RESUMO

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 fotointerpretação, suprir a carência de informações urbanas, fato comum às administrações municipais do país. Os dados das aeronaves são utilizados na localização, quantificação e ordenação da demanda de equipamentos, sendo este último aspecto função das condições socioeconômicas dos diversos grupos de moradores. Os dados obtidos pela fotointerpretação 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.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento urbano é um processo decidório destinado a produzir um ou mais estados futuros desejados de um sistema ou sub-sistema 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 à 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.

Nesté 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 do 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 modos de redes são frequentemente usados na representação de uma área urbana. Uma das maneiras de se fazer a localização 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, objetivando modelagem, quais sejam:

a) 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.

b) 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 são localizados tanto em nós do grafo, estes problemas são chamados K-medianas, onde K e 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. e serviços não-gerenciais como postos de saúde. Se os postos são localizados sobre a rede de transporte, são problemas típicos do tipo k-destino, uma vez que o objetivo 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-médiana.

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

Considerando-se um grafo G e um conjunto de k pontos Xk, escolher K pontos distin- tos, k = 1, 2, 3, ..., que serão indicados pelo conjunto Xk={(x1, x2, ..., xk). Seja \(d(Xk,j)\) a distância mínima entre qualquer um dos pontos xi \(xk\) e o nó j sobre o grafo. Isto é,

\[d(Xk,j) = \min_{xk} d(x,k,j)\]

Definição: Um conjunto de k pontos \(X_k\) sobre um grafo G é um conjunto de k-medianas de G, se para todo \(X_k\) do G:

\[J(X^*_k) \leq J(X_k)\]

onde:

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

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

Note-se que, por esta definição, determinar Xk 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-pouco, os métodos exatos se tornam inviáveis de serem implementados em tempos computacionais aceitáveis. Da forma como 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 K pontos de capacidade restrita dentro de 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 resolver-lo, adequar o algoritmo de Teitz ao caso aqui apresentado.

2.1. ALGORTIMO HEURÍSTICO PARA DETERMINAR AS K-MEDIANAS

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

INICIALIZAÇÃO: (Obter a 1-médiana)

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

Calcular a matriz HD= \((h_j \cdot d(i,j))\).

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

Determinar o Índice i, tal que:

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

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 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 esteja 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 eficaz, produzindo soluções bem próximas da solução ótima. Além disso, é fácil de programar consumindo baixo tempo computacional.


3. DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A IMPLE
MENTAÇÃO DO MÉTODO 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 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 disso, 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 carencia 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 diferentes grupos de moradores. Este último é função de características socio-econômicas da população.

As informações disponíveis nas administrações municipais do País acerca de características socio-econômicas e demográficas da população residente são provenientes básicamente 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, fazendo resscrever a construção 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 dispersos, são realizados regularmente apenas por aqueles municípios dotados de maiores recursos financeiros e com a máquina administrativa melhor aperfeiçada. Na maioria dos casos, a ação administrativa baseia-se no conhecimento intuitivo que se tem de realidade urbana;

b) algumas vezes o processo de setorização urbana efetuado para gerar o referencial geográfico dos dados e 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 simples unidimensionais de área ou aos tradicionais bairros da cidade; de qualquer modo não traduzindo 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 implica dos com o planejamento urbano.

Devido a tais dificuldades apontadas que resultam na não disponibilidade, junto a maioria das Administrações Municipais, dos dados necessários para sustentar o tipo de decisão envolvido nesse 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 apesar 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 sensorioamento remoto a baixa altitude para a obtenção das informações anteriormente apontadas, requeridas para解开 o método dos k-medianas na localização dos equipamentos urbanos de saúde de atendimento primário.

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

Inicialmente, propõe-se que os quatro itens apontados sejam obtidos apenas com dados da sensorioamento remoto: as aerofootos pânico máticas individuais na escala aproximada de 1:10.000; os pares estereoscópicos e o mosaico samicontrolado obtido a partir das aerofootos. 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 tráfego 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 (1965a), são:

a) discriminando 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 banistas 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 instrumento que possibilita a localização da 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 delimitação dos setores residenciais de textura homogênea, que constituem o referencial geográfico para o estudo da demanda pelo equipamento, a qual é realizada através da fotointerpretação das aerofootos 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 seu baricentro.

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

As distâncias mínimas entre nós, aproximadas, são então obtidas por intermédio de medidas realizadas no mosaico, percursos 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.


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 das unidades geográficas de interesse, considerando suas características físico-urbanísticas, ou seja, seu ambiente residencial. Com base nesta análise e comparando os setores entre
si, e 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 (1962).

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.

Neste 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 sanitários 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.

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 aerolevantamento 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 a malha urbana, da 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 Secção 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 socio-econômico de cada setor residencial.

Com estes dados, usou-se o método das K-medianas apresentado na Secção 2 para a localização dos postos de saúde. Conforme recomendação da Organização Mundial de Saúde, tais postos de saúde pública devem atender ao 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 extremos. 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.

---

**TABELA 1**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Nível Social do Setor</th>
<th>Usuários(%)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1- alto</td>
<td>4</td>
</tr>
<tr>
<td>2- medio/alto</td>
<td>11</td>
</tr>
<tr>
<td>3- medio</td>
<td>42</td>
</tr>
<tr>
<td>4- medio/baixo</td>
<td>53</td>
</tr>
<tr>
<td>5- baixo</td>
<td>79</td>
</tr>
</tbody>
</table>

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

Com base nesta percentagem, 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.
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.
<table>
<thead>
<tr>
<th>N°</th>
<th>POPULAÇÃO</th>
<th>NÍVEL SOCIAL</th>
<th>POP. RELATIVA</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>1</td>
<td>1785</td>
<td>3</td>
<td>749</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>1000</td>
<td>4</td>
<td>530</td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>1675</td>
<td>4</td>
<td>887</td>
</tr>
<tr>
<td>4</td>
<td>8465</td>
<td>4</td>
<td>4486</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>1150</td>
<td>3</td>
<td>483</td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>1745</td>
<td>4</td>
<td>924</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>8630</td>
<td>4</td>
<td>4573</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>8905</td>
<td>3</td>
<td>3740</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>6025</td>
<td>4</td>
<td>3193</td>
</tr>
<tr>
<td>10</td>
<td>2500</td>
<td>4</td>
<td>1325</td>
</tr>
<tr>
<td>11</td>
<td>410</td>
<td>5</td>
<td>323</td>
</tr>
<tr>
<td>12</td>
<td>180</td>
<td>5</td>
<td>142</td>
</tr>
<tr>
<td>13</td>
<td>365</td>
<td>5</td>
<td>288</td>
</tr>
<tr>
<td>14</td>
<td>6060</td>
<td>4</td>
<td>3211</td>
</tr>
<tr>
<td>15</td>
<td>915</td>
<td>5</td>
<td>722</td>
</tr>
<tr>
<td>16</td>
<td>715</td>
<td>4</td>
<td>378</td>
</tr>
<tr>
<td>17</td>
<td>5520</td>
<td>2</td>
<td>607</td>
</tr>
<tr>
<td>18</td>
<td>2125</td>
<td>4</td>
<td>1126</td>
</tr>
<tr>
<td>19</td>
<td>430</td>
<td>5</td>
<td>339</td>
</tr>
<tr>
<td>20</td>
<td>1465</td>
<td>2</td>
<td>161</td>
</tr>
<tr>
<td>21</td>
<td>7405</td>
<td>3</td>
<td>3110</td>
</tr>
<tr>
<td>22</td>
<td>1035</td>
<td>4</td>
<td>548</td>
</tr>
<tr>
<td>23</td>
<td>3110</td>
<td>2</td>
<td>342</td>
</tr>
<tr>
<td>24</td>
<td>2880</td>
<td>3</td>
<td>1209</td>
</tr>
<tr>
<td>25</td>
<td>15160</td>
<td>2</td>
<td>1667</td>
</tr>
<tr>
<td>26</td>
<td>4040</td>
<td>3</td>
<td>1696</td>
</tr>
<tr>
<td>27</td>
<td>2805</td>
<td>2</td>
<td>308</td>
</tr>
<tr>
<td>28</td>
<td>3995</td>
<td>3</td>
<td>1677</td>
</tr>
<tr>
<td>29</td>
<td>1450</td>
<td>3</td>
<td>609</td>
</tr>
<tr>
<td>30</td>
<td>1560</td>
<td>4</td>
<td>826</td>
</tr>
<tr>
<td>31</td>
<td>4650</td>
<td>3</td>
<td>1953</td>
</tr>
<tr>
<td>32</td>
<td>5745</td>
<td>2</td>
<td>631</td>
</tr>
<tr>
<td>33</td>
<td>4985</td>
<td>3</td>
<td>2051</td>
</tr>
<tr>
<td>34</td>
<td>14110</td>
<td>3</td>
<td>5926</td>
</tr>
<tr>
<td>35</td>
<td>2645</td>
<td>2</td>
<td>290</td>
</tr>
<tr>
<td>36</td>
<td>1525</td>
<td>4</td>
<td>808</td>
</tr>
<tr>
<td>37</td>
<td>6590</td>
<td>4</td>
<td>3492</td>
</tr>
<tr>
<td>38</td>
<td>7860</td>
<td>3</td>
<td>3301</td>
</tr>
<tr>
<td>39</td>
<td>3795</td>
<td>4</td>
<td>2011</td>
</tr>
<tr>
<td>40</td>
<td>2240</td>
<td>3</td>
<td>940</td>
</tr>
<tr>
<td>41</td>
<td>1040</td>
<td>3</td>
<td>436</td>
</tr>
<tr>
<td>42</td>
<td>195</td>
<td>3</td>
<td>81</td>
</tr>
<tr>
<td>43</td>
<td>970</td>
<td>5</td>
<td>766</td>
</tr>
<tr>
<td>44</td>
<td>1010</td>
<td>4</td>
<td>535</td>
</tr>
<tr>
<td>45</td>
<td>4845</td>
<td>3</td>
<td>2034</td>
</tr>
<tr>
<td>46</td>
<td>10480</td>
<td>3</td>
<td>4401</td>
</tr>
<tr>
<td>47</td>
<td>8075</td>
<td>3</td>
<td>3391</td>
</tr>
<tr>
<td>48</td>
<td>1611</td>
<td>4</td>
<td>653</td>
</tr>
<tr>
<td>49</td>
<td>3815</td>
<td>4</td>
<td>2021</td>
</tr>
<tr>
<td>50</td>
<td>7930</td>
<td>4</td>
<td>4202</td>
</tr>
<tr>
<td>51</td>
<td>1175</td>
<td>5</td>
<td>928</td>
</tr>
<tr>
<td>52</td>
<td>1355</td>
<td>4</td>
<td>718</td>
</tr>
<tr>
<td>53</td>
<td>1735</td>
<td>4</td>
<td>919</td>
</tr>
<tr>
<td>54</td>
<td>750</td>
<td>4</td>
<td>397</td>
</tr>
<tr>
<td>55</td>
<td>3195</td>
<td>4</td>
<td>1693</td>
</tr>
<tr>
<td>56</td>
<td>10780</td>
<td>4</td>
<td>5713</td>
</tr>
<tr>
<td>57</td>
<td>2835</td>
<td>4</td>
<td>1502</td>
</tr>
<tr>
<td>58</td>
<td>2505</td>
<td>3</td>
<td>1052</td>
</tr>
</tbody>
</table>
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. Nestes casos, o modelo das K-medias pode ser utilizado na mesma 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 instrumental 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 de dos resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


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).


