

DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO À BAIXA ALTITUDE NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA O PLANEJAMENTO DE REDES DE EQUIPAMENTOS URBANOS

Maria de Lourdes Neves de Oliveira Kurkdjian
Maria Suelena Santiago Barros
Horacio Hideki Yanasse
Acioli Antonio de Olivo
Nandamudi Lankalapalli Vijaykumar

Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos - SP, Brasil

RÉSUMO

Este trabalho destina-se principalmente aos planejadores urbanos envolvidos na solução de problemas de localização de equipamentos de uso coletivo de caráter local. Tais equipamentos são concebidos como extensão da função habitar e, deste modo, sua posição na estrutura urbana deve acompanhar a distribuição, na cidade, dos diferentes segmentos populacionais. Busca-se, através do uso de dados de foto interpretação, suprir a carência de informações urbanas, fato comum as administrações municipais do País. Os dados das aerofotos são utilizados na localização, quantificação e ordenação da demanda de equipamentos, sendo este último aspecto função das condições sócio-econômicas dos diversos grupos de moradores. Os dados obtidos pela foto interpretação são utilizados na modelagem do sistema por meio da teoria de redes, visando racionalizar a localização de equipamentos urbanos. Na aplicação da metodologia usa-se como área teste a cidade de São José dos Campos, SP, para a qual se indica a melhor localização de uma rede de equipamentos urbanos de saúde de atendimento primário.

ABSTRACT

This work is mainly directed for urban planners involved in solving local social use equipment location problems. Such equipments are generated as an extension on the residential function and, therefore, their location in the urban structure must follow the distribution of the different population segments in the city. Using photointerpretation data one tries to supply the lackness of urban information, a common fact observed in the municipal administration in Brazil. The aerial photographs data are used to locate, quantify and give priority to the equipments demand, being this last aspect function of the socio-economic conditions of the several groups of households. The data got from the photointerpretation are used to model the system as a network in order to rationalize the urban equipments location. This methodology was applied using as test area São José dos Campos town, SP, where the best location for a network of urban health equipments of local use was indicated.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento urbano é um processo decisório destinado a produzir um ou mais estados futuros desejados de um sistema ou subsistema urbano que não deverão ocorrer a menos que alguma ação seja realizada.

Tal processo, como todo processo de tomada de decisão, depende da existência de um sistema de informações eficiente que o sustente. Deste modo, assume importância relevante ao âmbito da administração municipal a existência de um sistema que forneça informações úteis aos decisores.

Na resolução de alguns problemas que se lhes apresentam, os planejadores urbanos envolvem-se no uso de modelos matemáticos na busca de uma maior racionalização de suas decisões.

Nestê contexto, encontram-se os modelos de localização de equipamentos de uso coletivo

de caráter local que, concebidos como extensão da função habitar, devem ter suas posições na estrutura urbana de acordo com a distribuição, na cidade, dos diferentes segmentos populacionais.

Para decisões referentes a este propósito, é fundamental dispor dos dados acerca da localização, quantificação e caracterização da demanda por equipamentos, associados a um referencial geográfico apropriado que permita orientar as ações localizadas espacialmente.

Este trabalho mostra como utilizar dados de sensoriamento remoto a baixa altitude para a modelagem, por meio da teoria de redes, da localização do conjunto de equipamentos urbanos de saúde de atendimento primário em uma cidade.

2. LOCALIZAÇÃO DE POSTOS DE SERVIÇO: MÉTODO DAS K-MEDIANAS

Nesta seção descreve-se o modelo utilizado no planejamento da rede de equipamentos urbanos de que trata este trabalho. Além da própria apresentação do modelo, outro propósito desta seção é permitir conhecer as informações requeridas para a sua implementação.

Os problemas de localização de postos de serviços são variados e usualmente complexos. Aqui são considerados somente os problemas de localização com a utilização de redes. Os modelos de redes são frequentemente usados na representação de uma área urbana. Uma das maneiras de compor a malha urbana é através de suas ligações viárias, representadas por arestas, e os seus diversos agrupamentos populacionais (bairros, distritos), representados por nós. Neste caso, supõe-se que em cada nó exista uma demanda por serviços.

A literatura relata dois tipos de critérios de modo a otimizar esta localização, objetivo da modelagem, quais sejam:

- CrITÉrio mini-max** - Localizar os postos tal que a distância máxima de cada nó até o posto mais próximo seja minimizada. Se os postos podem ser localizados somente em nós do grafo, estes problemas são chamados centros; se os postos podem ser localizados também sobre arestas, os problemas são chamados centros absolutos.
- CrITÉrio da soma mínima** - Localizar os postos tal que seja minimizada a soma das distâncias de cada nó até o posto mais próximo. Se os postos podem ser localizados somente em nós do grafo, estes problemas são chamados K-medianas, onde K é o número de postos a serem localizados; se os postos também podem ser localizados sobre arestas, os problemas são chamados K-medianas absolutas.

Os problemas do tipo centro são mais aplicáveis a serviços urbanos de emergência, tais como pronto-socorros, bombeiros, etc; os serviços não-emergenciais como postos de saúde e correios são problemas típicos do tipo mediana, uma vez que o propósito é minimizar a distância percorrida pelo conjunto de usuários de sua residência ao posto mais próximo.

Como o objetivo deste trabalho é a localização de postos de saúde, a abordagem a ser utilizada é do tipo K-mediana.

Apresenta-se a seguir o modelo básico para o problema das K-medianas.

Considere-se um grafo G não-direcionado com n nós. Deseja-se escolher K distintos pontos, $K = 1, 2, 3, \dots$, que serão indicados pelo conjunto $X_k = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$. Seja $d(X_k, j)$ a distância mínima entre qualquer um dos pontos $x_i \in X_k$ e o nó j sobre o grafo. Isto é,

$$d(X_k, j) = \min_{x_i \in X_k} d(x_i, j).$$

Definição: Um conjunto de k pontos X_k^* sobre um grafo G é um conjunto de k-medianas de G, se para todo $X_k \in G$

$$J(X_k^*) \leq J(X_k),$$

onde:

$$J(X_k) = \sum_{j=1}^n h_j d(X_k, j)$$

e h_j indica a demanda do nó j por um determinado serviço.

Note-se que, por esta definição, determinar X_k corresponde a encontrar k pontos de localização de postos de serviços de forma a minimizar a distância percorrida pelos usuários, distância esta ponderada pela demanda do serviço instalado.

Vários algoritmos exatos têm sido propostos para a solução do problema das k-medianas. Entretanto, por serem de natureza combinatória, para uma rede com um número de nós não-pequeno, os métodos exatos se tornam inviáveis de ser solucionados em tempos computacionais aceitáveis. Desta forma, as abordagens heurísticas têm sido formuladas com sucesso. Dentre estas, destaca-se o algoritmo proposto por Teitz (1968) para determinar as k-medianas em um grafo. O problema abordado por Teitz se refere a escolher a localização de p fontes de capacidade irrestrita dentre n pontos de demanda fixa e localizar estas fontes nos nós da rede. Este problema é essencialmente o mesmo que se pretende resolver neste trabalho, bastando para resolvê-lo, adequar o algoritmo de Teitz ao caso aqui apresentado.

2.1- ALGORITMO HEURÍSTICO PARA DETERMINAR AS K-MEDIANAS

Seja S o conjunto dos nós onde estão localizadas as k-medianas.

INICIALIZAÇÃO: (Obter a 1-mediana)

Obter a matriz das distâncias mínimas $D = \{d(i, j)\}$ entre os nós de G.

Calcular a matriz $HD = \{h_j d(i, j)\}$.

Para cada $i \in HD$, calcular $\sum_{j=1}^n h_j d(i, j)$.

Determinar o índice i, tal que:

$$i^* = \min_{i=1, \dots, n} \sum_{j=1}^n h_j d(i, j).$$

Fazer $S = \{i^*\}$.

PASSO 1: (Adicionar um posto de serviço a S)

Adicionar um novo posto de serviço ao conjunto S, localizando-o em um nó que produza o máximo de melhoria na distância média percorrida da quando o número de medianas cresce em um.

PASSO 2: (Melhorar a solução)

Tentar melhorar a solução pela substituição sistemática, um de cada vez, de todos os nós que estão em S por outro que ainda não está em S. Cada vez que uma solução melhor é obtida, este passo é repetido até que todas as substituições tenham sido realizadas. Se o número de nós em S é igual a K, parar; senão voltar ao passo 1.

Os testes realizados por Teitz(1968) mostram que este algoritmo, mesmo sendo de natureza heurística, tem se mostrado bastante eficiente, produzindo soluções bem próximas da solução ótima. Além disto, é fácil de programar consumindo baixo tempo computacional.

Para maiores detalhes sobre os métodos de localização em redes, o leitor pode consultar Hakimi(1964, 1965), Minieka(1977), Slater(1981), Larson e Odoni(1981) e Cavalier e Sherali(1986).

3. DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO

Conforme a descrição apresentada na seção anterior, uma série de informações urbanas fazem-se necessárias para que o planejador possa contar com o auxílio do método das k-medianas na solução do problema de localização dos equipamentos de saúde de atendimento primário.

Tais informações seriam basicamente aquelas relativas:

- a) ao sistema viário da cidade;
- b) à distribuição espacial dos diversos agrupamentos populacionais urbanos;
- c) à demanda pelo referido serviço, em cada nó que representa os agrupamentos populacionais;
- d) às distâncias mínimas entre os nós.

Convencionalmente, as informações a que se referem os itens a e d poderiam ser obtidas com precisão através de produtos cartográficos disponíveis em escala adequada, enquanto aquelas relativas aos itens b e c exigiriam a realização de levantamentos de campo. Além do mais, para que sejam apreendidas as diferenças reais existentes entre os diferentes segmentos populacionais residentes na cidade, quer em termos de sua quantificação, quer em termos de sua carência pelo referido agrupamento coletivo local, seria imprescindível que se dispusesse de um referencial geográfico adequado que orientasse a coleta e a análise dos dados de campo.

Basicamente, o problema da demanda pelo serviço fornecido pelo equipamento de uso coletivo local pode ser dividido em dois estágios: o primeiro, associado à quantificação dos diferentes segmentos populacionais da cidade e sua distribuição no solo urbano; o segundo, ligado ao problema da identificação da carência pelo equipamento que tem cada um destes di-

ferentes grupos de moradores. Este último é função de características sócio-econômicas da população.

As informações disponíveis nas administrações municipais do País acerca de características sócio-econômicas e demográficas da população residente são provenientes basicamente da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que tem as atribuições legais para a realização do Censo Demográfico, e de levantamentos específicos realizados pela própria Administração Municipal.

Segundo Oliveira(1986b) as informações fornecidas pelo IBGE são inadequadas ao processo de planejamento urbano de um modo geral e a este trabalho de modo particular, principalmente porque: a) as informações que fornecem são agregadas ao nível do município, e b) a divisão da cidade em setores censitários é realizada visando apenas facilitar a coleta de dados, desconsiderando, portanto, a própria estruturação do espaço intra-urbano, fator imprescindível na constituição de um referencial geográfico que pretenda ser útil aos propósitos da ação localizada espacialmente.

Ainda segundo Oliveira(1986b), com relação aos levantamentos de campo realizados pelas Administrações Municipais é verdadeiro que:

- a) por serem altamente dispendiosos, são realizados regularmente apenas por aqueles municípios dotados de maiores recursos financeiros e com a máquina administrativa melhor aparelhada. Na maioria dos outros casos, a ação administrativa baseia-se no conhecimento intuitivo que se tem da realidade urbana;
- b) algumas vezes o processo de setorização urbana efetuado para gerar o referencial geográfico dos dados é realizado com vistas apenas no processo de coleta de dados e não num processo mais rigoroso de análise urbana para orientar espacialmente a ação planejada;
- c) quando realizados visando tanto a coleta como a análise de dados, ainda assim muitas vezes identifica tais setores a simples unidades físicas de área ou aos tradicionais bairros da cidade; de qualquer modo não trazendo a estruturação do espaço intra-urbano conforme sua expressão concreta presente;
- d) algumas outras administrações municipais, quando realizam os tradicionais levantamentos de campo, os fazem usando como referencial geográfico setores definidos por outros órgãos para outros propósitos, nem sempre apropriados aos objetivos implicados com o planejamento urbano.

Devido a tais dificuldades apontadas que resultam na não disponibilidade, junto à maioria das Administrações Municipais, dos dados necessários para sustentar o tipo de decisão envolvido neste trabalho, os planejadores muitas vezes tentam simplificar seu trabalho através de atalhos inadequados.

Um deles, relativo a decisões quanto à localização de equipamentos coletivos de uso local nas áreas residenciais urbanas, consiste em estimar a demanda por tais equipamentos apenas em função da quantidade da população e de sua distribuição no solo urbano. Deste modo, os planejadores assumem que todos os cidadãos são iguais e ignoram o fato real de que existem segmentos mais ou menos carentes em relação a determinado serviço que determinado equipamento possa oferecer.

O objetivo primordial deste trabalho que está sendo apresentado é descrever como utilizar dados de sensoriamento remoto a baixa altitude para a obtenção das informações anteriormente apontadas, requeridas para empregar o método das k-medianas na localização dos equipamentos urbanos de saúde de atendimento primário.

A finalidade é mostrar procedimentos práticos, simples e rápidos de modo a poderem ser absorvidos pelos administradores municipais de muitas de nossas cidades.

Inicialmente, propõe-se que os quatro itens apontados sejam obtidos apenas com dados de sensoriamento remoto: as aerofotos panorâmicas individuais na escala aproximada de 1:10.000; os pares estereoscópicos e o mosaico semicontrolado obtido a partir das aerofotos. Deste modo, busca-se uma maior integração dos dados e uma visão mais globalizante do sistema urbano.

O sistema viário urbano é obtido diretamente do exame do mosaico, sendo possível, pelo traçado das ruas e suas dimensões, identificar aquelas principais, secundárias, as de traçado de chegada, entre outras informações relevantes que possam ser úteis.

Com relação à distribuição espacial dos diversos agrupamentos populacionais urbanos, estes são identificados a partir da fotointerpretação das áreas urbanas de uso residencial.

Os procedimentos básicos para a delimitação dos setores residenciais de mesma textura, encontrados em Oliveira (1986a), são:

- a) discriminar visualmente áreas de textura diferentes através da percepção conjunta de agrupamentos de pontos adjacentes;
- b) identificar, nestas áreas, os componentes primários de sua textura, bem como sua organização espacial, examinando detalhes urbanísticos e arquitetônicos de seus elementos, como tamanho das edificações e lotes, presença de verde, densidade construtiva, e tipos de edificações;
- c) confirmar, ou não, com base nas informações obtidas no item b, a diferenciação entre texturas das áreas discriminadas visualmente;
- d) traçar os limites que definem os setores residenciais de mesma textura.

Através deste procedimento obtém-se um referencial geográfico adequado para a coleta e análise dos dados acerca da população residente ou, mais precisamente um instrumental que possibilite conhecer a distribuição espacial dos diversos agrupamentos populacionais urbanos. Isto porque aos setores de textura homogênea correspondem ambientes físico-residenciais, também homogêneos, aos quais, por sua vez, segundo mostrado através da análise de campo em Oliveira (1986b), correspondem grupos de moradores que relativamente à sua posição na estrutura social da cidade podem ser diferenciados daqueles dos setores vizinhos definidos através do mesmo método.

Maiores detalhes acerca deste processo de setorização residencial urbana recomendado aqui podem ser encontrados em Oliveira et alii (1978) e Oliveira (1986a).

Após a definição dos setores residenciais de textura homogênea, que constituem o referencial geográfico para o estudo da demanda pelos equipamentos, a qual é realizada através da fotointerpretação das aerofotos individuais e dos pares estereoscópicos, os limites de tais setores são transportados para o mosaico.

O baricentro de cada um destes setores, posição que minimiza a distância percorrida pelo conjunto dos residentes locais para deslocar-se de sua residência a este ponto, é também marcado no mosaico, transformando-se em um nó da rede que está sendo construída.

Assim, os nós do grafo são definidos a partir da identificação da estrutura do espaço intra-urbano, na delimitação de unidades que o compõem, e da demarcação de seu baricentro.

Os nós, e mais as vias que unem estes nós, vêm constituir a rede em questão.

As distâncias mínimas entre nós, aproximadas, são então obtidas por intermédio de medições realizadas no mosaico, percorrendo as vias que os unem.

Para a estimativa da demanda pelo serviço oferecido pelo equipamento a ser localizado, e que será realizada para cada nó da rede, propõem-se os procedimentos que serão descritos a seguir.

De início, são estimados os números dos habitantes residentes em cada setor homogêneo da cidade. Isto é feito identificando, através da fotointerpretação, o número de residências em cada setor e estimando, através de levantamento amostral de campo, o número de pessoas em cada residência. Procedimentos mais completos para este fim são encontrados em Manso et alii (1978).

A seguir, visando definir a carência de cada um dos setores de textura homogênea em termos de sua carência pelo equipamento de uso coletivo em questão, é feita uma análise destas unidades geográficas de interesse, considerando suas características físico-urbanísticas, ou seja, seu ambiente residencial. Com base nesta análise e comparando os setores entre

si, é feita uma caracterização da população residente em termos de sua posição na estrutura social da cidade, o que resulta numa classificação dos setores em alguns níveis ordenados da "mais alta posição social" até a "mais baixa posição social". Maiores detalhes acerca dos procedimentos utilizados para este fim, bem como resultados da análise de dados de campo conduzida com o propósito de validar os procedimentos estabelecidos, são encontrados em Oliveira e Barros (1982).

Assim, propõe-se, com base nesta classificação ordenada dos setores em níveis, conforme a posição social de seus habitantes, que sejam consultados especialistas nos serviços que o equipamento de uso coletivo local pretenda oferecer. O propósito é fazer com que estes especialistas, com base na ordenação dos setores obtida para a cidade, e em descrições acerca das características ambientais correspondentes a cada nível, bem como ao nível social dos moradores, gerem uma escala que indique a percentagem dos moradores de cada um dos tipos de setores, a qual representa os "usuários" potenciais dos serviços oferecidos.

No caso em questão, isto é, o planejamento da rede de equipamentos de saúde de atendimento primário, realizado para São José dos Campos, SP, foram consultados médicos sanitaristas da Prefeitura Municipal local, atualmente envolvidos com o problema de localização de tais equipamentos.

Estes elementos, com base em sua prática profissional, chegaram a um consenso, mostrado na Tabela 1 que corresponde ao quadro da percentagem de usuários dos serviços de saúde pública em questão, segundo o nível social do setor residencial.

TABELA 1
PERCENTAGEM DE USUÁRIOS DOS
POSTOS DE SAÚDE

Nível Social do Setor	Usuários(%)
1- alto	4
2- médio/alto	11
3- médio	42
4- médio/baixo	53
5- baixo	79

Estimativa realizada por profissionais da Secretaria de Saúde Pública de São José dos Campos, SP.

Com base nestas percentagens, associadas também a cada nó da rede, e com base na quantidade de moradores referenciada a cada nó, poder-se-ia ter uma estimativa da demanda pelo equipamento em cada um destes pontos.

Tais informações associadas às distâncias entre nós permitem a implementação do método das K-medianas.

4. IMPLEMENTAÇÃO E TESTES

A metodologia descrita na Seção anterior foi aplicada à cidade de São José dos Campos, SP, com o objetivo de planejar a localização da rede de equipamentos de saúde para atendimento primário.

As fotos de aerolevanteamento disponíveis para a realização deste trabalho são de 1977. Para o propósito de sua realização, no processo de delimitação de áreas homogêneas, foram utilizados 58 setores, resultantes de rearranjos das 98 Zonas Homogêneas originalmente definidas. Em seguida foram definidas as populações destes setores e sua respectiva posição na estrutura social da cidade. Nesta classificação dos setores homogêneos, conforme sua posição social, foram utilizados cinco níveis.

O passo seguinte foi a construção de uma rede associada à malha urbana, na qual os nós foram localizados nos baricentros de cada setor e as arestas da rede foram obtidas através da própria rede viária.

A Figura 1 apresenta os setores de São José dos Campos que serviram de base para a obtenção da rede. As distâncias entre os nós que possuem ligação direta entre si foram obtidas no mosaico da cidade, e com elas obteve-se uma matriz de distâncias mínimas entre todos os nós, usando o algoritmo descrito por Floyd (1962). A Tabela 2 mostra a população de cada nó e sua demanda relativa pelo serviço a ser instalado. Conforme já frisado na Seção anterior, esta demanda relativa foi fornecida por profissionais da área de saúde da Prefeitura Municipal de São José dos Campos, e consiste nas percentagens de usuários dos serviços de saúde pública segundo o nível sócio-econômico de cada setor residencial.

Com estes dados, usou-se o método das K-medianas apresentado na Seção 2 para a localização dos postos de saúde. Conforme recomendação da Organização Mundial de Saúde, tais postos de saúde pública devem atender no máximo 20.000 habitantes. Como a população na época era de aproximadamente 229.000 habitantes, a demanda total pelos postos de saúde era de aproximadamente 11 postos. Testou-se então o modelo de localização com $K=11$.

A delimitação de setores segundo a homogeneidade de sua textura fotográfica implicará em geral, devido a estrutura diferenciada da área residencial urbana, setores não muito extensos. Observa-se que este fato é compatível com a necessidade de contar com setores cuja demanda pelo equipamento seja inferior ou igual à sua capacidade. Caso contrário haverá necessidade de dividir o setor em partes menores.

O modelo foi implementado e codificado em linguagem Pascal, sendo rodado no microcomputador NEXUS, com o tempo de processamento da ordem de 5 minutos.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos postos localizados através do algoritmo, bem como dos setores residenciais (nós) que cada posto deve atender.

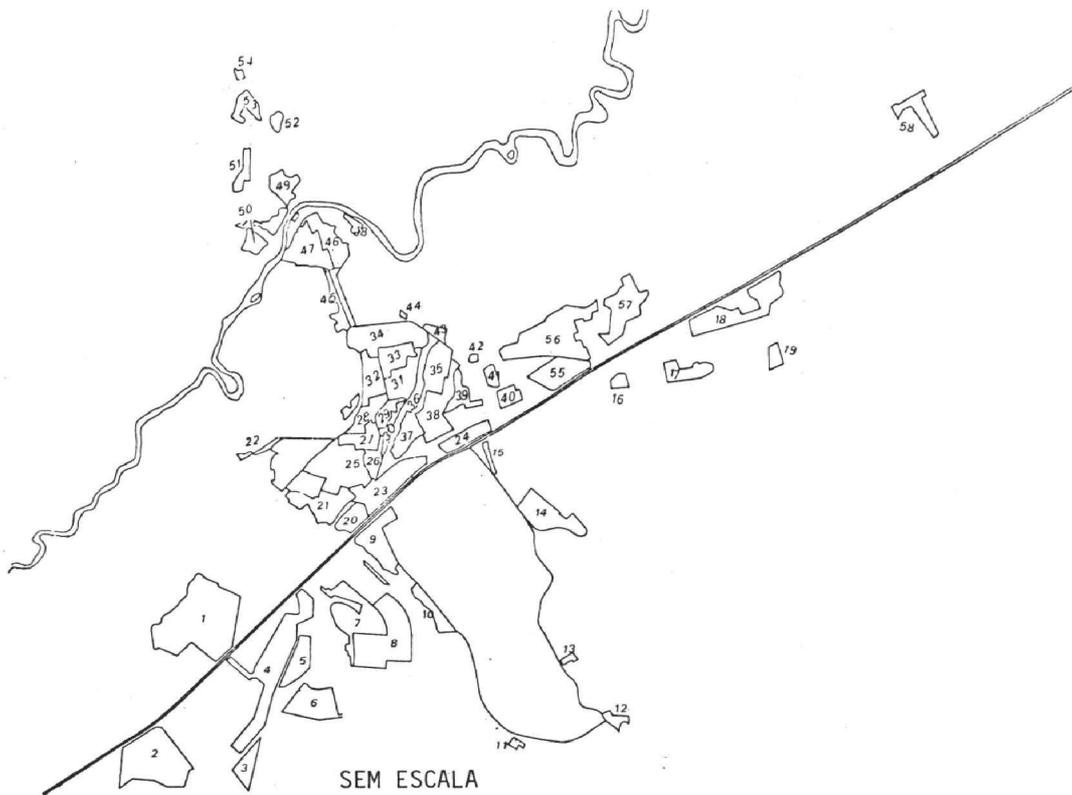


Fig. 1 - Setores homogêneos de 1977 utilizados na construção da rede.

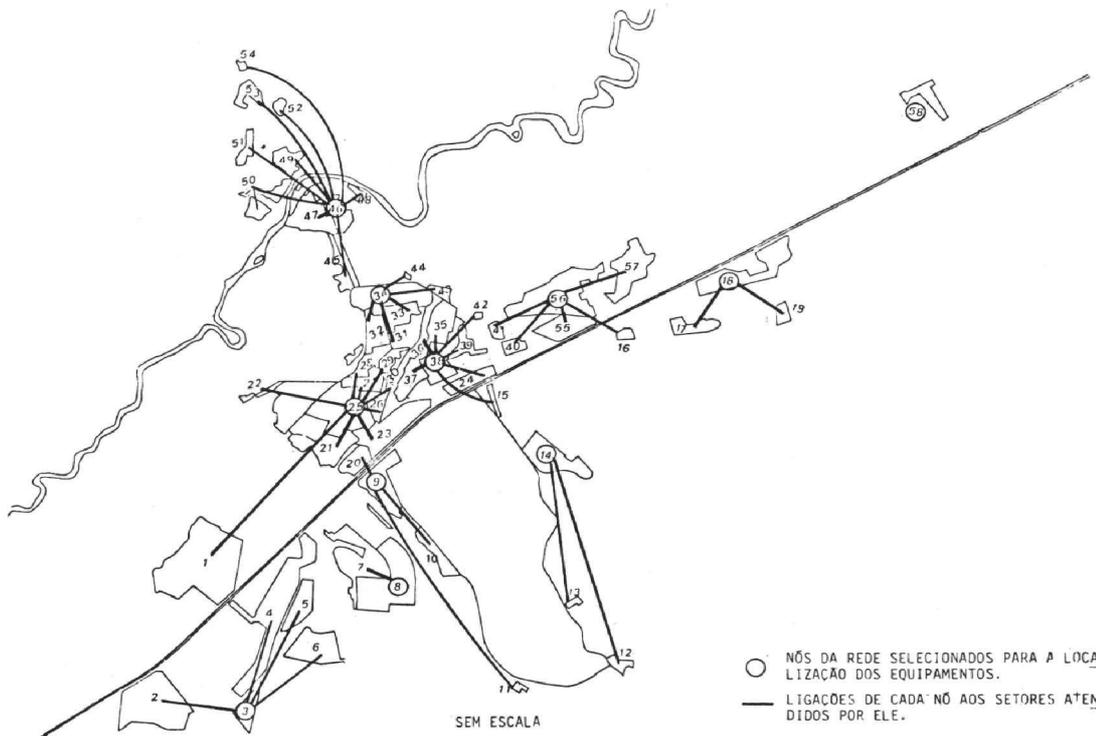


Fig. 2 - Distribuição espacial dos postos de saúde e respectivos setores residenciais atendidos em 1977, obtidos pelo algoritmo.

TABELA 2
POPULAÇÃO E DEMANDA PELO SERVIÇO EM CADA N.º

N.º	POPULAÇÃO	NÍVEL SOCIAL	POP. RELATIVA
1	1785	3	749
2	1000	4	530
3	1675	4	887
4	8465	4	4486
5	1150	3	483
6	1745	4	924
7	8630	4	4573
8	8905	3	3740
9	6025	4	3193
10	2500	4	1325
11	410	5	323
12	180	5	142
13	365	5	288
14	6060	4	3211
15	915	5	722
16	715	4	378
17	5520	2	607
18	2125	4	1126
19	430	5	339
20	1465	2	161
21	7405	3	3110
22	1035	4	548
23	3110	2	342
24	2880	3	1209
25	15160	2	1667
26	4040	3	1696
27	2805	2	308
28	3995	3	1677
29	1450	3	609
30	1560	4	826
31	4650	3	1953
32	5745	2	631
33	4885	3	2051
34	14110	3	5926
35	2645	2	290
36	1525	4	808
37	6590	4	3492
38	7860	3	3301
39	3795	4	2011
40	2240	3	940
41	1040	3	436
42	195	3	81
43	970	5	766
44	1010	4	535
45	4845	3	2034
46	10480	3	4401
47	8075	3	3391
48	1611	4	853
49	3815	4	2021
50	7930	4	4202
51	1175	5	928
52	1355	4	718
53	1735	4	919
54	750	4	397
55	3195	4	1693
56	10780	4	5713
57	2835	4	1502
58	2505	3	1052

5. CONCLUSÕES

Existem na literatura diferentes modelos matemáticos para auxiliar o planejador urbano. Estes modelos necessitam, geralmente, de uma série de dados que muitas vezes é onerosa ao poder público devido à necessidade de realização das coletas de campo.

Neste trabalho sugere-se uma maneira simples, rápida e eficiente de obter informações urbanas, através de dados de sensoriamento remoto a baixa altitude, necessárias à implementação de um destes modelos.

O modelo em questão tem como propósito localizar um número determinado de equipamentos em uma cidade, tendo como critério minimizar a distância global percorrida pelos usuários nos deslocamentos residência versus equipamento. A situação focalizada é aquela em que existe uma decisão a priori acerca do número total de postos de saúde a serem distribuídos na rede urbana. Em situações reais, embora de cisões a longo prazo possam fixar um número de equipamentos, restrições orçamentárias podem impedir a sua construção imediata. Neste caso, o modelo das K-medianas pode ser utilizado numa etapa inicial, posteriormente, podem-se usar outras técnicas para definir a prioridade nas construções.

A realização dos processos envolvidos na execução deste trabalho mostrou que a metodologia completa aqui proposta, que envolve a análise urbana através dos aerofotos, a modelagem em redes da malha urbana e a implementação de um algoritmo para a localização dos equipamentos em um microcomputador, pode ser um instrumento útil às Administrações Municipais do País. Isto, considerando a forma de obtenção dos dados, sua adequação aos propósitos envolvidos no modelo matemático, a facilidade para a implementação do algoritmo e a boa qualidade dos resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALIER, T.M.; SHERALI, H.D. Network location problems with continuous link demands: p-medians on a chain and 2-medians on a tree. *European Journal of Operational Research*, 23, 1986.
- FLOYD, R.W. Algorithm 97 - Shortest Path. *Communication of ACM*, 5, 345, 1962.
- HAKIMI, S.L. Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 1964.
- HAKIMI, S.L. Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems. *Operations Research*, 13, 1965.
- LARSON, R.C.; ODoni, A.R. *Urban Operations Research*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1981.
- MINIEKA, E. The centers and medians of a graph. *Operations Research*, 25(4), 1977.

MANSO, A.P.; BARROS, M.S.S.; OLIVEIRA, M.L.N. Determinação da população urbana através de sensoriamento remoto. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais*. Vol. 1, 399-421, São José dos Campos, Brasil, 1978.

OLIVEIRA, M.L.N. Aerial photograph texture discrimination for delineating homogeneous residential sectors: an instrument for urban planners. *Proceedings of International Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management*. 1986. Enschede, The Netherlands, 1986a. (no prelo).

OLIVEIRA, M.L.N. Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano. Tese de doutorado, FAUUSP, SP, 1986b. (no prelo).

OLIVEIRA, M.L.N.; MANSO, A.P.; BARROS, M.S.S. Setorização urbana através de sensoriamento remoto. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais*. Vol. I, 436-451, São José dos Campos, 1978.

OLIVEIRA, M.L.N.; BARROS, M.S.S. Sensoriamento Remoto e planejamento urbano: a identificação de setores residenciais prioritários para a localização de equipamentos de uso coletivo. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais*. Vol. 2, Brasília, 1982.

SLATER, P.J. On locating a facility to service areas within a network. *Operations Research*, 29, 1981.

TEITZ, M.B.; BART, P. Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*, 16, 1968.