

## LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES PARA TRATAMENTO DE CÂNCER NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO: ANÁLISES E PERSPECTIVAS

Daniel Gonçalves Simões dos Santos

Juliana Beatriz

Maria Luiza Martins

Samuel Jurkiewicz

Paulo Oswaldo Boaventura-Netto

Laura Bahiense

Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ

Av. Athos da Silveira Ramos 149, bl. F, sl. F103

E-mails: [daniels@ufrj.br](mailto:daniels@ufrj.br), [malumarts@gmail.com](mailto:malumarts@gmail.com), [juliana\\_bcos@yahoo.com.br](mailto:juliana_bcos@yahoo.com.br), ([jurki,  
boaventu }](mailto:jurki.boaventu}@pep.ufrj.br) [@pep.ufrj.br](mailto:pep.ufrj.br), [laura.bahiense@gmail.com](mailto:laura.bahiense@gmail.com)

### RESUMO

O presente trabalho aborda o problema de localização de novos hospitais no município do Rio de Janeiro, visando atender às demandas estimadas de casos de câncer e provendo atendimento em cirurgia oncológica, em quimioterapia e em radioterapia. A proposta de expansão da rede atual é apoiada em um modelo de localização pelo critério de p-mediana, resolvido com o auxílio da programação inteira. São apresentadas propostas para a localização de um, dois e três hospitais adicionais à rede atual e é feita uma análise sucinta dos cenários assim desenvolvidos.

**Palavras chave:** Grafos, Problemas de localização, p-mediana, Programação inteira.

**Área principal:** Localização.

### ABSTRACT

This paper addresses the problem of locating new hospitals on Rio de Janeiro county, in order to meet the demands of estimated cancer cases, providing care in cancer surgery, chemotherapy and radiotherapy. The proposal of current network expansion is supported by a p-median location model, solved with the aid of integer programming. We present location proposals for one, two and three new hospitals in addition to the present network. A succinct analysis of the corresponding scenaria is presented.

**Keywords:** Graphs, Localization problems, p-median, Integer programming.

**Main area:** Location.

## 1 Introdução

A Pesquisa Operacional (PO) se preocupa em apoiar ações dos gestores de forma a planejar e executar processos que resultem em melhores níveis de desempenho, o que se pode acompanhar em trabalhos desenvolvidos em diversos países. Apesar de sua relevância inquestionável, a saúde pública no Brasil carece de ações orientadas pela PO, principalmente se comparada a outros setores da economia, como a indústria do petróleo ou os serviços de telecomunicações. Este trabalho se propõe a atuar nesse cenário, colaborando para a estruturação de um corpo de conhecimento em PO na saúde.

Os problemas de localização constituem um dos mais clássicos temas abordados na PO e podem ser aplicados com muita propriedade no contexto dos serviços de saúde. No caso específico deste trabalho, procurou-se abordar o problema relacionado à oferta de serviços para tratamento de câncer no município do Rio de Janeiro, a partir de 160 pontos de demanda não uniforme, cobertos por 14 instalações principais, com capacidades e localizações não necessariamente balanceadas. Um gestor público que avaliasse a rede de atendimento atual e uma sua possível expansão necessitaria equacionar um problema com 2.240 variáveis envolvendo 12.720 distâncias distintas. A magnitude deste problema de decisão o indica como uma interessante e útil aplicação da PO.

Neste trabalho, a Seção 2 apresenta uma rápida visão introdutória de alguns pontos do contexto da saúde pública e do SUS. A Seção 3 corresponde a uma revisão bibliográfica. A Seção 4 é dedicada aos dados do problema e, na Seção 5, é feita uma discussão preliminar. Na Seção 6 é apresentada a metodologia. A Seção 7 é dedicada ao modelo e sua formulação matemática. A Seção 8 apresenta resultados, cenários e análises respectivas, a Seção 9 trata das limitações e desenvolvimentos futuros.

## 2 O contexto

A saúde é um direito fundamental a todo cidadão brasileiro segundo a Constituição Federal. O modelo adotado pelo Sistema Único de Saúde (SUS) compreende “*o conjunto de ações e serviços de saúde, prestados por órgãos e instituições públicas federais, estaduais e municipais, da administração direta e indireta e das fundações mantidas pelo Poder Público*” (Lei 8.080). Este modelo de atuação se baseia em três pilares: a universalidade de acesso aos serviços de saúde em todos os níveis de assistência, a gratuidade e a igualdade.

Apesar da legislação favorável, o próprio Conselho Nacional de Saúde reconhece que “*a saúde não tem sido prioridade para vários governos*” (Ministério da Saúde), o que se comprova, ainda de acordo com o Conselho, “*pela série de arrochos e constrangimentos orçamentários impostos ao SUS*” (Ministério da Saúde). O montante dos recursos destinados ao sistema, sua alocação, gestão e organização deficientes são apenas algumas das justificativas para os problemas enfrentados. A saúde no Brasil ainda é considerada precária, sobretudo no que tange o acesso ao atendimento público.

No caso do Rio de Janeiro, um problema de outra natureza tem sido objeto de críticas e de repercussão na imprensa (O Globo, 2012), onde se destaca em especial a situação de migração de doentes de municípios vizinhos para atendimento em hospitais no Rio de Janeiro. Assim, áreas pouco ou mal atendidas no setor da saúde obrigam seus pacientes à busca de atendimento público nos grandes centros, onde há maior profusão e variedade de hospitais. Esta situação não é incomum, principalmente dada a tendência de maior disponibilidade de recursos do SUS para os municípios maiores e mais bem estruturados, mas o fato é que a rede hospitalar destes exige que essa demanda externa seja atendida. Em particular, isso ocorre com pacientes que demandam tratamentos de câncer, o que é a motivação deste trabalho.

## 3 Revisão Bibliográfica

A revisão envolve os aspectos do atendimento e do problema de PO associado.

### 3.1 Os problemas do atendimento de saúde

A questão do acesso da população aos serviços de saúde é revista por alguns autores. Unglert et al. (1987) destacam a abordagem geográfica do conceito de equidade. Consideram os autores “*como fundamental, o respeito à distribuição por aglomerados que a própria população estabeleceu*”. Em outras palavras, procuraram considerar as regiões mais povoadas em sua análise da distribuição dos serviços de saúde. Já Unglert (1990) afirma que “*se é fato que a tomada de decisão se faz quase sempre exclusivamente em nível político, quando se incursiona*

nas técnicas de planejamento propostas, acaba-se defrontando com modelos teóricos que nem sempre podem se apresentar como adequados a distintas realidades locais”. Contudo, prossegue a autora, “do aprofundamento da análise para aplicação desses modelos, surgem questões de fundamental importância, como a heterogeneidade tanto da distribuição geográfica da população quanto de características dessa mesma população”.

### 3.2 Problemas de localização

Um dos problemas mais conhecidos dessa área, o Problema de Localização de Facilidades (Facility Location Problem), trata de como servir ou suprir a população de uma determinada área geográfica, a partir de centros de distribuição. Nestes casos, o que se deseja determinar é o número e a localização de centros de atendimento em um conjunto de  $p$  facilidades em uma rede, considerando um conjunto de  $m$  clientes a serem atendidos, de forma a otimizar um determinado critério. Na literatura são encontrados diversos tipos de estudo aplicados ao setor público que utilizam este tipo de abordagem, como escolas, hospitais, agências de correio e serviços de atendimento de emergência, e ao setor privado, como por exemplo, centros de distribuição, postos de controle de frotas, posicionamento de sondas petrolíferas etc.. Há ainda muitas variantes metodológicas, algumas apresentando métodos determinísticos, e outros, abordagens heurísticas.

Segundo alguns dos mais citados trabalhos de revisão sobre o tema de localização de instalações (Galvão, 2004; ReVelle & Eiselt, 2005; ReVelle, Eiselt, & Daskin, 2008), os problemas de localização envolvem “um espaço a ser ocupado por instalações que visam atender clientes”. Nesta concepção, ainda muito genérica, com três elementos principais (instalações, clientes e espaço) existem algumas categorias de problemas que, mesmo tratando de dimensões mais específicas, tentam responder perguntas como: “Quantas instalações devem ser criadas?”, “Onde deve ser colocada cada instalação?”, “Quão grande deve ser cada instalação?” ou “Como devem ser atribuídas as demandas a cada instalação?”.

Em uma primeira divisão, derivada do questionamento acima exposto, podem-se agrupar os problemas envolvendo instalações que atendam a um número limitado de clientes, ou que possuam uma capacidade de entrega bem definida, chamando-os *problemas de instalações capacitadas*, enquanto ao seu complemento dá-se o nome de *problemas não capacitados*. Em alguns modelos a decisão de quantas instalações devem ser criadas é uma questão a ser elucidada pelo algoritmo aplicado. Este é o caso dos problemas de cobertura de conjuntos (*set covering*) e custo fixo (*fixed charge facility location*). Quando é dada de antemão a quantidade de instalações, os modelos podem ser *de p-mediana (p-median)*, *p-centro (p-center)*, ou *cobertura máxima (maximum covering)*. Obviamente esta última classe de problemas, onde a quantidade de instalações é um valor exógeno, é muito mais simples para instalações únicas (*single facility*) do que quando devem ser alocadas diversas instalações simultaneamente (*multiple facilities*).

Os problemas clássicos de cobertura de conjuntos, cobertura máxima, p-mediana e p-centro tratam habitualmente as instalações como não capacitadas. Entretanto os modelos mais próximos da realidade impõem limites explícitos de capacidade às instalações, de modo a produzir um resultado mais adequadamente dimensionado, exceto quando o objetivo do próprio modelo é o de determinar a capacidade de uma instalação ou um conjunto destas (Daskin, 1995).

Cabe lembrar Rezende et al. (2000) que mostraram a possibilidade de uso do Diagrama de Voronoi na definição da localização e abrangência de hospitais públicos no município do Rio de Janeiro, onde os pontos geradores dos polígonos, ou seja os vértices do grafo, são os hospitais considerados no âmbito do estudo.

#### 4 Dados do problema

A rede de atendimento em oncologia no município do Rio de Janeiro possui 14 instalações, segundo o banco de dados do Ministério da Saúde (DATASUS, 2012). Esta rede deve atender aos 160 bairros do município ([portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairros Cariocas/)), além do eventual - e de difícil previsibilidade - atendimento à demanda externa, oriunda de outros municípios.

Considerando somente a demanda interna por atendimento na cidade do Rio de Janeiro, e com base nas estimativas anualmente projetadas pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2012), estima-se em 31.000 novos casos a demanda agregada no município. Ao expandir por regiões, considerou-se a prevalência de câncer como uma distribuição uniforme na população e não no espaço, e desdobrou-se a estimativa agregada em demandas não uniformes, proporcionais às concentrações populacionais presentes no município. Em relação à oferta, utilizaram-se as capacidades dos respectivos hospitais, num total de 103.850 vagas, com destaque para a maior capacidade do INCA. Para os hospitais propostos pelo modelo estipularam-se capacidades de um hospital de médio porte, a saber, 5000 vagas.

A Tabela 1 apresenta as referidas unidades, com os bairros onde estão localizadas, enquanto a Figura 1 mostra cada uma delas, representada por uma marca vermelha, no mapa do município dividido por bairros, bem como as regiões atendidas por cada uma, respectivamente.

#	Nome	Bairro
1	Hospital dos Servidores do Estado	Saúde
2	Hospital Geral do Andaraí	Andaraí
3	Hospital Geral de Bonsucesso	Bonsucesso
4	Hospital Mário Kroeff	Penha Circular
5	Hospital Universitário Gaffree e Guinle/UniRio	Maracanã
6	Hemorio	Centro
7	Hospital Universitário Pedro Ernesto - HUPE/UERJ	Vila Isabel
8	Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/UFRJ	Cidade Universitária
9	Instituto de Puericultura e Pediatria Martagão Gesteira/UFRJ	Cidade Universitária
10	INCA	Centro
11	Hospital Geral de Jacarepaguá/Hospital Cardoso Fontes	Freguesia
12	Hospital Geral da Lagoa	Jardim Botânico
13	Hospital Geral de Ipanema	Ipanema
14	Clínica de Radioterapia Osolando J. Machado	Catete

Tabela 1 - Unidades de atendimento em oncologia no município do Rio de Janeiro e seus bairros

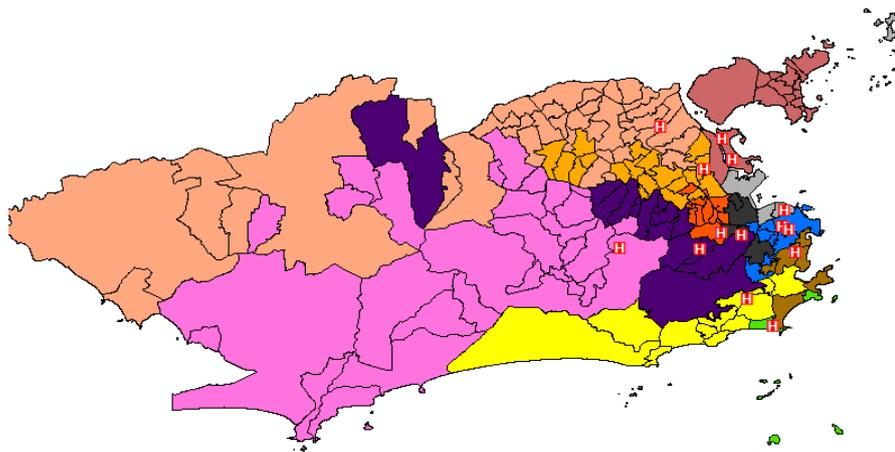


Figura 1 – Hospitais atuais e suas respectivas regiões de atendimento

## 5 Discussão preliminar sobre o modelo

Uma simples observação da distribuição das unidades no mapa e na própria tabela revela uma clara concentração de instalações nas regiões do Centro – incluindo o bairro da Saúde –, Zona Norte – incluídos os bairros Andaraí, Maracanã, Vila Isabel, Tijuca, Bonsucesso, Penha Circular e Cidade Universitária – e Zona Sul – nos bairros do Catete, Jardim Botânico e Ipanema. Em contrapartida, a Zona Oeste do município, que concentra mais de 30% de sua população– inclusive dois dos bairros mais populosos, Bangu e Santa Cruz – tem apenas uma unidade de atendimento em Jacarepaguá, em uma localização geográfica distante da maioria dos bairros desta região.

O que se verifica, portanto, é que se dividirmos o município em duas partes – leste e oeste – a primeira estará devidamente coberta, enquanto a segunda não conterà nenhuma unidade de atendimento para tratamento de oncologia. Em vista disso, é pertinente concluir, mesmo que de maneira preliminar, que a rede de atendimento é discrepante, sobretudo quando se considera a população atendida – ou não – pelas unidades existentes. Acredita-se, portanto, e esta é a proposta que aqui se coloca, que o incremento no número de unidades poderá melhorar o atendimento à população mal servida no município.

Vale destacar que, mesmo reconhecendo que a capacidade dos hospitais poderia ser ampliada até certo limite, para suprir uma elevada demanda, não haveria como realocar estes hospitais para cobrir as áreas necessitadas. Portanto, o incremento no número de hospitais considera as unidades existentes como parte da rede oncológica. Para que o estudo se torne mais relevante no sentido real, utilizou-se um modelo de *p*-mediana capacitada.

## 6 Metodologia

A metodologia previu que se fixassem os 14 hospitais que realizam tratamento oncológico no município do Rio de Janeiro para, então, aplicar um algoritmo visando minimizar as distâncias, de modo a identificar os bairros que deveriam ser servidos por estes 14 hospitais. Após este procedimento, e ainda com os hospitais existentes fixados, modificou-se o modelo para que fosse identificada a melhor localização hipotética mais adequada para um 15º hospital. O procedimento foi repetido mais duas vezes, para identificação de dois novos hospitais – 16 no total – e três novos hospitais – 17 no total. Para cada cenário, formou-se um grafo característico.

### Passos realizados

- Passo 1: Identificar os hospitais que prestam algum serviço oncológico: cirurgia, radioterapia e quimioterapia.
- Passo 2: Gerar dados: Capacidade dos hospitais identificados, população de cada bairro de onde será retirada uma porcentagem de pessoas acometidas pelo câncer através de dados apresentados para todo município do Rio de Janeiro e por fim a distância entre todos os bairros.
- Passo 3: Criar um mapa com a rede atual de hospitais que prestam serviços de oncologia e realizar uma análise preliminar heurística, levando em conta a população de cada bairro, a capacidade de atendimento do hospital observado e as respectivas distâncias.
- Passo 4: Processar o modelo da *p*-mediana capacitado . Analisar os resultados obtidos.
- Passo 5: Aumentar iterativamente o número de hospitais para observar qual o melhor lugar onde cada novo hospital poderia ser instalado para otimização das distâncias em função da população.

- **Passo 6:** Interpretar e apresentar os resultados, determinando a área de atração tanto dos hospitais já existentes quanto dos propostos através de um mapa.

## 7 O modelo

Considerado na literatura como um problema clássico de localização de facilidades, o modelo de  $p$ -mediana capacitado foi escolhido para ser utilizado neste estudo, pois considera que a capacidade de uma instalação possui uma limitação dada para o atendimento da demanda. Ele envolve a construção de um grafo  $G(V,E)$  onde  $V$  é o conjunto de vértices (facilidades e clientes) e  $E$  o conjunto de arestas (ligações físicas diretas entre vértices). Uma  $p$ -mediana de  $G$  é um conjunto de vértices tais que a soma das distâncias de algum deles aos demais vértices seja mínima.

O modelo é adaptado, pois, no modelo básico de  $p$ -medianas, as instalações atendem em conjunto, não há uma região destinada a cada instalação; ou seja, seria como tomar  $n$  vértices e selecionar  $p$  áreas onde existe ou deveria existir um hospital. Este critério sugere que cada paciente deva se dirigir ao hospital mais próximo para realizar seu tratamento oncológico, minimizando assim o tempo e custo da viagem.

**O modelo foi programado para resolução pelo XPRESS.**

### Formulação matemática

A sua formulação matemática é a seguinte:

$$Z = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j \in \mathbf{N} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} w_j \leq k_i y_i, \quad \forall i \in \mathbf{N} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = p + q \quad (3)$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0,1\}; \quad i, j \in \mathbf{N} \quad (4)$$

onde

$n$  = número de bairros do município do Rio de Janeiro

$w_j$  = Demanda associada ao vértice  $j$ ;

$k_i$  = Capacidade do hospital  $i$ ;

$[d_{ij}]_{n \times n}$  = Matriz assimétrica de distâncias e  $d_{ij} = 0$  para todo  $i$ ;

$[x_{ij}]_{n \times m}$  = Matriz de alocação simétrica,  $x_{ij} = 1$  se toda demanda do nó  $i$  é suprida por uma instalação  $j$  e  $x_{ij} = 0$  caso contrário.

$y_i = 1$  caso o nó  $i$  seja uma mediana e  $y_i = 0$  caso contrário.

A restrição (1) garante que a população do bairro  $i$  deverá ser atendida por um único hospital.

A restrição (2) garante que a capacidade física das instalações, onde a população  $i$  será atendida apenas por locais onde há um hospital estabelecido, não seja ultrapassada.

A restrição (3) corresponde ao número de medianas a serem localizadas, que deve ser igual a  $p$  (hospitais existentes) mais  $q$  (hospitais a serem instalados).

A restrição (4) corresponde à integralidade das variáveis.

A função objetivo procura minimizar a distância de cada vértice à mediana mais próxima.

## 8 Resultados, cenários gerados e análises

Ao utilizar o modelo para identificar quais bairros deveriam ser atendidos por um dos 14 hospitais já existentes, os resultados revelaram distorções nas distâncias. Enquanto alguns bairros estão aproximadamente a 1 km de distância, outros estão a mais de 50 km do atendimento mais próximo. Exemplos para este tipo de situação são vistos na análise dos bairros da Zona Oeste do município (Figura 1).

A partir deste primeiro resultado, ao se aplicar novamente o modelo, solicitando desta vez a inclusão de mais uma unidade de atendimento, a função objetivo apresentou considerável redução, passando de 1749,79 km para 1401,02 km. O bairro escolhido para esta nova instalação foi Senador Vasconcelos.

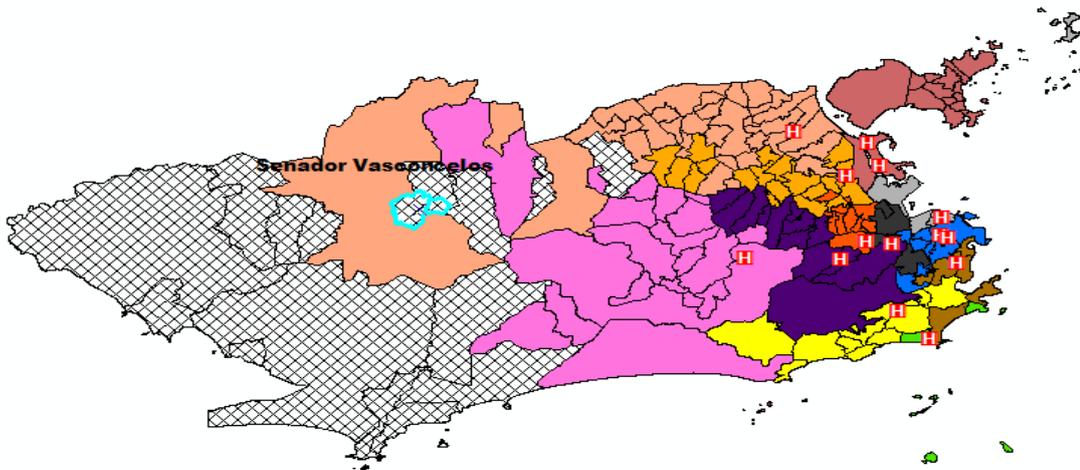
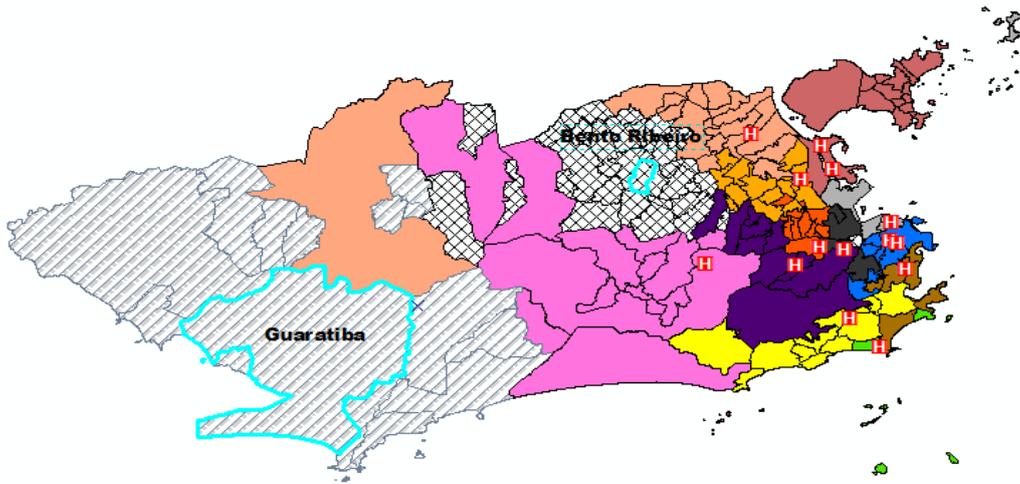


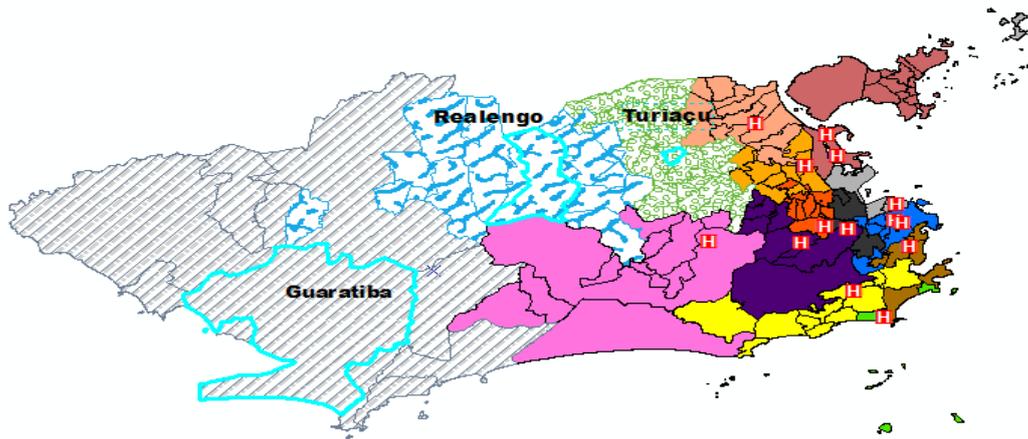
Figura 2 – Localização de um único novo hospital ( Senador Vasconcelos)

Com a solicitação de dois novos hospitais, quando comparada à original a função objetivo foi reduzida em 597,78 km, passando a 1152,01 km, com os bairros de Bento Ribeiro e Guaratiba sendo os escolhidos para abrigar estas duas novas unidades. Importante destacar que no comparativo entre o modelo com dois novos hospitais e o anterior, com apenas um hospital sugerido, o modelo, para um melhor resultado, retira o bairro escolhido anteriormente e aloca dois outros, o que fornece uma melhor distribuição populacional.



**Figura 3 – Localização de dois novos hospitais (Guaratiba e Bento Ribeiro)**

Finalmente, com a demanda por três novos hospitais, a distância da função objetivo foi reduzida em 734,85 km e os bairros escolhidos foram Realengo, Guaratiba e Turiaçu. Ao contrário do estudo anterior, vale destacar que a solução manteve um bairro na mesma localização da solução para dois hospitais.



**Figura 4 – Localização de três novos hospitais (Guaratiba, Realengo e Turiaçu)**

O estudo foi finalizado neste ponto, em vista do tempo de computação para a obtenção do último resultado ter sido de 33 horas, enquanto para os anteriores não passou de 2 minutos. Além da complexidade intrínseca do problema das p-medianas (Garey e Johnson, 1979), a elevada assimetria da presente aplicação deve ter contribuído para o rápido aumento da dificuldade. De qualquer forma, ao considerarmos a situação real do município do Rio de Janeiro, a construção de muitos hospitais se torna inviável do ponto de vista econômico-administrativo.

Outra vertente interessante a ser analisada diz respeito à capacidade dos hospitais. Inicialmente, quando foram coletados os dados, percebeu-se que a demanda era inferior à oferta, o que induziu à crença de que o déficit no atendimento deve decorrer de problemas administrativos.

Tal fato ratifica a opção deste estudo em se basear na minimização de distâncias como estratégia para amenizar o problema da saúde. É interessante observar que, na primeira modelagem, o hospital proposto para Senador Vasconcelos melhora tanto a situação atual em termos de distância, que sua capacidade praticamente se esgota, enquanto os já existentes manteriam alta folga de capacidade, mostrando que, em sua maioria, estão mal localizados. No

modelo de acréscimo de dois hospitais, um deveria ser construído em Bento Ribeiro e outro, em Guaratiba, e mais uma vez com suas capacidades seriam quase totalmente preenchidas na solução ótima. O mesmo ocorre com o caso de três novos hospitais em Guaratiba, Realengo e Turiaçu.

## 9 Limitações e propostas para desdobramentos futuros

A universalização é uma das principais referências na atual discussão sobre como prover um mesmo nível de serviços de qualidade em um país com dimensões continentais como é o caso do Brasil. Parece claro que existe um campo bastante amplo para estudo e discussão aqui, à medida em que o nível de serviço proposto neste trabalho está relacionado com:

- uma área urbana de dimensões significativas para um município brasileiro, conectada por via em sua grande maioria pavimentadas (facilitando o acesso, se comparado ao provido pelas não pavimentadas);
- demandas por atendimento relacionadas às concentrações populacionais baseadas no local de moradia, que por sua vez estão razoavelmente bem distribuídos ao longo da cidade;
- a utilização e expansão de uma rede pré-existente, e que torna a cidade um dos municípios de referência para todo o país. Poucos municípios brasileiros possuem condição similar.

Consideradas as premissas apresentadas como limitações, nota-se a existência de dificuldades de aplicação *stricto sensu* do modelo aqui desenvolvido, passando por questões referentes aos tópicos acima mencionados:

- A maior parte dos municípios urbanos possui dimensões menores que as do município do Rio de Janeiro, entretanto as áreas rurais em sua maioria são de dimensões maiores. Parece existir já neste ponto uma consideração sobre como o modelo deveria se comportar diante dessa variabilidade de dimensões (de 3 a 150.000 km<sup>2</sup>) (IBGE, site).
- Em muitos municípios brasileiros, existe uma constante migração periódica, induzida pelos recursos, em termos de trabalho e serviços, disponíveis em municípios vizinhos e maiores. Nestas situações, em relação ao que discutimos aqui, há que se considerar as opções de aproveitar a infraestrutura do município vizinho ou, como alternativa, de instalar um hospital em uma cidade menor.

Este artigo abordou os problemas de localização relacionados à oferta de serviços para tratamento de câncer no município do Rio de Janeiro, que foi analisado levando em conta seus mais de 160 bairros, o atendimento, sendo atualmente provido por 14 instalações com capacidades e localizações não bem distribuídas espacialmente

Inicialmente apresentou-se o contexto da saúde brasileira, alguns conceitos fundamentais relativos aos problemas mais clássicos de localização de instalações, para então serem apresentados os dados do problema específico da rede de tratamento oncológico no município do Rio de Janeiro. Partindo-se da premissa que o gestor público precise avaliar a rede de atendimento atual para projetar uma expansão desta rede, foi formulado um modelo de localização com 2240 variáveis envolvendo mais de 12 mil distâncias entre bairros. Foram feitas análises e traçados projetos de passos futuros.

O modelo apresentou resultados que poderiam, caso considerados por um gestor público, melhorar a distribuição das instalações para o município do Rio de Janeiro. Mesmo que se considere que as atuais instalações tenham capacidade suficiente de atendimento para a demanda por serviços de oncologia, as três propostas, com mais uma, duas e três instalações, aperfeiçoariam a localização das instalações, favorecendo bairros mais distantes. Destaca-se a esse respeito, que as novas instalações, de acordo com os modelos propostos, trabalhariam no limite da sua capacidade proposta, atendendo a uma população carente de instalações próximas.

Os resultados do estudo indicam a importância da aplicação da PO na gestão pública, como ferramenta na melhorada gestão da saúde municipal e conseqüentemente na qualidade de vida dos cidadãos.

### Referências

Daskin, M. S. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications* (1º ed.). Wiley-Interscience.

Galvão, R. D. (2004). *Uncapacitated facility location problems: contributions*. Pesquisa Operacional, 24(1), 7-38. doi:10.1590/S0101-74382004000100003.

Garey, M.R. & Johnson, D.S.: *Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 1979.

ReVelle, C. S., & Eiselt, H. A. (2005). *Location analysis: A synthesis and survey*. European Journal of Operational Research, 165(1), 1-19. doi:10.1016/j.ejor.2003.11.032.

ReVelle, C. S., Eiselt, H. A., & Daskin, M. S. (2008). *A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science*. European Journal of Operational Research, 184(3), 817-848. doi:10.1016/j.ejor.2006.12.044.

Rezende, F. A. V. S. (2000). *Diagramas de Voronoi para a definição de áreas de abrangência de hospitais públicos no município do Rio de Janeiro*. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16(2):467-475.

Unglert, C. V. S. (1990). *O enfoque da acessibilidade no planejamento da localização e dimensão de serviços de saúde*. Revista de Saúde Pública, vol.24, n.6, pp. 445-452.

Unglert, C. V. S. (1987) *Acesso aos serviços de saúde: uma abordagem de geografia em saúde pública*. Revista de Saúde Pública, vol.21, n.5, pp. 439-446. ISSN 0034-8910.

**Sites**(consultados em setembro de 2012):

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.ibge.gov.br>

Instituto Nacional do Câncer: <http://www1.inca.gov.br/vigilancia/incidencia.html>

Instituto Nacional do Câncer: Câncer no Brasil – Dados dos Registros de Base Populacional: <http://www.inca.gov.br/cancernobrasil/2010>

Instituto Nacional do Câncer: Estimativa 2012 – Incidência de Câncer no Brasil: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/>

Instituto Nacional do Câncer: Registros de Câncer de Base Populacional: <http://www.inca.gov.br/regpop/2003/>

Ministério da Saúde – Conselho Nacional de Saúde: <http://conselho.saude.gov.br/apresentacao/emenda29.htm>

Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA

<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela>

Teoria da localização (capítulo 4) –

[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0721382\\_10\\_cap\\_04.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0721382_10_cap_04.pdf)

**Legislação** (documentos consultados em setembro de 2012):

Constituição da República Federativa do Brasil de 1998. (disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm))

Lei nº 8.080 de 19 de setembro de 1990 - Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. (disponível em <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/lei8080.pdf>)

**Outros documentos:**

Série de reportagens “O expresso da dor” em O Globo, agosto de 2012.