617,83

Pode-se verificar na tabela 2 acima, o longo percurso da rota de transporte atualmente executado pelos servidores municipais.

Tabela 3: Dados econômicos da proposta de rota 1.

	Rota (Km/dia)	Dias de atividade	Rota total (Km/ano)	Combustível (ano)	Depreciação (ano)
Área 1	12,55	152	3.087,12	R\$ 1.921,73	R\$ 634,17
Área 2	8,74	307	5.065,50	R\$ 3.153,27	R\$ 1.040,58
Rota de transporte	7,76				
Total			8.152,62	R\$ 5.075,01	R\$ 1.674,75

A tabela 4 abaixo mostra a proposta de rota que pode ser implementada após a população adotar as práticas de educação ambiental.

Tabela 4: Dados econômicos da proposta de rota 2.

	Rota (Km/dia)	Dias de atividade	Rota total (Km/ano)	Combustível (ano)	Depreciação (ano)
Área 1	10,64	152	2.796,80	R\$ 1.741,01	R\$ 574,53
Área 2	7,47	307	4.675,61	R\$ 2.910,57	R\$ 960,49
Rota de transporte	7,76				
Total			7.472,41	R\$ 4.651,58	R\$ 1.535,02

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o presente trabalho alcançou os objetivos propostos, no qual apresentou o SIG como uma ferramenta viável na análise das rotas de coleta de resíduos sólidos, visto que ao analisar as atuais rotas adotadas foi possível propor uma nova rota com auxílio de algoritmos computacionais, buscando maior eficiência do serviço prestado. A partir dos dados apresentados, verificou-se que a atual rota para coleta de resíduos sólidos no município de Sapeaçu, atualmente é executada de forma empírica por trabalhadores municipais que conseguem desempenhar as atividades, apesar das dificuldades. No entanto, do ponto de vista econômico e administrativo, o atual sistema de coleta (incluindo o fato de não ser seletiva) tem gerado custos elevados para a gestão municipal, o que representa um grande obstáculo no que tange aos resíduos sólidos, não somente em matéria de rota, mas de resolver o problema ambiental.

Uma análise de rota de coleta, apesar de aparentemente simples, envolve vários elementos da gestão municipal (crescimento urbano, tipo e vida útil da frota de veículos, estado de conservação dos mesmos, plano diretor, recursos humanos, planejamento de tráfego, entre outros) e constitui um fator de grande relevância que se mostrou aplicável, pois proporciona um ganho na eficiência do serviço prestado.

Um outro aspecto a ser considerado, é que as rotas propostas neste trabalho terão muito mais eficácia quando, no processo de manejo integrado que se está preparando para o município pelo grupo de pesquisa do (LIS/UFRB), já tenha incentivado e implantado a coleta seletiva de resíduos, o que poderá elevar a eficiência na coleta e transporte dos volumes enviados ao aterro.

Apesar das limitações tecnológicas, o presente trabalho tem uma contribuição significativa no que se refere à gestão de resíduos sólidos, com possibilidades de aplicação nos demais municípios do Recôncavo. A implementação da nova proposta de rota deverá contribuir com o gerenciamento municipal, tanto na tomada de decisões, quanto na definição de estratégias efetivas em relação aos investimentos, recursos humanos, infraestrutura urbana e ordenamento territorial, principalmente se houver a integração à programas de coleta seletiva, redução do consumo, segregação comercial e transformação local de materiais rumo à reciclagem dos mesmos.



Nesse sentido, ao realizar estudos pioneiros com o SIG, Siqueira et al. (2009) salienta que “pouco é melhor que nada” e na maioria das vezes “quase nada é tudo o que se dispõe”, pois, as limitações fomentam a trabalhar com as ferramentas disponíveis.

REFERÊNCIAS

- GOIS, Bruno César Vieira. **Roteirização: uma comparação dos métodos de divisão e organização das rotas de coleta dos caminhões compactadores de lixo**. 2005. 61p. Monografia (Tecnologia em Logística) – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste – Centro Paula Souza, São Paulo, 2005.
- GONZÁLEZ, Gustavo Andrés Araque, **Informações Geográficas para transporte**. 2015. Dissertação de Mestrado. PUC-Rio.
- LORENTZ, Juliana Ferreira. **Aplicação de recursos de roteirização e redes na coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde**. 2011.
- ORNELAS, Adilio Rodrigues. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2011.
- SIQUEIRA, M. F.; DURIGAN, G., MARCO, Jr. P.; PETERSON, A. T. **Something from nothing: using landscape similarity and ecological niche modeling to find rare plant species**. Journal for Nature Conservation, v. 17, n. 1, p. 25-32, 2009.