

Avaliação de acessibilidade geográfica em sistemas de saúde hierarquizados usando o modelo de p-medianas: aplicação em Santa Catarina, Brasil

Assessment of geographic accessibility in hierarchical health systems using the p-median model: an application in Santa Catarina State, Brazil

Evaluación de accesibilidad geográfica de los sistemas de salud jerárquicos, utilizando el modelo de p-mediana: aplicación en Santa Catarina, Brasil

Silviana Cirino ^{1,2}

Louis Augusto Gonçalves ¹

Mirian Buss Gonçalves ¹

Eduardo Souza de Cursi ³

Antonio Sérgio Coelho ¹

Resumo

Este trabalho tem por objetivo comparar a distribuição de unidades hospitalares, considerando os diferentes graus de especialização, em Santa Catarina, Brasil, com a distribuição de unidades resultantes da aplicação do modelo hierárquico de p-medianas, em três níveis. O modelo de p-medianas é usado para determinar a localização das unidades, e a seguir é comparado o deslocamento médio da população para alcançar as unidades médicas nos dois cenários, o atual e o simulado. Um indicador quantitativo de acessibilidade é proposto e é usado para avaliar a acessibilidade da distribuição atual com a simulada. O trabalho tem o intuito de revelar regiões subatendidas, e de servir de ferramenta de auxílio à decisão de gestores na área de saúde para possíveis intervenções no sistema, no sentido de torná-la mais homogênea e mais acessível à população.

Acesso aos Serviços de Saúde; Equidade em Saúde; Distribuição Espacial da População

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

² Instituto Federal de Santa Catarina, São José, Brasil.

³ Institut National des Sciences Appliquées de Rouen, Normandie, France.

Correspondência
S. Cirino

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico, Campus Universitário Trindade, C.P. 476, Florianópolis, SC 88040-900, Brasil.
silviana_cirino@yahoo.com.br

Introdução

A Administração Pública moderna tem um dos seus pilares no princípio constitucional da eficiência (*Constituição Federal*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm, acessado em 22/Set/2014), de forma que a gestão pública deve orientar-se no sentido de alocar recursos que maximizem resultados e minimizem custos. Nesse sentido, o desenvolvimento de modelos matemáticos que possibilitem nortear a aplicação de recursos visando a proporcionar o máximo alcance do serviço com equidade é de fundamental importância para cumprir os objetivos previstos na legislação.

O presente trabalho tem por finalidade realizar uma análise locacional para a distribuição de unidades de saúde para o Estado de Santa Catarina, Brasil, e comparar com a implantação atual do sistema. A análise locacional serve como ferramenta para avaliar a distribuição espacial das instalações, propiciando resultados que auxiliem os órgãos públicos a como aplicar os recursos disponíveis, de tal modo que a população tenha facilitado o direito ao acesso às unidades de atendimento.

A equidade ao acesso e a localização das unidades de saúde devem ser consideradas como itens primordiais pelos órgãos gerenciadores dos sistemas de saúde, pois seu cerne é garantir atendimento à saúde para toda a população, sem diferenciações injustificadas. Para garantir sustentabilidade, entretanto, é crucial que exista equilíbrio na distribuição dos recursos para a manutenção do sistema de saúde como um todo, mantendo-o universal, integral e equânime para todos, e para este fim justifica-se uma distribuição de instalações com hierarquia entre si ^{1,2,3,4,5,6}.

Problemas de localização de instalações que apresentam algum relacionamento hierárquico têm sido frequentes em sistemas que oferecem serviços de atendimento, distribuição e coleta. Destacam-se os sistemas para atendimento de saúde, sistemas de produção/distribuição de mercadorias, sistemas de atendimento bancário, sistemas de serviços postais, sistemas de distribuição de energia elétrica, dentre outros ⁷.

Estudos envolvendo a localização de instalações de saúde são vastos na literatura. Alguns destes ^{1,2,8,9,10,11} discorrem sobre modelos de localização para sistemas de saúde em geral e outros ^{12,13,14,15,16,17} abordam modelos de localização que consideram níveis hierárquicos. Trabalhos qualitativos sobre acessibilidade são variados, e em geral visam a avaliar as facilidades e/ou dificuldades de acesso a meios de transportes ou a destinos ^{18,19,20,21}. Diante desse contexto, buscou-se inter-relacionar as duas concepções e apresentar uma configuração ótima, segundo o modelo de

localização de p-medianas, para uma rede hospitalar hierárquica aplicada ao Estado de Santa Catarina. O estudo mensura a acessibilidade dos municípios do estado até um conjunto de unidades hospitalares mais próximas, que contemplem os níveis hierárquicos, por meio do uso de um indicador. Os dados obtidos pela aplicação são comparados com a configuração real do sistema hospitalar da zona estudada, tem o intuito de evidenciar regiões subatendidas e dar suporte para possíveis intervenções na rede que tornem a disposição de unidades do sistema mais balanceada.

Métodos

A pesquisa visa a gerar dados que permitam uma avaliação sobre a dispersão corrente dos hospitais em Santa Catarina, e como esta distribuição afeta o esforço da população para ter acesso à rede de unidades de saúde. De forma simplificada, a pesquisa foi dividida em três etapas:

- Obtenção de dados junto a órgãos públicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Conselho Nacional de Saúde e Secretaria Estadual de Saúde de Santa Catarina.
- Escolha de um modelo que se adaptasse à realidade do Sistema de Saúde do estado. No caso, conclui-se que o modelo que melhor se adequa é o de p-medianas hierárquica, por existir diferenças de porte e especialização entre os hospitais que justificam a hierarquização.
- Comparação de distâncias médias percorridas pela população até os hospitais e da acessibilidade ao sistema.

Em suma, no artigo faz-se uso de técnicas matemáticas para modelar o funcionamento do sistema de saúde e implementa-se um algoritmo computacional para a geração de resultados. A análise de cenários permite identificar os problemas em que estratégias podem ser formuladas, a fim de apoiar e sistematizar a tomada de decisão. Esse método de pesquisa é dito modelagem e simulação ²², em que simplifica-se a situação real com as variáveis mais relevantes e, a partir de então, utiliza-se algum método de cálculo que convirja para a solução ótima, segundo um determinado modelo. Quanto mais representar a realidade, captando elementos fundamentais e ao mesmo tempo suficientes, mais adequada será a solução encontrada. A abordagem desta pesquisa é empírica-normativa-quantitativa, e se dirige ao desenvolvimento de políticas, estratégias e ações que melhorem a conjuntura corrente ²².

O Estado de Santa Catarina está localizado na Região Sul do Brasil, com densidade demográfica de 65,29 habitantes/km² (IBGE. Cidades@. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/>

uf.php?coduf=42&search=santa-catarina, acessado em 19/Dez/2013) e sua organização político-administrativa compreende 295 municípios, sendo Florianópolis a capital. Os hospitais são classificados em quatro portes (I, II, III e IV) conforme o número de leitos, número de leitos em unidades de tratamento intensivo (UTI), serviços oferecidos em alta complexidade, urgência e emergência, gestão de alto risco e número de salas cirúrgicas, utilizando critérios previamente estabelecidos²³. Nota-se que quanto maior o porte, maior o número de especialidades atendidas pela unidade hospitalar, de forma que o porte dos hospitais foi utilizado para determinar os níveis hierárquicos^{24,25}.

Uma distribuição espacial hierárquica da rede de unidades de serviços hospitalares de Santa Catarina é sugerida neste trabalho. O grau de complexidade das unidades hospitalares é discriminado em três níveis hierárquicos. O problema a ser resolvido resume-se em localizar as unidades hospitalares considerando esses níveis, cuja classificação é definida a seguir.

- Nível A: unidades hospitalares classificadas como Porte I, que proporcionam aos usuários atendimentos de clínica básica (clínica cirúrgica, obstétrica, médica e pediátrica), podendo fornecer um procedimento de alta complexidade e com capacidade de até 50 leitos, em nível de pronto atendimento;
- Nível B: unidades classificadas como Porte II, que proporcionam além dos atendimentos de clínica básica, serviços de urgência e emergência, normalmente com dois procedimentos de alta complexidade, capacidade de até 150 leitos, alguns de UTI;
- Nível C: unidades classificadas como Portes III e IV, consideradas referências nos procedimentos de alta complexidade para os demais hospitais.

O Estado de Santa Catarina conta com 195 unidades hospitalares públicas, privadas e mistas que atendem pelo Sistema Único de Saúde (SUS), compondo estas a rede que é objeto de estudo do presente trabalho. As unidades são diferenciadas como sendo 152 de nível A, 20 de nível B e 23 de nível C. A hierarquização proposta em três níveis visa a diminuir o fluxo de pacientes que procuram os hospitais do nível C, tentando garantir aos usuários do sistema de saúde um atendimento melhor em intervalo de tempo menor.

Os três níveis hierárquicos propostos estão alicerçados na Teoria do Lugar Central^{26,27}, e o número de instalações para cada nível de serviço é fixo e baseado no número de unidades hospitalares instaladas no estado. Escolheu-se como metodologia para determinar a melhor localização das

unidades hospitalares públicas, tratar o problema em etapas, considerando-se as divisões hierárquicas, utilizando o modelo de p-medianas. Esse modelo é considerado adequado para a distribuição de instalações como escolas²⁸ e unidades hospitalares²⁹, em geral problemas que minimizam o somatório das distâncias percorridas pelos usuários do serviço até as unidades prestadoras.

Para a modelagem do problema introduziu-se a seguinte notação: p_1 número de instalações a serem localizadas do nível A; p_2 : número de instalações a serem localizadas do nível B; p_3 : número de instalações a serem localizadas do nível C; $p = p_1 + p_2 + p_3$: número total de instalações a serem localizadas; $m = p_2 + p_3$: número de instalações de níveis B e C; $k = p_3$: número de instalações de nível C; n : número de nós (locais) considerados no problema.

O processo de resolução do modelo hierárquico de localização combinado foi dividido em três etapas. Em cada uma utilizou-se o modelo de p-medianas para selecionar os nós que receberão instalações relativas a cada nível. A cada nó é atribuído um peso, equivalente à sua demanda pelos serviços de saúde. Para a melhor adequação do modelo à situação real, considera-se que as instalações são sucessivamente inclusivas, ou seja, as instalações de nível C oferecem os serviços das instalações B e A, e as instalações de nível B fornecem os serviços das instalações de nível A.

Na primeira etapa, p unidades hospitalares (medianas) são instaladas dentre os n locais considerados no problema, independentemente do seu nível (A, B ou C). Dessa forma, as medianas obtidas nessa fase correspondem às localizações preliminares de todas as instalações. A segunda etapa envolve a busca pela melhor localização de m instalações entre os p possíveis locais selecionados na primeira etapa, ou seja, $(n - p)$ nós não selecionados na etapa anterior são eliminados. Essas m medianas correspondem às localizações preliminares das unidades hospitalares de níveis B e C. Os $(p - m)$ nós não selecionados nessa fase constituem as localizações definitivas das instalações de nível A.

A última etapa irá identificar as melhores localizações para as k unidades hospitalares entre os m possíveis locais, eliminando os nós não selecionados nas etapas anteriores, ou seja, os $(n - p)$ nós eliminados na primeira etapa e os $(p - m)$ nós eliminados na segunda etapa. Após a terceira etapa, tem-se a localização das instalações de nível C nos k pontos selecionados como medianas e as instalações de nível B nos locais não escolhidos nesta fase, ou seja, nos $(m - k)$ nós. Com isso, tem-se a localização das instalações de níveis A, B e C. O uso do modelo hierárquico combinado de p-medianas é capaz de fazer com que todos os municípios do

estado estejam ligados às unidades hospitalares nos três níveis considerados.

O problema resolvido, como proposto antes, tem solução com qualidade reconhecida na literatura ³⁰. O peso atribuído a cada nó de demanda foi considerado diferente em cada etapa, pois esta probabilidade tende a diminuir conforme o nível do serviço oferecido pelo hospital aumenta. Para fins de simulação, os seguintes pesos foram utilizados: nível A = 10% da população do município, nível B = 5% da população do município e nível C = 1% da população do município.

Em cada etapa do problema hierárquico proposto resolve-se um problema de *p*-medianas, cuja formulação matemática é adaptada com base na proposta original de Revelle & Swain (1970, *apud* Swersey ³¹), e é representada matematicamente por um problema de programação linear inteira, expresso por:

$$\text{Minimizar: } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n'} a_i d_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_{j=1}^{n'} x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

$$x_{jj} \geq x_{ij} \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, n. \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{n'} x_{ij} = p \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, n. \quad (4)$$

em que: a_i é o peso atribuído ao nó i ; $(d_{ij})_n$ é uma matriz simétrica de custos (ou distâncias); x_{ij} é uma variável binária, com $x_{ij} = 1$ se o nó i está alocado à mediana j e $x_{ij} = 0$ caso não esteja; $x_{ij} = 1$ se o nó j é uma mediana e $x_{ij} = 0$ caso contrário; p é um número inteiro e positivo de instalações que se deseja localizar; n é o número de pontos considerados no problema e n' são os nós candidatos à mediana em cada fase.

Essa formulação impõe que: (1) todo ponto de demanda i deve estar alocado a uma única mediana j ; (2) um ponto de demanda i só pode estar alocado a um vértice j se neste vértice houver mediana; (3) o número total de medianas seja p ; e (4) as variáveis de decisão só podem assumir valores 0 ou 1.

Salienta-se que, para a segunda e terceira etapas, restringiu-se a busca por medianas ao conjunto de nós selecionados nas etapas anteriores, porém o número de nós considerados no problema manteve-se o mesmo. Sob essa perspectiva, temos para a primeira etapa $n' = n$, para a segunda $n' = m$, e para a terceira $n' = k$. O problema foi resolvido por programação linear inteira e a solução exata foi encontrada com código implementado em linguagem C++ através do algoritmo branch and cut disponível no pacote de otimização GLPK, versão 4.6 (<https://www.gnu.org/software/glpk/>,

Boston, Estados Unidos), usando-se o ambiente Linux.

A solução do problema de localização-alocação proposto minimiza a distância percorrida pelos usuários até o sistema de atendimento hospitalar de forma generalista. Locais de baixa densidade demográfica e distante de centros regionais – de onde se extraem as coordenadas para medir as distâncias – passam a ter pouca influência na solução, de forma que uma análise de pós-otimalidade que verifique a acessibilidade dos usuários ao sistema se torna oportuna.

Não é completamente pacífico na literatura o conceito de acessibilidade. Analisar acessibilidade de forma quantitativa e precisa é um problema complexo, uma vez que identificar os fatores mais preponderantes que compõem um determinado modelo depende de cada caso, podendo sofrer mais influência os elementos geográficos relativos à localização dos destinos, as características das redes de transporte, os aspectos comportamentais dos usuários ou outras possíveis particularidades. O conceito macroeconômico considera acessibilidade como a máxima utilidade associada a um conjunto de escolhas para um dado indivíduo ³². De uma forma mais aplicada, considera-se acessibilidade o conjunto de características que permitem que o serviço seja facilmente utilizado pelos usuários ¹⁷, e para o escopo deste trabalho limita-se acessibilidade como o conjunto de facilidades de acesso de uma região em relação às demais, considerando-se a atratividade de cada região e os custos de viagem ⁵. À parte de um estudo mais minucioso sobre acessibilidade, é reconhecida na literatura a importância da avaliação da disponibilidade e da distribuição social de recursos ¹⁸, e quantificar acessibilidade é relevante neste sentido.

Há evidências consideráveis de que, por causa da má acessibilidade geográfica, cuidados básicos de saúde não alcançam a maioria da população nos países em desenvolvimento ³³. Considera-se, neste trabalho, que a principal variável que determina a acessibilidade é a distância às unidades de saúde, e que o custo para o acesso ao sistema tem forte correlação com a distância. Fatores dinâmicos e extrínsecos ao planejamento estratégico da gestão do sistema de saúde – como qualidade de vias e meios de transporte disponíveis e socio-organizacionais – como barreiras e dificuldades arquitetônicas, são desconsiderados na solução apresentada, entre outros fatores, pela baixa confiabilidade dos dados disponíveis. Mesmo considerando as limitações citadas, há estudos que enfatizam a utilidade de métodos matemáticos de análise locacional no processo decisório ³³, reafirmando a relevância do desenvolvimento de pesquisa neste sentido.

O indicador de acessibilidade escolhido, proposto por Ingram (1971, *apud* Pooler³⁴), dado por:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n} \quad (5)$$

leva em consideração a separação espacial entre os municípios da área em estudo e as unidades hospitalares. O indicador mede a acessibilidade A_i dos usuários do município i por meio das médias aritméticas das distâncias entre os municípios i e os hospitais j , sendo n o número de hospitais, d_{ij} a distância entre o município i e o hospital j . Dessa forma, quanto menor o valor de A_i , maior é o nível de acessibilidade dos usuários do município i até o conjunto composto pelas três unidades hospitalares mais próximas, considerando-se os três níveis hierárquicos. A acessibilidade definida pelo indicador é relativa, pois intervenções feitas em municípios específicos influenciam no nível de acessibilidade de todo o sistema³².

O indicador de acessibilidade de cada município do estado em estudo foi calculado, em relação à média das distâncias do município até os três hospitais mais próximos, um de cada nível, de

forma que todas as especialidades e complexidades fossem contempladas. Dessa forma, a análise comparativa entre a situação atual e a solução ótima para o problema de localização pode ser melhor realizada.

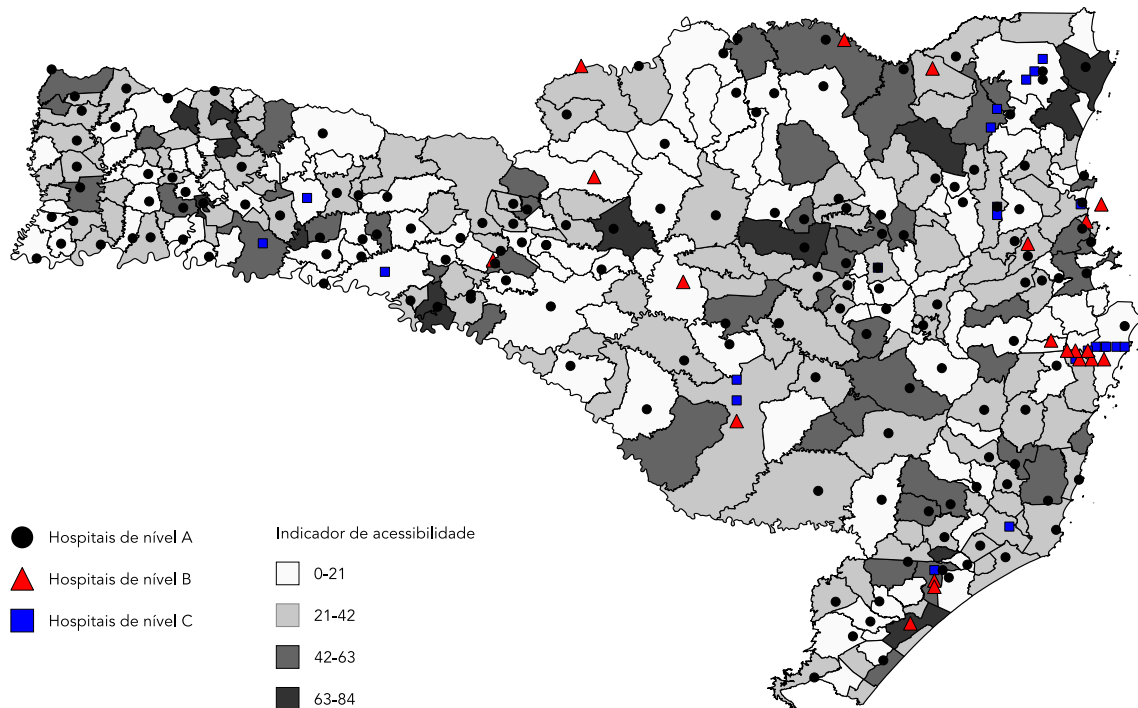
Resultados

A coleta de dados foi realizada no primeiro semestre de 2013, quando foi possível obter informações sobre 293 dos 295 municípios do Estado de Santa Catarina, pois dois deles haviam sido emancipados recentemente, não tendo sido contemplados no *Censo Demográfico de 2010* realizado pelo IBGE.

A configuração atual do Estado de Santa Catarina, considerando-se a hierarquização proposta para as unidades hospitalares, é apresentada na Figura 1. Da observação da Figura 1 é possível perceber que a maioria dos hospitais de nível C está localizada nas regiões próximas ao litoral, sendo muitos na capital do estado.

Figura 1

Nível de acessibilidade atual dos municípios do Estado de Santa Catarina, Brasil, até o conjunto de unidades mais próximas.



A Figura 1 apresenta a área de estudo com a distinção do nível de acessibilidade dos municípios. Quatro faixas de categorização foram utilizadas, apresentadas em classes na Tabela 1, divididas igualmente de acordo com os valores obtidos no cálculo do indicador de acessibilidade, contemplando valores mais elevados, intermediários e mais baixos do indicador de acessibilidade. Da análise da Figura 1 é possível identificar uma grande faixa do estado com baixa acessibilidade (áreas mais escuras), corroborando com os resultados do problema de localização que indicam um aglomerado de unidades hospitalares em torno dos grandes centros.

Na Figura 2, apresenta-se a configuração ótima de distribuição espacial das unidades hospitalares, segundo o modelo de p-medianas, e a distinção quanto ao nível de acessibilidade dos municípios do Estado de Santa Catarina, obtida com base nos dados da solução do modelo. A análise visual dessa configuração mostra melhoria na distribuição das unidades hospitalares que prestam atendimento de alta complexidade no estado. Um aglomerado de unidades hospitalares nos municípios de Florianópolis e Joinville, por exemplo, é percebido na configuração atual (Figura 1), o que não ocorre no resultado do cenário simulado, pois as unidades foram espacialmente distribuídas em outros municípios.

Na configuração atual (Figura 1) é possível identificar que a faixa central do estado tem um número reduzido de unidades hospitalares em todos os níveis, tanto para atendimento mais básico quanto especializado, o que não ocorre na configuração ótima do modelo de p-medianas obtida (Figura 2), em que se observa uma distribuição mais homogênea destas unidades.

As áreas mais escuras da Figura 2 são os municípios que apresentam baixo nível de acessibilidade. Visualmente é possível perceber uma redução significativa das áreas mais escuras. Quanto mais clara a região, melhor é o índice de acessibilidade. A distribuição mais homogênea é também verificada pelo cálculo do indicador no que diz respeito à configuração ótima obtida para o estado.

Na Tabela 1, as faixas estabelecidas para cada nível de acessibilidade e o percentual dos 293 municípios que se encontram em cada uma delas são apresentadas, para a distribuição atual existente no estado e para a análise da configuração ótima. O cálculo do indicador de acessibilidade para a configuração atual do sistema de saúde em estudo revela que 79% dos municípios estão nas faixas com melhor acessibilidade, restando 21% localizados nas faixas com a pior acessibilidade e que a distância média máxima percorrida no cenário atual é de aproximadamente 82km, e ocor-

re na região do Extremo Oeste catarinense. Para a configuração ótima do modelo, cerca de 99% dos municípios apresentaram melhores índices de acessibilidade com apenas 1% deles localizado nas faixas com baixa acessibilidade, o que representa um aumento de 25% nas áreas consideradas com melhor acessibilidade. Já a distância média máxima percorrida na solução ótima obtida pelo modelo é de aproximadamente 55km, e é percorrida pelos usuários de um município da região do Meio Oeste catarinense.

De posse dos valores dos indicadores de acessibilidade para a configuração atual e para a simulação ótima, o impacto da intervenção sobre a acessibilidade dos usuários e os ganhos para o sistema de saúde em termos de equidade são avaliados por meio do cálculo da relação existente entre o índice de acessibilidade dos usuários de cada município i na situação atual e o índice de acessibilidade dos usuários do mesmo município na simulação, usando-se a expressão (adaptada de Almeida ³²):

$$RA_i = \frac{A_i}{A_i'} \quad (6)$$

em que: A_i é o índice de acessibilidade dos usuários do município i para a distribuição espacial no cenário simulado; A_i' é o índice de acessibilidade dos usuários do município i para a configuração atual; RA_i é a relação entre o índice de acessibilidade dos usuários de cada município i na situação atual e o índice de acessibilidade dos usuários do mesmo município no cenário simulado.

Valores de $RA_i > 1$ denotam que a acessibilidade dos usuários do município i na simulação é melhor do que a acessibilidade dos mesmos usuários na situação atual. Dos 293 municípios considerados neste estudo, apenas 33 apresentaram $RA_i < 1$, ou seja, não registraram melhorias em termos de equidade ao relacionar a situação atual com a configuração ótima simulada. Os municípios que não apresentaram melhorias em termos de equidade têm densidade populacional abaixo da média do Estado de Santa Catarina. A média populacional dos municípios que não registraram melhorias é de aproximadamente 4.200 habitantes enquanto a média do Estado de Santa Catarina é de cerca de 21 mil habitantes.

Medidas de equidade podem ser utilizadas com o intuito de avaliar os possíveis ganhos em termos de equidade nos níveis de acessibilidade alcançados pelos usuários dos municípios da região em estudo. A equidade pode ser medida avaliando o grau de dispersão dos valores dos indicadores A_i em torno do valor médio. Mulligan ³⁵ indica o uso de medidas de equidade, denominadas assim pelo autor, que são o desvio médio e o desvio padrão. Os valores da acessibilidade são distribuídos de forma mais equitativa entre os

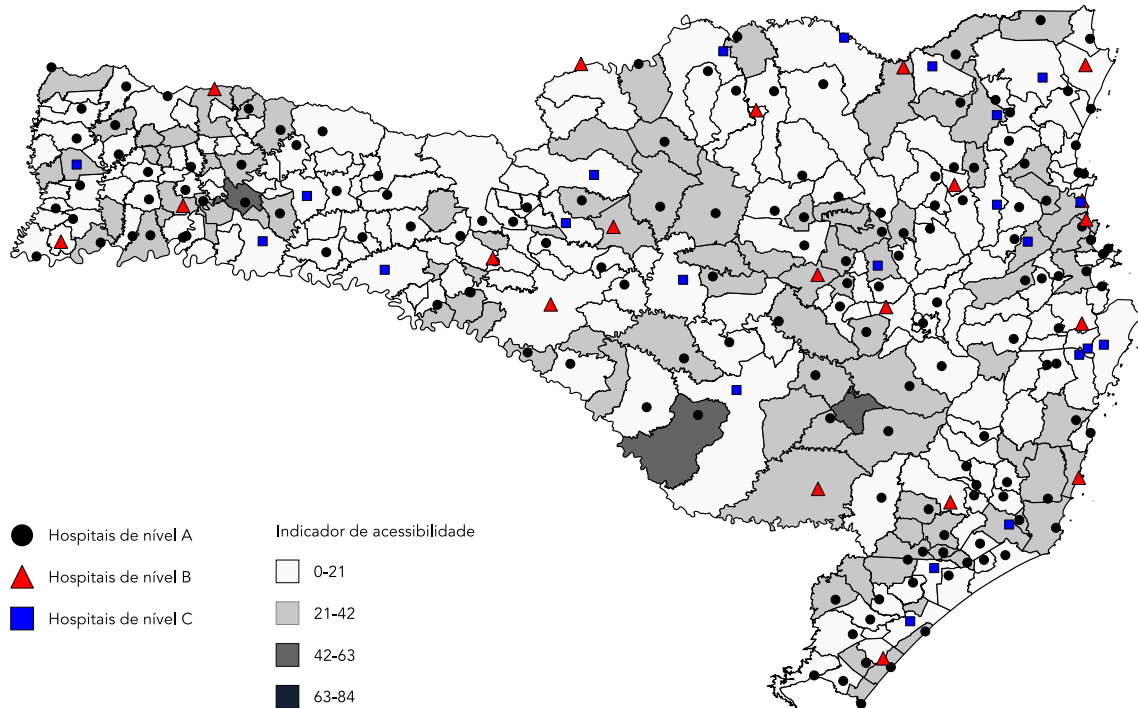
Tabela 1

Percentual dos municípios em cada faixa do nível de acessibilidade para a distribuição atual e para a configuração ótima das unidades hospitalares do Estado de Santa Catarina, Brasil.

Distribuição atual existente		Configuração ótima do modelo de p-medianas	
Faixa do nível de acessibilidade	Percentual dos municípios	Faixa do nível de acessibilidade	Percentual dos municípios
$A_i \leq 21$	38	$A_i \leq 21$	65
$21 < A_i \leq 42$	41	$21 < A_i \leq 42$	34
$42 < A_i \leq 63$	16	$42 < A_i \leq 63$	1
$A_i > 63$	5	$A_i > 63$	0

Figura 2

Nível de acessibilidade dada a configuração ótima para a distribuição espacial das unidades hospitalares do Estado de Santa Catarina, Brasil, até um conjunto de unidades mais próximas.



usuários do sistema na medida em que os valores tendem a concentrar-se em torno da média, ou seja, à proporção que o desvio médio e o desvio padrão fiquem menores, mais próximos de zero. Quanto menor o valor dessas medidas, maior a equidade no sistema.

Os valores do desvio médio para a configuração atual e para a configuração simulada são de

13,63 e 7,65, respectivamente; e os valores do desvio padrão são de 17,081 e 9,776 para a configuração atual e a simulada. Tais valores permitem concluir que a equidade é maior no cenário simulado para o sistema de saúde analisado do que na configuração atual, segundo estes critérios.

Discussão

Atender os usuários do serviço de saúde pública no Brasil de forma eficiente é estar de acordo com os princípios políticos baseados na equidade, na universalidade, na igualdade, na participação da comunidade e na integralidade de assistência ³⁶. Instituições ligadas a esse setor demonstram cada vez mais preocupação no que se refere à organização da prestação dos serviços públicos de saúde existentes atualmente no país, principalmente depois que a saúde passou a ser entendida como um direito universal, estendida a todos como atributo da cidadania ³⁷.

Consagrado pela *Constituição Federal* de 1988 como um dos princípios norteadores do SUS, a equidade tem sido uma finalidade comum aos diferentes programas de políticas sociais, e para a sua concretização é essencial uma assistência médica integrada e regionalizada. A busca de equidade vem desafiando gestores e planejadores de sistemas de saúde há algumas décadas ³⁷, e trabalhos no sentido de auxiliar a decisão sobre a aplicação de grandes investimentos, preferencialmente com suporte matemático, ajudam a alicerçar a formação de um cenário sustentável a longo prazo, com benefícios econômico-sociais patentes.

Tornar o serviço acessível é vital para a concretização da equidade ⁶. A eficiência de um sistema de saúde não pode ser somente avaliado quanto à qualidade do serviço, mas também quanto ao alcance deste serviço junto à população, principalmente evitando deixar descobertas populações vulneráveis. A acessibilidade ao sistema de saúde deve ser garantida do ponto de vista geográfico, econômico, cultural e funcional ^{3,6}. Modelos clássicos de análise espacial, construídos com base no conceito de distância/tempo, podem ajudar a aprimorar a distribuição dos serviços, sendo um dos fatores preponderantes para o planejamento estratégico de uma rede hospitalar eficiente. Busca-se, no modelo exposto neste trabalho, diminuir o esforço da população necessário para alcançar unidades de saúde, e desta forma, melhorar a acessibilidade dos usuários ao sistema. Mesmo sendo insuficientes de forma isolada para criar equidade na distribuição dos serviços, modelos de análise locacional contribuem para a delimitação de uma rede que atenda à população de forma razoavelmente bem distribuída, com suporte matemático.

Os resultados da aplicação fornecem um conjunto de informações, do ponto de vista prático, sobre o sistema de saúde do Estado de Santa Catarina. As estratégias consideradas no cenário simulado proporcionam informações que, se consideradas especialmente no momento do planejamento dos serviços, permitem uma mensuração preliminar no nível de acessibilidade. Do

ponto de vista teórico, acredita-se que a metodologia utilizada foi útil para compreender a configuração atual do sistema de saúde da região em estudo. Os resultados permitem uma comparação entre os locais desejáveis, resultados da aplicação do modelo, e os locais reais de instalação das unidades hospitalares consideradas. O mapa obtido torna-se uma ferramenta que permite avaliar o sistema analisado e propor melhorias, no caso de uma possível reestruturação da rede de saúde.

Baray & Cliquet ¹² afirmam que a distribuição é de suma importância quando se considera o planejamento de políticas públicas e a noção de equidade dos cidadãos, em relação aos equipamentos públicos ou privados. Pode-se esperar que a utilização da metodologia proposta neste artigo auxilie a tomada de decisão no sentido de alcançar dois ganhos à sociedade: qualidade no serviço prestado – visto que melhora o alcance do sistema, e eficiência na aplicação dos recursos – visto que as unidades serão melhor aproveitadas, gerando benefícios sociais e econômicos. O cenário simulado pode ser usado para avaliar os impactos da política de distribuição dos sistemas de saúde na área de estudo e auxiliar possíveis avaliações que resultem em melhoria da acessibilidade. Dos resultados obtidos, estratégias adequadas podem ser determinadas, a fim de estabelecer uma configuração no sistema de saúde mais próximo dos interesses dos usuários. A metodologia proposta corrobora com a interiorização da saúde, tema amplamente discutido atualmente.

Ao identificar as regiões não atendidas de forma equitativa, intervenções na rede de saúde podem ser indicadas, de modo que melhore o nível de acessibilidade da região. Construções de novas unidades hospitalares requerem um alto investimento financeiro e de tempo. Em função disso, interferências alternativas podem ser feitas, tais como a ampliação dos hospitais já existentes, em termos de aumento do número de leitos e/ou o fornecimento de mais serviços especializados, e propostas de novos convênios com hospitais privados não participantes da rede de atendimento do SUS.

Duas limitações são apontadas no trabalho: (a) considerar a localização de apenas um hospital por município; e (b) o uso somente de aspectos ligados à separação espacial no momento de escolha do indicador, desconsiderando fatores econômico-sociais, como distribuição de renda e nível de escolaridade dos habitantes nos municípios em questão. Como continuação deste projeto, pretende-se alterar o modelo proposto de p-medianas, possibilitando a alocação de mais de um hospital em municípios mais populosos; verificar a quantidade ótima segundo o modelo de hospitais para o

Estado de Santa Catarina e comparar com a quantidade atual; e inserir aspectos comportamentais

no estudo, de forma que as preferências dos usuários sejam também consideradas.

Colaboradores

S. Cirino trabalhou na concepção e delineamento do artigo, coleta, análise e interpretação de dados e redação do artigo. Foi responsável pela aprovação da versão final a ser publicada e por todos os aspectos do trabalho na garantia da exatidão e integridade de qualquer parte da obra. L. A. Gonçalves participou na análise e interpretação de dados. Foi responsável pela aprovação da versão final a ser publicada e por todos os aspectos do trabalho na garantia da exatidão e integridade de qualquer parte da obra. M. B. Gonçalves participou da concepção, delineamento e revisão crítica. E. S. Cursi participou da revisão crítica. A. S. Coelho participou ativamente do projeto, resolvendo todas as demandas exigidas pela comissão avaliadora e da revisão crítica do artigo.

Agradecimentos

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsa de doutorado sanduíche – processo nº 6283-13-6.

Referências

1. Zhang Y, Berman O, Verter V. Incorporating congestion in preventive health care facility network design. *Eur J Oper Res* 2009; 198:922-35.
2. Verter V, Lapierre SD. Location of preventive healthcare facilities. *Ann Oper Res* 2002; 110: 123-32.
3. Cunha ABO, Vieira-da-Silva LM. Acessibilidade aos serviços de saúde em um município do Estado da Bahia, Brasil, em gestão plena do sistema. *Cad Saúde Pública* 2010; 26:725-37.
4. Rezende FAVS, Almeida RMV, Nobre FF Diagramas de Voronoi para a definição de áreas de abrangência de hospitais públicos no Município do Rio de Janeiro. *Cad Saúde Pública* 2000; 16:467-75.
5. Almeida LMW, Gonçalves MB. Determinação de índices de acessibilidade a serviços escolares. In: *Anais do XI Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte* 2000. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes; 2000. p. 453-65.
6. Unglert CVS. O enfoque da acessibilidade no planejamento da localização e dimensão de serviços de saúde. *Rev Saúde Pública* 1990; 24:445-52.
7. Nunes LF Um algoritmo heurístico para a solução de problemas de grande escala de localização de instalações com hierarquias [Tese de Doutorado]. Florianópolis: Universidade de Federal de Santa Catarina; 2002.
8. Daskin MS, Dean LK. Location of health care facilities. In: Brandeau ML, Sainfort F, Pierskalla WP, editors. *Operations research and health care: a handbook of methods and application*. Norwell: Kluwer Academic Publishers; 2004. p. 43-76.
9. Daskin MS. *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*. Danvers: Wiley-Interscience; 2011.
10. Mestre A, Oliveira M, Barbosa-Póvoa A. Organizing hospitals into networks: a hierarchical and multiservice model to define location, supply and referrals in planned hospital systems. *OR Spectrum* 2012; 34:319-48.

11. Rais A, Viana A. Operations research in healthcare: a survey. *Int Trans Oper Res* 2010; 18:1-31.
12. Baray J, Cliquet G. Optimizing locations through a maximum covering/p-median hierarchical model: Maternity hospitals in France. *J Bus Res* 2013; 66:127-32.
13. Galvão RD, Espejo LGA, Boffey B. A hierarchical model for the location of perinatal facilities in the municipality of Rio de Janeiro. *Eur J Oper Res* 2002; 138:495-517.
14. Galvão RD, Espejo L, Boffey B, Yates D. Load balancing and capacity constraints in a hierarchical location model. *Eur J Oper Res* 2006; 172:631-46.
15. Galvão RD, Nobre FF, Vasconcellos MM. Modelos matemáticos de localização aplicados à organização espacial de unidades de saúde. *Rev Saúde Pública* 1999; 33:422-34.
16. Lee JM, Lee YH. Tabu based heuristics for the generalized hierarchical covering location problem. *Computers & Industrial Engineering* 2010; 58:638-45.
17. Narula SC. Hierarchical location-allocation problems: a classification scheme. *Eur J Oper Res* 1984; 15:93-9.
18. Oliveira LS, Almeida LGN, Oliveira MAS, Gil GB, Cunha ABO, Medina MG, et al. Acessibilidade à atenção básica em um distrito sanitário de Salvador. *Ciênc Saúde Coletiva* 2012; 17:3047-56.
19. Mendes ACG, Miranda GMD, Figueiredo KEG, Duarte PO, Furtado BMASM. Acessibilidade aos serviços básicos de saúde: um caminho ainda a percorrer. *Ciênc Saúde Coletiva* 2012; 17:2903-12.
20. Assis MMA, Jesus WLA. Acesso aos serviços de saúde: abordagens, conceitos, políticas e modelo de análise. *Ciênc Saúde Coletiva* 2012; 17:2865-75.
21. Pinto VPT, Teixeira AH, Santos PR, de Araújo MWA, Gomes Moreira MA, Moura Saraiva, SR. Avaliação da acessibilidade ao Centro de Especialidades Odontológicas de abrangência macrorregional de Sobral, Ceará, Brasil. *Ciênc Saúde Coletiva* 2014; 19:2235-44.
22. Morabito Neto R, Pureza V. Modelagem e simulação. In: Miguel PAC, organizador. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2012. p. 169-98.
23. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.224/GM de 5 de dezembro de 2002. <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2002/Gm/GM-2224.htm> (acessado em 01/Abr/2013).
24. Secretaria de Estado da Saúde. Plano diretor de regionalização: PDR 2008. Florianópolis: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina; 2013.
25. Secretaria de Estado da Saúde. Plano estadual de educação permanente em saúde: Santa Catarina, Brasil, 2010-2013. Florianópolis: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina; 2013.
26. Corrêa RL. A rede urbana. São Paulo: Editora Ática; 1989.
27. Lima FS. Distribuição espacial de serviços especializados em saúde [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1996.
28. Senne ELF, Lorena LAN. Abordagens complementares para problemas de p-medianas. *Produção* 2003; 13:78-87.
29. de Rosário RRL, Carnieri C, Steiner MTA, Fleischer SA, Correa S. Aplicação do problema das p-medianas para determinar a localização de unidades de saúde 24 horas. In: XXXIII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional; 2001. p. 1155-66.
30. Tansel BC, Francis RL, Lowe TJ. Location on networks: a survey. Part I: the p-Center and p-Median Problems. *Management Science* 1983; 29:482-97.
31. Swersey AJ. The deployment of police, fire and emergency medical units. In: Pollock SM, Rothkopf MH, Barnett A, editors. *Operations research and the public sector*. Amsterdam: North-Holland; 1994. p. 151-200. (Handbooks in Operations Research and Management Science, 6).
32. Almeida LMW. Desenvolvimento de uma metodologia para a análise locacional de sistemas educacionais usando modelos de interação espacial e indicadores de acessibilidade [Tese de Doutorado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 1999.
33. Rahman SU, Smith DK. Use of location-allocation models in health service development planning in developing nations. *Eur J Oper Res* 2000; 123:437-52.
34. Pooler JA. The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. *Transp Res Part A* 1995; 29A:421-7.
35. Mulligan GF. Equality measures and facility location. *Pap Reg Sci* 1991; 4:345-65.
36. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 2.488 de 21 de outubro de 2011. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica, estabelecendo a revisão de diretrizes e normas para a organização da Atenção Básica, para a Estratégia Saúde da Família (ESF) e o Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS). *Diário Oficial da União* 2001; 24 out.
37. Pelegrini MLM, de Castro JD, Drachler ML. Equidade na alocação de recursos para a saúde: a experiência do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciênc Saúde Coletiva* 2005; 10:275-86.

Abstract

The objective of this study is to compare the distribution of hospital units according to different degrees of specialization in Santa Catarina State, Brazil, based on an application of the p-median hierarchical model in three levels. The p-median model is used to determine the units' location, following by a comparison of the population's mean distance to reach the medical units in two scenarios, the current one and the simulation. A quantitative indicator of accessibility is proposed and used to assess accessibility according to the current and simulated distributions. The study aims to detect underserved regions and provides a tool to aid health managers' decision-making for possible interventions in the system in order to make it more homogeneous and accessible to the population.

Health Services Accessibility; Equity in Health; Residence Characteristic

Resumen

Este trabajo tiene por objetivo comparar la distribución de unidades hospitalarias, considerando los diferentes grados de especialización, en Santa Catarina, Brasil; con la distribución de unidades resultantes de la aplicación del modelo jerárquico de p-medianas, en tres niveles. El modelo de p-medianas es usado para determinar la localización de las unidades y, a continuación, se compara el desplazamiento medio de la población para alcanzar las unidades médicas en dos escenarios, el actual y el simulado. Se propone un indicador cuantitativo de accesibilidad, que es usado para evaluar la accesibilidad de la distribución actual con la simulada. El trabajo tiene la meta de revelar regiones subatendidas, y de servir de herramienta de auxilio para la toma de decisiones de gestores en el área de salud para posibles intervenciones orientadas al sistema, con el fin de hacerlo más homogéneo y accesible a la población.

Accesibilidad a los Servicios de Salud; Equidad en Salud; Distribución Espacial de la Población

Recebido em 22/Jan/2015

Versão final rerepresentada em 16/Ago/2015

Aprovado em 27/Ago/2015