

BANHEIROS PÚBLICOS, ONDE ESTÃO? PROBLEMA DE MÁXIMA COBERTURA: UM ESTUDO DE CASO**Danielle Durski Figueiredo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Sete de Setembro, 3165. Curitiba PR, CEP 80230-901.
durski@utfpr.edu.br

José Carlos Pereira Coninck

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Sete de Setembro, 3165. Curitiba PR, CEP 80230-901.
coninck@utfpr.edu.br

Raimundo Ronilson Leal do Rosário

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Sete de Setembro, 3165. Curitiba PR, CEP 80230-901.
ronileal@yahoo.com.br

RESUMO

Este projeto de pesquisa tem por objetivo mapear os banheiros públicos do bairro Centro do município de Curitiba-PR, analisando a situação de acessibilidade dos usuários no que se refere à distância máxima percorrida pelos mesmos até o banheiro público mais próximo. A análise se fez a partir de dados obtidos por órgãos públicos e empresas prestadoras de serviço à prefeitura do município e o modelo matemático do Problema de Máxima Cobertura foi implementado para a obtenção dos resultados que nos permite realizar uma avaliação da atual localização em relação a melhor localização, obtida nesta pesquisa de forma teórica, dos banheiros públicos. Diante dos resultados obtidos a metodologia poderá ser estendida aos demais municípios do país.

Palavra-chave: Otimização; Localização; Problema de Máxima Cobertura.

ABSTRACT

This research project aims to map public toilets in the Center neighborhood of Curitiba-PR, analyzing the accessibility situation of users with regard to their maximum distance to the nearest public toilet. The analysis was made from data obtained by public agencies and companies providing services to the city hall and the mathematical model of the Maximum Coverage Problem was implemented to obtain the results allowing us to perform an assessment of the current location in relation to the best location, obtained in this research theoretically, of public toilets. Given the results obtained the methodology can be extended to other municipalities of the country.

Keywords: Optimization; Localization; Maximum Coverage Problem.

Como Citar:

FIGUEIREDO, Danielle Durski; CONINCK, José Carlos Pereira; ROSÁRIO, Raimundo Ronilson Leal. Banheiros Públicos, Onde Estão? Problema de Máxima Cobertura: Um Estudo de Caso. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.

1. INTRODUÇÃO

É frequente em grandes centros o cidadão comum encontrar dificuldades de localizar um sanitário público. Este é um problema que afeta moradores, turistas, trabalhadores que atuam em áreas abertas, como garis, e até pessoas com problemas de saúde. Na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná, a situação não é diferente.

Ao organizar uma sociedade observa-se, entre outros fatores, a localização de facilidades. O termo “facilidades” representa instalações físicas de suporte, como fábricas, escolas, centros médicos, postos policiais e outros, que venham a atender seus usuários de forma eficiente levando em consideração a otimização dos custos. Tais custos podem ser, por exemplo: tempo de resposta, distância, custo de transporte, número de pessoas atendidas, entre outros. Em específico, o objetivo deste trabalho é determinar a distribuição ótima de banheiros públicos localizados no bairro Centro do município de Curitiba-PR, levando em consideração a distância percorrida pelo usuário até a facilidade mais próxima.

Para a realização deste trabalho foram utilizados os dados do Censo 2010 (IBGE) e da URBS- Urbanização de Curitiba S.A, empresa prestadora de serviços para a prefeitura de Curitiba-PR, ver referências (IBGE, URBS). Esses dados foram processados pelo software geográfico Quantum Gis para que conversões e adaptações fossem realizadas e então aplicadas ao modelo matemático do Problema de Máxima Cobertura para a obtenção das localizações dos banheiros públicos.

2. PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

De acordo com Fuller (1997), o Problema de Localização tem por objetivo escolher um conjunto de pontos de facilidades que “cobrem” um dado conjunto de pontos de demanda. Um ponto de facilidade cobre um ponto de demanda se este ponto de demanda está dentro de uma dada métrica (usualmente distância ou tempo) de um ponto de facilidade.

Como exemplo de aplicação do Problema de Localização de Facilidades cita-se a abordagem de Chang *et al.* (2007), o problema estudado envolve a quantificação ideal de instalações e suas respectivas localizações para *Area Processing Centers*, que são centros de processamento de informações do Exército dos EUA. Assim, o objetivo, nesse caso, foi reduzir o custo total de instalações e a infraestrutura de rede para garantir a segurança das informações.

Uma das versões do problema de localização e cobertura é o Problema de Máxima Cobertura (PMC) citado a seguir.

2.1 PROBLEMA DE MÁXIMA COBERTURA

O Problema de Máxima Cobertura (PMC) tem como objetivo localizar um limitado número de instalações para cobrir o máximo número de pontos de demanda, mas não necessariamente todos. Uma releitura do problema de Máxima Cobertura, conhecido com Problema de Cobertura de Conjuntos, é o caso em que se deseja atender toda a demanda e minimizar o número de instalações necessárias. Deve-se ressaltar que atender a demanda significa que o afastamento máximo, ou raio de cobertura S , entre os pontos de demanda e de

oferta seja respeitado.

O PMC foi introduzido por Church e ReVelle (1974). A formulação matemática do PMC é:

$$\text{Max } Z = \sum_{i \in I} a_i y_i$$

(1)

sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i, \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (3)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \forall j \in J \quad (4)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \forall i \in I \quad (5)$$

Onde: $N_i = \{j \in J / d_{ij} \leq S\}$, $\forall i \in I$; $x_j = 1$, se o vértice $j \in J$ for selecionado para se tornar uma instalação e $x_j = 0$, caso contrário; $y_i = 1$, se o vértice $i \in I$ é atendido por alguma instalação e $y_i = 0$, caso contrário; a_i indica a demanda no vértice $i \in I$ e p é o número de instalações a serem ativadas.

A função objetivo (1) maximiza a demanda coberta; a restrição (2) garante que um cliente será atendido, se existe pelo menos uma instalação localizada dentro da distância de cobertura. A restrição (3) limita a exatamente p o número de instalações localizadas e as restrições (4) e (5) definem que as variáveis de decisão são do tipo binário.

Como exemplo de aplicação pode-se citar Andrade e Cunha (2014), que abordaram um problema de planejamento de sistemas de atendimento emergencial, tendo como estudo de caso o município de São Paulo-SP. O trabalho propõe uma ferramenta de planejamento, para os gestores de serviços de atendimento móvel de urgência, que auxilia na localização de bases e na alocação de veículos. Nesse estudo os autores analisam, entre outros resultados, a situação atual apresentada e indicam a quantidade de bases necessárias para se reduzir o tempo de atendimento em até 11 minutos.

3. ESTUDO DE CASO: CURITIBA-PR: BAIRRO CENTRO

Curitiba, cuja pesquisa foi desenvolvida, é um município brasileiro, capital do estado do Paraná. Ocupa uma área de aproximadamente 432 km², com população estimada pelo último Censo no ano de 2010 de 1,765 milhão de habitantes.

Segundo Kowalski (2016), dos problemas que afligem os curitibanos, um há tempos causa desespero nos momentos de aperto: é a falta de banheiros públicos pela cidade, especialmente na região Central. Segundo informações da Prefeitura de Curitiba, a Capital conta com 113 banheiros públicos fixos que possuem 436 sanitários. O número é praticamente o mesmo de 10 anos atrás, quando a cidade possuía 106 banheiros públicos. Especificamente no bairro Centro da capital paranaense, se pode encontrar banheiros públicos, segundo informações divulgadas pela URBS, nos seguintes locais: Praça Osório, Centro Comercial Rui Barbosa, Arcadas do Pelourinho (Praça Generoso Marques) e Terminal Guadalupe.

A figura 1 mostra-nos o problema, o mapa de calor da intensidade de usuários nos

pontos com os sanitários instalados na região central de Curitiba e demonstra a intensidade do número de usuários referente ao ano-base 2017. Observamos uma maior intensidade de 418.154 usuários no terminal Guadalupe, em vermelho intenso, outros 307.389 usuários na Rua da Cidadania Matriz, 189.142 usuários nas Arcadas da Praça Osório, 159.376 usuários nas Arcadas do Pelourinho e 27.331 usuários nas Arcadas do São Francisco. O ponto com maior circulação e uso do sanitário foi no terminal Guadalupe.

A técnica estatística utilizada foi a krigagem, uma técnica de regressão espacial utilizado em geoestatística que fornece estimadores eficientes e não tendenciosos. O objetivo nesse estudo foi encontrar um possível gargalo no uso dos sanitários públicos no centro da cidade de Curitiba via estimação espacial dada pela técnica de krigagem. De fato, a disposição dos sanitários de uso comum central não está otimizada e não são suficientes para atender à demanda existente de transeuntes no local.

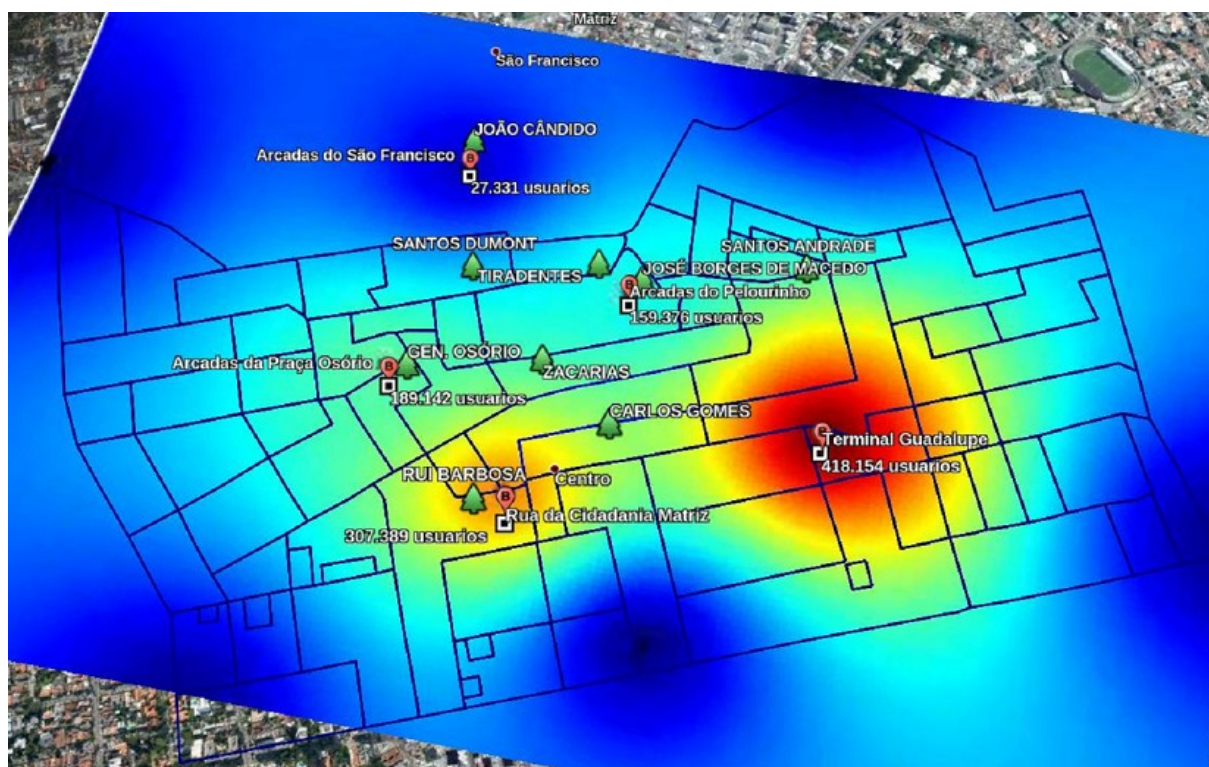


Figura 1- Mapa de calor dos banheiros instalados.

4. METODOLOGIA

A metodologia da localização consiste primeiramente na divisão da área em setores censitários. No levantamento censitário de 2010, o bairro Centro de Curitiba foi dividido em 78 setores censitários. A região em estudo foi considerada como um único grafo, cujos vértices foram localizados sobre o ponto central (centroides) de cada setor censitário.

Após a obtenção das coordenadas cartesianas de cada centroide, calculou-se a matriz de distâncias euclidianas em metros entre os mesmos. A distância euclidiana constitui, na maioria das aplicações reais, uma abstração útil para cálculos, pela simplicidade de representação analítica e pela sua característica de unicidade (Novaes, 1994). As distâncias euclidianas entre os 78 centroides dos setores censitários foram obtidas através do software Quantum Gis, versão 3.6.0 Ink. Como os percursos são feitos sempre ao longo de uma via de transporte, a distância euclidiana entre dois pontos não é equivalente à distância real entre esses pontos, sendo então um limitador para esta modelagem matemática.

A implementação do modelo do PMC foi realizada no software Lingo 18.0 na plataforma Windows 7, 64 bits. Os cálculos foram realizados para um raio de cobertura igual a 500 metros, pois se considerou uma distância razoável a ser percorrida pelo usuário até o banheiro público mais próximo.

Os resultados obtidos pelo modelo foram comparados com a localização real atual dos banheiros públicos no bairro Centro de Curitiba. Os resultados obtidos e as considerações finais, nesta pesquisa, são apresentados a seguir de acordo com a metodologia definida.

5. RESULTADOS

A fim de apresentar uma solução para a resolução do problema apresentado, foram criados alguns cenários e realizados testes para encontrar qual a melhor solução para a região em estudo.

O modelo matemático apresentou soluções ótimas múltiplas para cada cenário abordado. Desta forma, o critério para a apresentação da solução, dentre as múltiplas soluções, foi a escolha da solução mais próxima dos pontos de maior circulação de pessoas. Estes pontos foram determinados segundo o mapa de calor apresentado anteriormente na figura 1.

A tabela 1, a seguir, mostra os resultados obtidos para um raio de cobertura igual a 500 metros. A região em estudo foi considerada como um único grafo, cujos vértices foram localizados sobre o ponto central (centroides) de cada setor censitário.

Tabela 1: Resultados obtidos para raio de cobertura igual a 500 metros.

| Raio de Cobertura (em metros) | Número de Banheiros | Área de Cobertura (%) |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 500 | 4 | 75,99 |
| | 5 | 93,54 |
| | 6 | 100 |

Observa-se que para a localização de 4 banheiros públicos, obtém-se uma cobertura máxima de 75,99% da região em estudo. O quadro atual mostra que existem 4 banheiros públicos no bairro Centro do município de Curitiba-PR.

Com a localização atual destas facilidades, informada na figura 1, tem-se uma cobertura máxima de 66,20% da região. A figura 2 ilustra a comparação entre as localizações reais e teóricas dos 4 banheiros públicos.

Verifica-se, segundo a tabela 1, que para a localização de 5 banheiros públicos, obtém-se uma cobertura máxima de 93,54% da região em estudo.

A figura 3 ilustra a comparação entre as localizações reais dos 4 banheiros públicos e teóricas dos 5 banheiros públicos.

Para a obtenção de 100% da área de cobertura, são necessários 6 banheiros públicos. A figura 4 ilustra a comparação entre as localizações reais dos 4 banheiros públicos e teóricas dos 6 banheiros públicos.

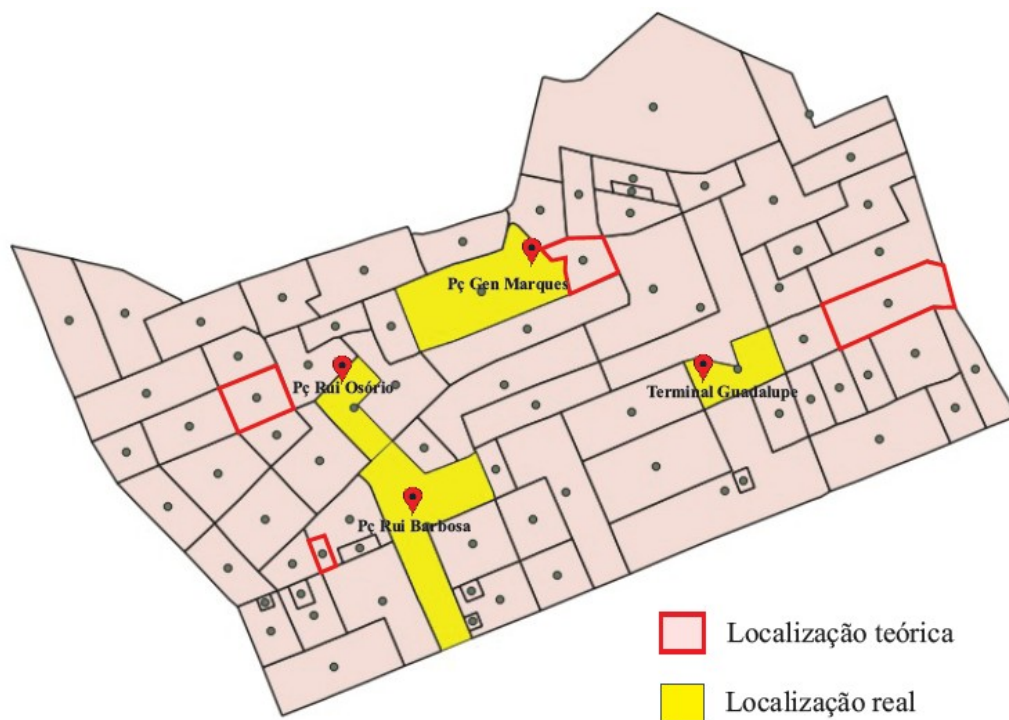


Figura 2- Localização Real X Localização Teórica de 4 banheiros.

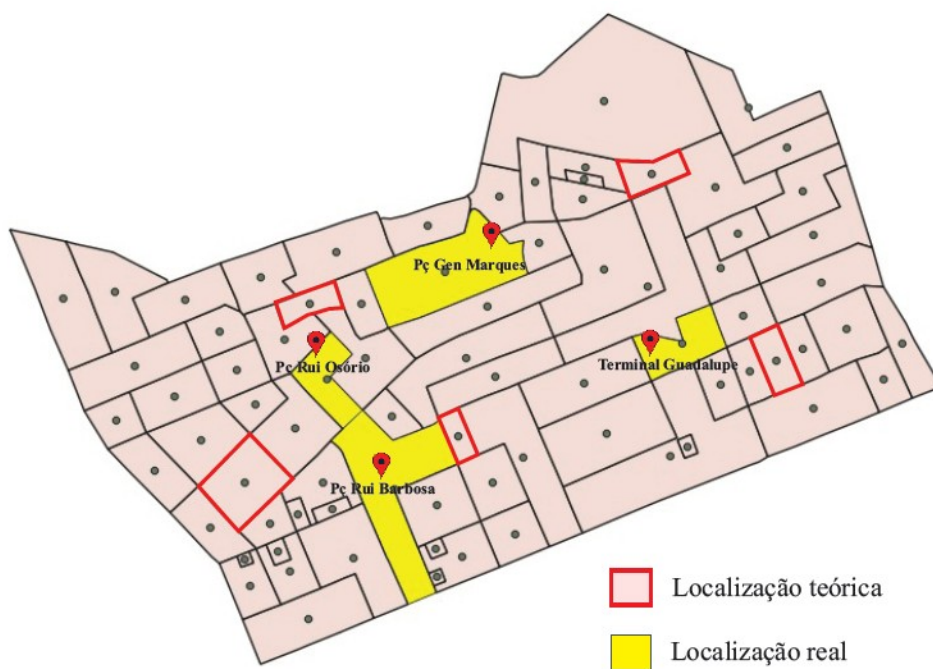


Figura 3- Localização Real X Localização Teórica de 5 banheiros.

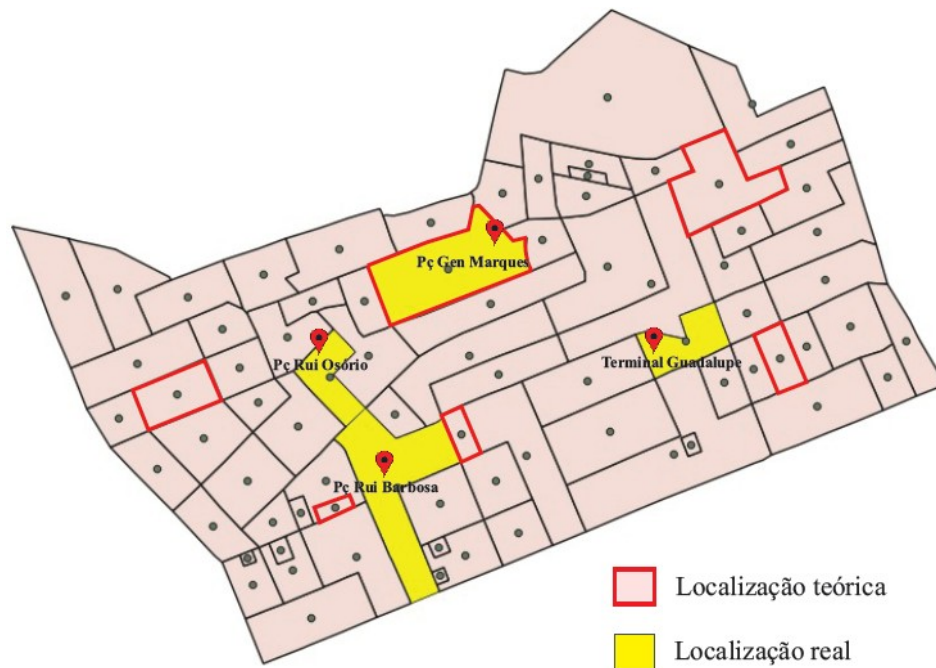


Figura 4- Localização Real X Localização Teórica de 6 banheiros.

Estudou-se outro cenário onde se considerou a localização dos 4 banheiros públicos existentes, determinando assim a melhor localização para a construção de mais 1 ou 2 banheiros a fim de se otimizar a área de cobertura.

Para este novo cenário, com a construção de mais um ou dois banheiros, obtém-se, respectivamente, uma cobertura máxima de 87,84% e 93,19% da área de cobertura.

A figura 5, a seguir, ilustra as localizações reais dos 4 banheiros públicos e a sugestão da localização para a construção de 1 ou 2 banheiros públicos.

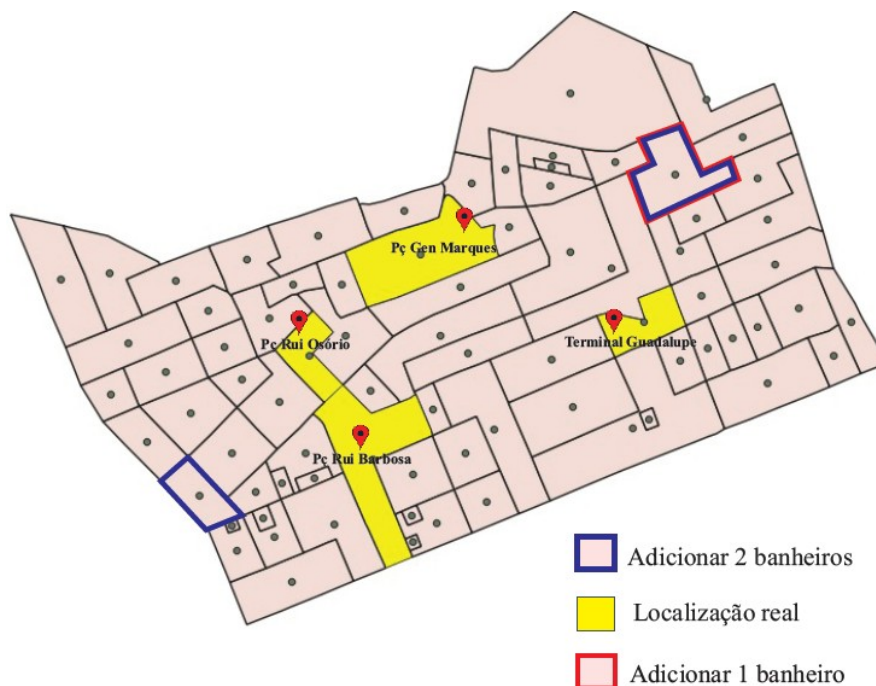


Figura 5- Cenário para a construção de 1 ou 2 banheiros.

6. CONCLUSÃO

O método adotado para se determinar localizações para implantação de banheiros públicos no bairro Centro do município de Curitiba-PR, utilizando-se o modelo matemático do Problema de Cobertura Máxima, encontrou-se boas soluções, indicando, desta forma, onde estão as melhores localizações para tais facilidades e viabilizando uma avaliação da atual situação.

Diante dos resultados apresentados, verifica-se que a atual localização dos banheiros públicos na região em estudo, apresenta uma diferença de cobertura de 9,79% em relação à melhor localização teórica, podemos concluir que os 4 banheiros estão localizados de forma adequada, mas há necessidade da obtenção de pelo menos mais uma localização contendo banheiros públicos. Percebe-se que a proposta da existência de 5 banheiros públicos no bairro Centro do município de Curitiba-PR seria apropriado, em regiões estratégicas, pois teria uma boa cobertura da região, de 93,54%.

Considerando os 4 banheiros existentes, com a construção, em locais indicados pelo estudo, de 1 ou 2 banheiros obtém-se uma melhora em relação a atual situação de 21,64% e 27,34% respectivamente.

Espera-se realizar um estudo que abranja toda a cidade de Curitiba, levando em conta a localização de praças, parques, bosques e outros que são locais mais apropriados para a localização de banheiros públicos devido ao alto fluxo de pessoas e melhores condições de segurança pública.

1. 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, L. A. C. G., CUNHA C.B. *Modelo de Apoio à Decisão para um Problema de Posicionamento de Bases, Alocação e Realocação de Ambulâncias em Centros Urbanos: Estudo de Caso no Município de São Paulo*. Revista Transportes, vol. 2:2, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v22i2.730>.
- [2] Chang, S. F., Susmit H. P. e James M. W. (2007), *An optimization model to determine data center locations for the army enterprise*. Military Communications Conference, 2007. IEEE.
- [3] CHURCH, R., REVELLE, C. *The Maximal Covering Location Problem*, Papers of the Regional Science Association, v. 32, (Dezembro 1974), p. 101 – 118. 1974.
- [4] FULLER, D. E. *Optimizing Airborne Area Surveillance Asset Placement*, Dissertação de Mestrado em Análise Operacional, Ohio: Air Force Institute of Technology, 1997.
- [5] IBGE (Censo 2010). Site: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>> Acessado em 22/03/2019.
- [6] KOWALSKI, R. L.. *Na hora do aperto, cadê o banheiro? Eles estão em falta em Curitiba*. Jornal online Bem Paraná, 2016. Site: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/na-hora-do-aperto-cade-o-banheiro-eles-estao-em-falta-em-curitiba>>. Acessado em 22/03/2019.
- [7] NOVAES, A. G., ALVARENGA A. C.. *Logística aplicada – suprimento e distribuição física*. 2ª Ed, p. 219-222. Ed. Pioneira, São Paulo, 1994.
- [8] URBS (Urbanização de Curitiba S.A). Site: <<https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/utilidades/sanitarios>> Acessado em 22/03/2019.