

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE SERVIÇOS ESPECIALIZADOS  
DE SAÚDE**

FABIANA SANTOS LIMA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

FLORIANÓPOLIS  
1996



0.262.347-1



UFSC-BU

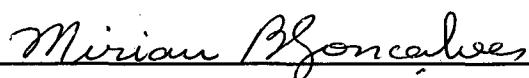
**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE SERVIÇOS ESPECIALIZADOS DE  
SAÚDE**

**FABIANA SANTOS LIMA**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de  
Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo  
Programa de Pós-Graduação.**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.**  
**Coordenador do curso**

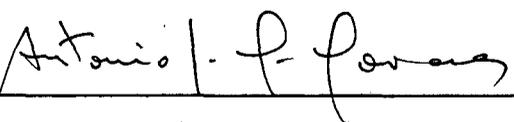
**Banca Examinadora:**

  
\_\_\_\_\_

**Profª Mirian Buss Gonçalves, Drª**  
**Orientadora**

  
\_\_\_\_\_

**Prof. João Carlos Souza, Dr.**

  
\_\_\_\_\_

**Prof. Antônio Galvão Novaes, Dr.**

*Dedico este trabalho ao amor de duas pessoas que sempre foram para mim exemplo  
de luta e honestidade*

*meus pais*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus por esta oportunidade.

Aos meus familiares, que mesmo distante sempre me auxiliaram e apoiaram em todos os momentos.

A prof<sup>ª</sup>. Mirian Buss Gonçalves, pela competente orientação e dedicação durante a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. João Carlos Souza e Prof. Antônio Galvão Novaes, pelas valiosas sugestões e comentários.

Ao meu namorado Paulo Antônio Franchi, que sempre esteve ao meu lado durante todos os momentos, apoiando-me e dando incentivo, que foram fundamentais no desenvolvimento do meu trabalho.

Aos colegas do curso de pós-graduação em engenharia de produção pelo estímulo e pela amizade demonstrados. Em especial ao amigo Odacir Graziolli, que no transcorrer deste trabalho sempre ofereceu orientação e auxílio, e a amiga Lourdes Almeida pela seu apoio e valiosa colaboração.

Ao Dr. Antônio Silveira Sbissa, pela atenção e orientação que foram fundamentais para a conclusão deste projeto.

A enfermeira Gentila Bortoluzzi, pela sua dedicação e colaboração no fornecimento de dados, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

A amiga Ana Cristina Boblitz Parente pela sua presença e apoio nos momentos mais difíceis.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram nesta caminhada.

## **RESUMO**

**Neste trabalho apresentamos uma metodologia para determinar a localização espacial de centros intermediários de serviços especializados de saúde em uma determinada região.**

**Propomos uma estrutura hierarquica com unidades hospitalares locais, centros intermediários e um centro de referência.**

**A localização dos centros intermediários de serviços especializados de saúde é obtida como solução de um problema de p-medianas, visando minimizar a distância média de deslocamento dos usuários.**

**Uma aplicação prática desta metodologia proposta é desenvolvida, no estado de Santa Catarina, com o intuito de planejar uma provável distribuição geográfica de Centros de Atendimento Cardiológico Intermediários (CACIs), proporcionando assim, uma melhor qualidade de atendimento à população que necessita dos serviços especializados em cardiologia. O desenvolvimento desta aplicação prática mostra a viabilidade da metodologia proposta e os resultados obtidos mostram a validade da mesma.**

## **ABSTRACT**

**This paper presents a method to determine spatial location of intermediate specialized health service centers, in a certain region.**

**We propose a hierarchical structure composed by local hospital units, intermediate and a reference centers.**

**The intermediate specialized health service centers location are obtained through the as solution of a p-median problem, aiming at minimizing the user's average distance moving.**

**The proposed methodology application is developed in Santa Catarina state, as a geographic distribution of the Internidiate Cardiological Service Centers (ICSCs) plan, to provide a better quality on cardiologic service for the inhabitants of the area. This pratical application development shows the viability of the proposed methodology and the results obtained also show its validity.**

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 - Justificativa.....	01
1.2 - Objetivo.....	03
1.3 - Estrutura do Trabalho.....	04

### CAPÍTULO II - CARACTERÍSTICAS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SERVIÇOS DE SAÚDE NO ESTADO DE SANTA CATARINA

2.1 - Introdução.....	05
2.2 - Aspectos Físicos.....	06
2.3 - Divisão Territorial da área em estudo.....	07
2.3.1 - Mesorregião do Oeste Catarinense.....	08
2.3.2 - Mesorregião do Norte Catarinense.....	08
2.3.3 - Mesorregião Serrana.....	09
2.3.4 - Mesorregião do Vale do Itajaí.....	10
2.3.5 - Mesorregião da Grande Florianópolis.....	10
2.3.6 - Mesorregião do Sul Catarinense.....	11
2.4 - Características da População no estado de Santa Catarina.....	13
2.5 - Características do serviço de Saúde no estado de Santa Catarina.....	14
2.5.1 - Regionalização da saúde.....	14
2.5.2 - Distribuição regional.....	15
2.5.3 - Distribuição hospitalar.....	17

2.5.4 - Classificação dos hospitais quanto ao porte e população mínima por níveis de especialidade.....	24
---	----

### **CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

3.1 - Introdução.....	26
3.2 - Teoria do Lugar Central e hierarquia urbana.....	26
3.3 - Estrutura de Grafos.....	31
3.3.1 - Conceitos e Definição.....	31
3.3.1.1 - Grafo.....	31
3.3.1.2 - Arcos ou Arestas.....	31
3.3.1.3 - Grafos Direcionados, Não Direcionados e Mistos.....	31
3.3.1.4 - Vértices Adjacentes.....	31
3.3.1.5 - Laço.....	31
3.3.1.6 - Rede.....	31
3.3.1.7 - Incidência.....	32
3.3.1.8 - Grau de um Vértice.....	32
3.3.1.9 - Grafo Ponderado.....	32
3.3.2 - Representação de um Grafo no Computador.....	32
3.4 - Aproximações de Distâncias.....	33
3.4.1 - Métricas.....	33
3.4.2 - Distância Média de Resposta.....	34
3.5 - Problemas de Localização.....	36
3.5.1 - Introdução.....	36
3.5.2 - Método das p- medianas.....	38
3.6 - A Proposta.....	44

## **CAPÍTULO IV - DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO PARA O SERVIÇO DE ATENDIMENTO CARDIOLÓGICO**

4.1 - Introdução.....	46
4.2 - Hierarquia Utilizada.....	47
4.3 - Seleção dos Municípios candidatos.....	48
4.4 - Definição dos pesos.....	51
4.5 - Determinação da matriz de distâncias.....	52
4.6 - Implementação do problema da p-mediana.....	56
4.7 - Soluções obtidas.....	59

## **CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

5.1 - Conclusões.....	69
5.2 - Sugestões para trabalhos Futuros.....	71

## **ANEXOS**

<b>Anexo 1</b> - Relação das associações de municípios do estado de Santa Catarina e seus respectivos municípios.....	73
<b>Anexo 2</b> - Programa “p-mediana” e “programa “MedUnit”.....	81

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>99</b>
--------------------------	-----------

**LISTA DAS FIGURAS**

<b>FIGURA 2.1 - Localização geográfica do estado de Santa Catarina.....</b>	<b>07</b>
<b>FIGURA 2.2 - Divisão Territorial do estado de Santa Catarina com indicação das mesorregiões geográficas.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2.3 - População do estado de Santa Catarina.....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 2.4 - Mapa do estado de Santa Catarina com a divisão das Associações de Municípios.....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 2.5 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - ano 1993.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 2.6 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - ano 1994.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 2.7 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - ano 1995 .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 3.1 - Representação da distância Euclidiana e distância retangular entre dois pontos no plano cartesiano.....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 3.2 - Constantes de proporcionalidade.....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 3.3 - Exemplo de um grafo não direcionado com cinco nós.....</b>	<b>41</b>

<b>FIGURA 3.4 - Estrutura hierárquica proposta.....</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 4.1 - Estrutura hierárquica utilizada.....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 4.2 - Localização dos municípios candidatos a sediarem um CACI no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 4.3 - Localização dos 8 CACIs no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 4.4 - Localização sub-ótima dos 8 CACIs no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 4.5 - Localização de 5 CACIs fixando 8 medianas no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>TABELA 1.1 - Número de óbitos e percentual relativo a problemas cardíacos no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>02</b>
<b>TABELA 4.1 - Municípios que satisfazem dois requisitos.....</b>	<b>49</b>
<b>TABELA 4.2 - Municípios candidatos a sediarem um CACI, código dos municípios e seus respectivos pesos.....</b>	<b>52</b>
<b>TABELA 4.3 - Área total da regional.....</b>	<b>54</b>
<b>TABELA 4.4 - Matriz de distâncias.....</b>	<b>55</b>
<b>TABELA 4.5 - Distância média percorrida p/ usuário.....</b>	<b>62</b>
<b>TABELA 4.6 - Distância média percorrida p/ usuário.....</b>	<b>64</b>
<b>TABELA 4.7 - Distância média percorrida p/ usuário (entre as 5-medianas).....</b>	<b>67</b>
<b>QUADRO 2.1 - Relação das Associações de Municípios no estado de Santa Catarina.....</b>	<b>16</b>
<b>QUADRO 2.2 - Distribuição hospitalar em Santa Catarina.....</b>	<b>18</b>
<b>QUADRO 2.3 - População necessária por tipo de especialidade.....</b>	<b>25</b>
<b>QUADRO 3.1 - Exemplo de hierarquia urbana.....</b>	<b>30</b>

## **INTRODUÇÃO**

### **1.1 - JUSTIFICATIVA**

A organização da prestação dos serviços públicos de saúde existente no país, é fonte de grande preocupação às instituições ligadas a este setor.

A pressão de expressiva parcela da população sem opções para obter assistência médica fez com que se buscasse um novo modelo de assistência integral a saúde, que privilegia a integração, a regionalização e a hierarquização dos serviços. Necessita-se então redefinir o papel do setor público na atenção a saúde. Isto não significa desconhecer a capacidade instalada da iniciativa privada, mas dar aos serviços do setor uma nova lógica, que resulta das ações na prestação dos serviços de saúde (Junqueira [33]).

Busca-se uma integração dos serviços, desde o nível da atenção primária àquele de maior complexidade.

Apesar da integração, da regionalização e da hierarquização dos serviços de saúde constituírem o modelo ideal para a prestação dos serviços, algumas organizações ainda trabalham com estruturas extremamente verticalizadas e organizadas para atender de maneira isolada à população.

O modelo que integra unidades e transfere ao nível regional a decisão sobre os serviços a serem prestados à população, implica numa descentralização no estabelecimento de níveis de atenção de complexidade crescente. Isso constitui um meio de adequar a oferta de serviços de saúde às necessidades de cada realidade social.

O entendimento da regionalização não se dá independentemente da descentralização ou do deslocamento dos centros de decisão para as unidades mais próximas aos usuários. Disto decorre também a própria hierarquização dos serviços, pois para integrar uma rede de complexidade crescente é necessário que o poder sobre ela esteja próximo de quem utiliza seus serviços. A integração significa o poder de encaminhar um paciente de uma unidade para outra, de maior complexidade, o paciente ser recebido, tratado e posteriormente ser encaminhado para o acompanhamento.

Nesta “integração” o serviço especializado de saúde tem um grande papel, ou seja, é através destes tipos de serviços que o paciente poderá encontrar o tratamento mais adequado e uma recuperação mais imediata.

Os problemas relativos a serviços de saúde existem em diferentes países. O Brasil é um dos países onde esses problemas são acentuados devido a vários fatores políticos, econômicos e sociais.

Em Santa Catarina, como nos demais estados brasileiros, os problemas relativos à saúde são numerosos. Os dados do Anuário Estatístico deste estado, expressos na Tabela 1.1 apresentam o número de óbitos nos anos de 1980, 1990, 1991, 1992 e 1993 e o percentual destes relativo a problemas cardíacos.

**TABELA 1.1**

<b>ANO</b>	<b>Nº total de óbitos</b>	<b>Óbitos p/ doença cardíaca(%)</b>
<b>1980</b>	19797	17%
<b>1990</b>	22771	16%
<b>1991</b>	22164	16%
<b>1992</b>	22759	17%
<b>1993</b>	24357	16%

No estado de Santa Catarina, entre os hospitais existentes, existe somente um hospital público especializado em cardiologia, o qual está localizado no litoral catarinense. Devido a sua localização e unicidade, torna-se praticamente impossível

dar o atendimento necessário a todos àqueles que necessitam deste tipo de serviços, gerando com isto imensuráveis problemas.

Sendo assim, é notável a problemática existente quanto ao serviço público especializado no estado, mais especificamente serviços especializados em cardiologia, ou seja, para atender a uma população de aproximadamente 4 milhões 542 mil habitantes, têm-se somente como serviço público especializado em problemas cardíacos, o Instituto de Cardiologia, o qual para muitas pessoas é de difícil acesso (ver capítulo II).

Levando-se em consideração esta problemática existente, visamos com este trabalho apresentar uma metodologia para distribuição espacial de serviços de saúde, contemplando uma hierarquização nos mesmos, e aplicamos o modelo proposto a serviços especializados em cardiologia no estado de Santa Catarina.

Sugerimos através deste trabalho, a implantação de Centros de Atendimento Cardiológico Intermediários (CACIs) e fazemos sua distribuição em diferentes pontos do estado de Santa Catarina usando a metodologia da p-mediana.

## **1.2 - OBJETIVOS**

Baseado na necessidade existente de um melhor atendimento à população, o presente trabalho de pesquisa tem como objetivos:

- Propor uma metodologia para a distribuição espacial de serviços especializados em saúde.
- Mostrar a viabilidade da metodologia desenvolvendo uma aplicação prática para o serviço de atendimento cardiológico para o estado de Santa Catarina.

### **1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos.

São descritos neste capítulo, a justificativa e os objetivos da pesquisa.

Sua finalidade é introduzir o tema da pesquisa e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta as características da distribuição espacial dos serviços de saúde no estado de Santa Catarina.

No terceiro capítulo são descritos alguns conceitos fundamentais usados na proposta metodológica para a distribuição espacial de serviços especializados de saúde.

O quarto capítulo demonstra a viabilidade da metodologia proposta através do desenvolvimento de uma aplicação prática para serviços especializados em cardiologia no estado de Santa Catarina.

No quinto capítulo apresentamos as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Finalmente é apresentada a bibliografia utilizada, bem como, a citada neste trabalho.

**CARACTERÍSTICAS DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SERVIÇOS DE  
SAÚDE NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

**2.1 -INTRODUÇÃO**

A distribuição dos serviços de saúde no estado de Santa Catarina é de grande importância no desenvolvimento deste trabalho, pois foi tomada como base na seleção dos municípios candidatos a sediarem um CACI, sendo esta seleção detalhada no capítulo IV.

Este capítulo tem por finalidade mostrar como estão distribuídos os serviços de saúde no estado de Santa Catarina, ou seja, como e onde estão localizados estes serviços. Para isto é importante relatar primeiramente alguns aspectos físicos da área em estudo e de que maneira é feita a divisão territorial, assim como a característica populacional do estado, visando com isto um maior conhecimento da área estudada.

Após, há um breve comentário sobre o projeto da regionalização da saúde feito no estado de Santa Catarina. Posteriormente é apresentada a estrutura organizacional, identificando as 18 regionais de saúde existentes no estado, assim como, a distribuição hospitalar existente em cada regional. Logo depois, é mostrada a classificação dos hospitais quanto ao porte, e a classificação da população quanto ao nível de especialidade.

## 2.2 - ASPECTOS FÍSICOS

O estado de Santa Catarina está localizado no Sul do Brasil, possui uma área de 95.442,9 km<sup>2</sup> o que equivale a 16,57% da Região Sul e a 1,12% do território brasileiro.

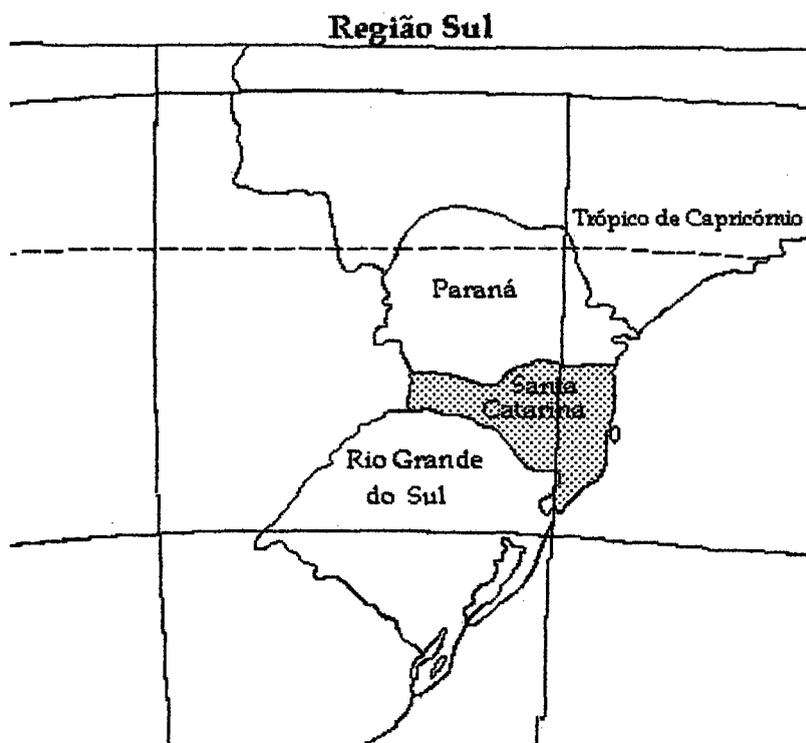
Este estado limita-se ao norte com o estado do Paraná, ao Sul com o estado do Rio Grande do Sul, ao Oeste com a República Argentina e a leste com o Oceano Atlântico [ver figura 2.1].

Comparando as dimensões dos estados do Sul, segundo Paulo Lago [38], Santa Catarina cabe duas vezes no estado do Paraná, e em relação ao estado do Rio Grande do Sul, é 2,9 vezes menor.

Este estado possui uma das maiores linhas litorâneas estaduais iniciando na Foz do rio Saíguaçu na divisa do estado do Paraná seguindo até a foz do rio Mampituba na divisa do estado do Rio Grande do Sul, com uma extensão de 561,4 km, o que equivale a 7% do litoral brasileiro.

O estado de Santa Catarina possui como capital administrativa a cidade de Florianópolis. O estado está dividido em 260 municípios, isto desde 1º de janeiro de 1993, quando foram instalados 43 municípios criados entre setembro de 1991 e março de 1992.

Segundo o Anuário estatístico do estado de Santa Catarina de 1994, estão sendo criados novos municípios que serão instalados a partir de 1º de janeiro de 1997.



**FIGURA 2.1 - Localização geográfica do estado de Santa Catarina**

### **2.3 - DIVISÃO TERRITORIAL DA ÁREA EM ESTUDO**

O estado de Santa Catarina engloba áreas individualizadas, marcadas pelas características constatadas na organização do espaço regional, a partir de condições naturais e das condições que se manifestaram no decorrer de sua evolução econômica, social e cultural.

Conforme a Sinopse Preliminar do Censo demográfico de 1991, o estado de Santa Catarina encontra-se dividido em seis mesorregiões e vinte microrregiões geográficas.

As mesorregiões geográficas constituem o macroespaço estadual e foram identificadas a partir da análise do processo social e do quadro natural.

São apresentadas a seguir, as mesorregiões existentes no estado, juntamente com suas respectivas microrregionais.

### **2.3.1 - MESORREGIÃO DO OESTE CATARINENSE**

A mesorregião do Oeste Catarinense é organizada em torno de agroindústrias que processam a produção agropecuária proveniente de pequenos estabelecimentos de origem colonial.

Chapecó é o mais importante centro de serviços do Oeste Catarinense, teve sua posição funcional reforçada com a crescente subordinação da produção agropecuária à dinâmica industrial, o que implica na diversificação de órgãos oficiais e privados gerenciadores da agroindustrialização.

Chapecó, São Miguel do Oeste e Xanxerê, são pólos de convergência da produção proveniente da porção ocidental da mesorregião, enquanto Concórdia, Joaçaba, Videira e Caçador centralizam os fluxos de mercadorias do Vale do Rio do Peixe.

Conforme a Sinopse Preliminar do Censo Demográfico de 1991, esta mesorregião possuía até o ano de 1991, a maior área terrestre (27 557,9 km<sup>2</sup>) e a maior parcela da população residente no estado (1.050.811 hab.). Teve crescimento relativo de 12,95% no período de 1980 - 1991 apresentando equilíbrio quanto à distribuição da população residente nos centros urbanos (50,72%) e na zona rural (49,28%).

Nesta mesorregião foram identificados cinco microrregiões: São Miguel do Oeste, Chapecó, Xanxerê, Joaçaba e Concórdia.

### **2.3.2 - MESORREGIÃO DO NORTE CATARINENSE**

Estreitamente ligada ao estado do Paraná a mesorregião do Norte Catarinense, é composta de três microrregiões: Canoinhas, São Bento do Sul e Joinville.

A cidade de Joinville funciona como pólo de desenvolvimento, organizando então um mercado de trabalho em torno de um parque fabril que se

expande em direção a centros industriais menores como Jaraguá do Sul, São Bento do Sul e Canoinhas.

Segundo Sinopse Preliminar do Censo Demográfico de 1991, esta mesorregião possui uma posição privilegiada dentro do espaço agrícola catarinense, uma vez que dispõe de grandes áreas do Planalto de Canoinhas a serem incorporadas ao processo produtivo, assentadas sobre um relevo, levemente recortado pelos rios Negro e Iguaçu, permitindo a utilização da mecanização nessas terras.

A localização, as ligações viárias e o potencial agrícola e industrial sinalizam a afirmação do Norte Catarinense como uma unidade de variadas funções, capaz de se articular com diversos segmentos do território estadual e nacional.

Apresentando população predominantemente urbana, a mesorregião teve crescimento populacional relativo de 36,10% no período de 1980 - 1991.

### **2.3.3 - MESORREGIÃO SERRANA**

Nesta mesorregião destaca-se a cidade de Lages, cujo crescimento acompanhou de perto as modificações ocorridas na Região Serrana Catarinense.

Conforme a Sinopse Preliminar do Censo demográfico de 1991, o “segundo ciclo da madeira”, a expansão agrícola, o crescimento da indústria de laticínios e de carnes, reforçam a posição de Lages, como o maior centro industrial e de serviços dessa mesorregião, dinamizando assim a economia regional.

A grande extensão dessa mesorregião, faz com que os centros localizados em pontos privilegiados da rede viária, como Lages, Curitibanos e Campos Novos, conduzam também, a sua vida de relações, vinculando-se às demais regiões do estado segundo o complexo de interesses nos quais estão inseridos.

A mesorregião Serrana teve crescimento relativo de 8,30% no período de 1980-1991 e sua população é predominantemente urbana.

Esta mesorregião compreende duas microrregiões: Curitibanos e Campos de Lages.

### **2.3.4 - MESORREGIÃO DO VALE DO ITAJAÍ**

A mesorregião do Vale do Itajaí é integrada por quatro microrregiões sendo elas: Rio do Sul, Blumenau, Itajaí e Ituporanga.

A cidade de Blumenau, foco da colonização alemã da região, é um grande centro de prestação de serviços pois concentra um grande número de indústrias tradicionais, catalisando assim as relações funcionais da rede urbana regional, sobre a qual sempre manteve liderança.

O porto de Itajaí, que foi adaptado para o embarque de containers, escoou a produção de congelados, aves e peixes, e atende à exportação da produção industrial do estado.

Esta mesorregião teve um crescimento relativo de 30,39% no período de 1980 - 1991, apresenta uma população predominantemente urbana, com a participação de 76,11% do total da população residente. Esta população urbana têm uma concentração maior em Blumenau e Itajaí.

### **2.3.5 - MESORREGIÃO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS**

Esta mesorregião têm seu papel definido no estado como pólo político administrativo em virtude da presença da capital, que além de exercer tais funções juntamente com as de caráter financeiro, centraliza grande parte dos serviços de assistência médica, educacional e cultural utilizados pela população de todo o estado.

Na capital do estado a valorização do solo urbano acompanhou a ampliação das funções administrativas, comerciais, turísticas e de caráter financeiro.

A diversificação do comércio e a expansão urbana da capital, conferiram ao seu crescimento características de aglomeração urbana, havendo um extravasamento populacional da ilha para os municípios vizinhos do continente. Entre estes municípios, destaca-se o município de São José, com o qual Florianópolis forma um continente urbano, através de intenso fluxo de pessoas, bens e serviços. Seu

movimento de ligação com São José e expansão sobre os demais municípios define sua área de influência direta.

O esforço de dotar a capital de uma infra estrutura turística visando explorar seus recursos paisagísticos vem no sentido de manter a posição que essa mesorregião ocupa no equilíbrio das forças regionais de um estado que tem seus centros industriais mais expressivos deslocados de seu núcleo político - administrativo.

A mesorregião Grande Florianópolis teve crescimento relativo de 38,57% no período 1980 - 1991. Apresenta uma população predominantemente urbana e a maior densidade demográfica do estado catarinense, relacionada à concentração populacional da aglomeração urbana de Florianópolis.

Três são as microrregiões identificadas nesta mesorregião: Tijucas, Florianópolis e Tabuleiro.

### **2.3.6 - MESORREGIÃO DO SUL CATARINENSE**

Nesta mesorregião destaca-se a cidade de Criciúma, que é o quarto parque industrial do estado e o principal centro de serviços de sua porção meridional, que, além das atividades extrativas tradicionais, desenvolve outro ramo fabril de crescente penetração no mercado nacional, que é o da cerâmica. Outros centros de importância são Tubarão, Urussanga e os portos de Imbituba e Laguna.

A evolução da mesorregião Sul Catarinense deve-se a existência do pólo carbonífero, ligadas à siderurgia e ao fornecimento de energia.

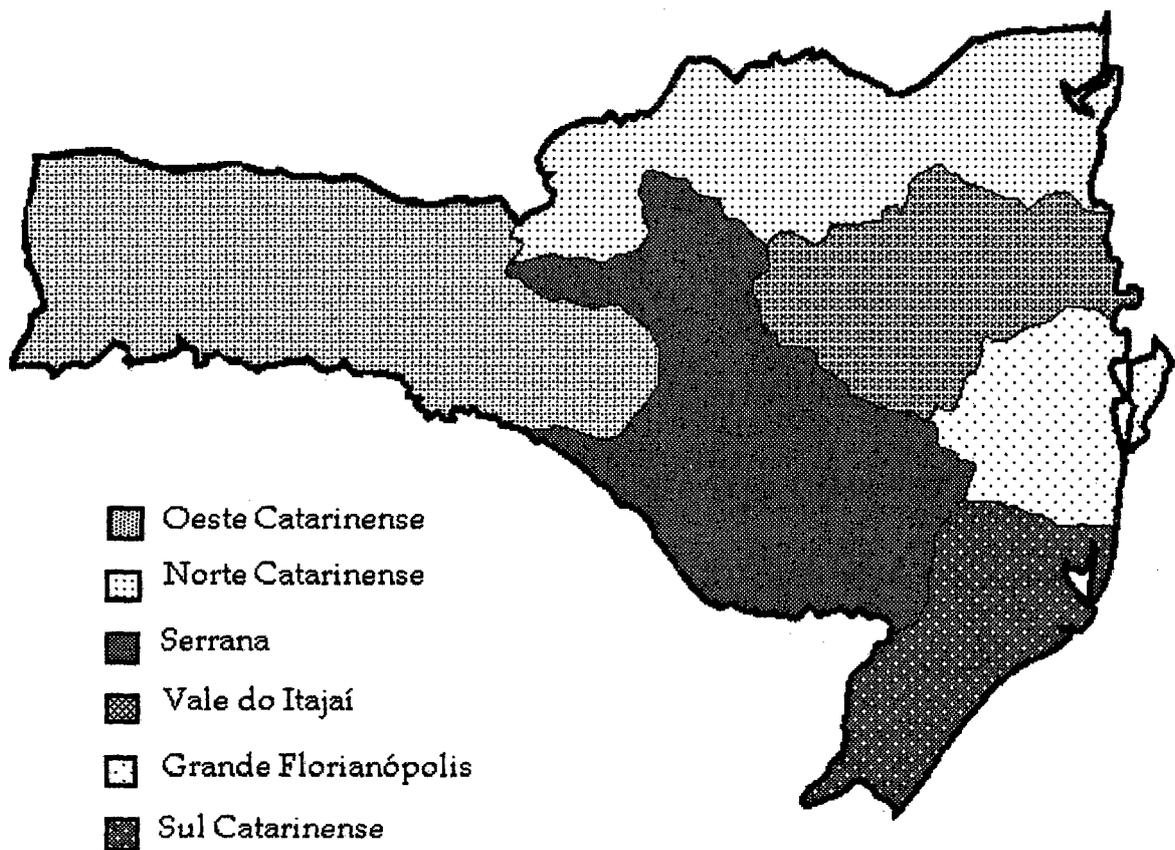
O desenvolvimento econômico desta mesorregião, envolve um custo ambiental, quando observa-se que a região carbonífera catarinense é uma das áreas críticas do país em termos de poluição. Seus cursos de água estão comprometidos para o abastecimento urbano, e algumas áreas de terra férteis tornadas estéries pela lavra do carvão.

Esta mesorregião teve um crescimento relativo de 25,96% no período de 1980 a 1991 e a participação da população urbana no total da população residente é de

68,39%. Apresenta densidade demográfica de 75,31 habs./km<sup>2</sup>, sobressaindo a cidade de Criciúma com 694,69 habs./Km<sup>2</sup>.

As microrregiões: Tubarão, Criciúma e Araranguá integram essa mesorregião.

Além da delimitação dos espaços, esta divisão territorial [ver figura 2.2 ] busca de certa forma uma maior compreensão das diferentes realidades sub regionais, definindo e explicando o papel de cada espaço no conjunto da organização espacial do estado.

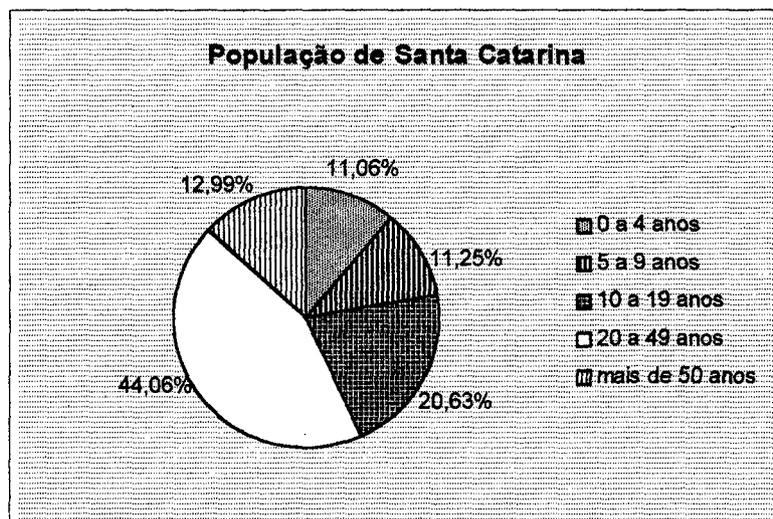


**FIGURA 2.2 - Divisão territorial do estado de Santa Catarina com indicação das mesorregiões geográficas**

## 2.4 - CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

A população total do estado levantada pelo Censo de 1991 foi de aproximadamente 4 milhões 542 mil habitantes.

Destes 50,10% compõem-se de homens e 49,90% de mulheres; 11,06% são crianças de zero a 4 anos, 11,25% crianças de 5 a 9 anos; 20,63% com idade de 10 a 19 anos; 44,06% ficam na faixa de 20 a 49 anos e o percentual de 12,99%, têm 50 anos ou mais [ ver figura 2.3 ]



**FIGURA 2.3 - População do estado de Santa Catarina**

A população estimada da capital do estado em 1994 era de 272.073 hab, ou seja, representava 5,70% de toda a população do estado.

Segundo a I Conferência Municipal da Saúde de Florianópolis[61], boa parte da cidade é constituída por imigrantes que procuram uma melhor qualidade de vida, sendo este grupo constituído por pessoas de bom poder aquisitivo e com qualificação profissional. Essas pessoas procuram a cidade de Florianópolis pela

qualidade de vida representada pelas belezas naturais e pelo conforto de uma cidade sem violência.

Outro grupo é constituído por pessoas de baixo poder aquisitivo e sem qualificação profissional, vivendo principalmente nas 46 áreas carentes de Florianópolis, sendo 28 na ilha e 18 no continente. Estas áreas apresentam uma população estimada de 32.200 pessoas, ou seja, 13% do total. A maioria destas pessoas vêm do oeste catarinense, da periferia das cidades do interior e, recentemente, da própria área urbana da cidade e dos municípios vizinhos.

## **2.5 - CARACTERÍSTICAS DO SERVIÇO DE SAÚDE NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

### **2.5.1 - REGIONALIZAÇÃO DA SAÚDE**

Com base nas mudanças ocorridas no país no setor da saúde, a Secretaria de Estado da Saúde implantou uma nova estrutura Regional que têm por objetivo a descentralização dos serviços técnicos-administrativos do nível central para o nível regional, desenvolvendo assim o Projeto da Regionalização da Saúde no Estado.

Este projeto viabiliza a implantação de um novo modelo organizacional, contemplando o nível regional, dentro de uma visão municipalista e descentralizada, com a participação efetiva dos municípios.

Segundo o sociólogo Luciano Junqueira [33], o novo modelo organizacional, baseado na integração, regionalização e hierarquização estabelece uma nova lógica para a prestação de serviços por meio de diversos níveis de serviços com determinadas capacidades resolutivas. Com isso passa a haver uma única porta de entrada, próxima do local de moradia; se o problema não se resolve neste nível, encaminha-se sucessivamente aos ambulatórios especializados e aos hospitais, procurando-se otimizar e articular os recursos mais complexos para resolver os problemas de saúde da população.

Isto justifica a importância da hierarquia proposta no desenvolvimento da aplicação deste trabalho.

A regionalização da saúde têm como objetivo implantar, a nível intermediário uma estrutura técnico - administrativa capaz de assegurar o acompanhamento, o controle e a avaliação dos serviços de saúde prestados à população através de um sistema onde as redes ambulatorial e hospitalar encontram-se hierarquizadas, de acordo com o nível de complexidade e da abrangência dos serviços previstos para as unidades que as integram, garantindo resolutividade aos problemas de saúde (Caderno II,[7]).

### **2.5.2- DISTRIBUIÇÃO REGIONAL**

Como proposta para implantar as novas estruturas Regionais de Saúde, foi definida a criação de 18 regionais, através de convênios de cooperação técnico - financeira entre a Secretaria de Estado da Saúde e as 18 Associações de Municípios existentes no Estado (ver quadro 2.1).

Segundo estudos feitos na Secretaria de Estado da Saúde, o Projeto da Regionalização da Saúde no Estado teve início em novembro de 1992, começando pela Associação dos Municípios do Nordeste de Santa Catarina, e finalizando em junho de 1996 com a Associação dos Municípios da Grande Florianópolis.

Na figura 2.4, apresenta-se a distribuição espacial das 18 associações existentes no estado.

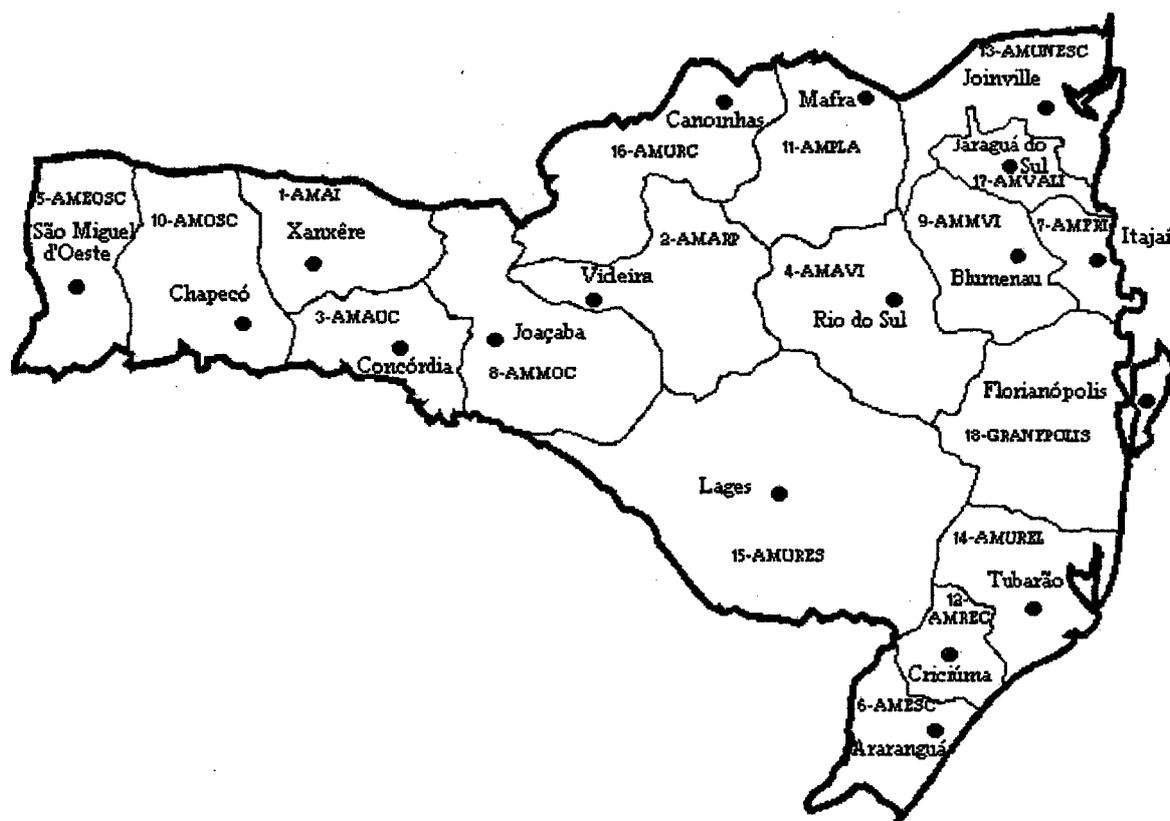
### Quadro 2.1

#### Relação das Associações de Municípios do Estado de Santa Catarina

SIGLA	ASSOCIAÇÃO
1-AMAI	Assoc. dos Munic. do Alto Irani
2- AMARP	Assoc. dos Munic. do Alto Vale do Rio do Peixe
3- AMAUC	Assoc. dos Munic. do Alto Uruguai Catarinense
4- AMAVI	Assoc. dos Munic. do Alto Vale do Itajaí
5- AMEOSC	Assoc. dos Munic. do Extremo Oeste de Santa Catarina
6- AMESC	Assoc. dos Munic. do Extremo Sul de Santa Catarina
7- AMFRI	Assoc. dos Munic. da Foz do Rio Itajaí
8- AMMOC	Assoc. dos Munic. do Meio Oeste Catarinense
9-AMMVI	Assoc. dos Munic. do Médio Vale do Itajaí
10- AMOSC	Assoc. dos Munic. do Oeste de Santa Catarina
11-AMPLA	Assoc. dos Munic. do Planalto Norte Catarinense
12-AMREC	Assoc. dos Munic. da Região Carbonífera
13- AMUNESC	Assoc. dos Munic. do Nordeste de Santa Catarina
14-AMUREL	Assoc. dos Munic. da Região de Laguna
15- AMURES	Assoc. dos Munic. da Região Serrana
16-AMURC	Assoc. dos Munic. da Região do Contestado
17- AMVALI	Assoc. dos Munic. do Vale do Itapocú
18- GRANFPOLIS	Assoc. dos Munic. da Grande Florianópolis

Cada Associação de municípios passou a constituir uma regional para a saúde, sendo cada regional representada por um município. Este município foi definido segundo a sua localização geográfica dentro da regional, disponibilidade de recursos humanos, materiais e tecnológicos para a prestação de serviços na área da saúde. As Associações existentes e seus respectivos municípios encontram-se no anexo 1.

Partindo desta informação fez-se neste trabalho uma análise detalhada usando alguns critérios de avaliação, sendo então possível selecionar os municípios candidatos a sediarem um CACI.



**FIGURA 2.4 - Mapa do estado de Santa Catarina com a divisão das Associações de Municípios**

### **2.5.3- DISTRIBUIÇÃO HOSPITALAR**

Através do Demonstrativo das Unidades Hospitalares Segundo Propriedade e Número de Leitos, por regional de saúde de Santa Catarina, fornecido pela Secretaria de Estado da Saúde ano base 1993/1994 pode-se fazer uma análise geral quanto ao número de unidades hospitalares existentes em cada regional; verificar o número de leitos existentes nos hospitais, assim como a sua localização.

No quadro 2.2 apresentamos a distribuição hospitalar existente no estado.

QUADRO 2.2 - Distribuição Hospitalar em SC

Regional	Nº Mun.	Nº Mun. s/ Hosp.	Nº Hosp. Regional	Locais c/ hospital c/ mais de 50 leitos	Nº Hosp.c/+ 50 leitos p/ município.
1ªAMAI	14	6	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Xanxerê e Xaxim</li> </ul>	1 hosp.
2ªAMARP	12	4	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curitibanos</li> <li>Lebon Régis e Videira</li> </ul>	1 hosp. 2 hosp.
3ªAMAUC	15	2	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concórdia e Seara</li> </ul>	1 hosp.
4ªAMAVI	27	10	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ibirama, Ituporanga, Taio e Trombudo Central</li> <li>Rio do Sul</li> </ul>	1 hosp. 2 hosp.
5ªAMEOSC	18	4	17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dionísio Cerqueira, Itapiranga, São José do Cedro e São Miguel do Oeste</li> </ul>	1 hosp.
6ªAMESC	12	5	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Araranguá, Sombrio e Turvo</li> </ul>	1 hosp.
7ªAMFRI	11	7	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balneário Camburiú</li> <li>Itajaí</li> </ul>	1 hosp. 2 hosp.
8ªAMMOC	16	7	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>Água Doce, Campos Novos e Joaçaba</li> </ul>	1 hosp.
9ªAMMI	14	2	19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Blumenau</li> <li>Brusque</li> <li>Gaspar e Indaial</li> </ul>	3 hosp. 2 hosp. 1 hosp.
10ªAMOSC	30	15	19	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campo Erê, Maravilha Palmitos, Pinhalzinho, Quilombo e São Carlos</li> <li>Chapicó e São Lourenço do Oeste</li> </ul>	1 hosp. 2 hosp.
11ªAMPLA	4	—	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Itaipópolis e Mafra</li> </ul>	1 hosp.
12ªAMREC	9	3	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criciúma</li> <li>Ipacanga, Lauro Muller, Nova Veneza, Urussanga</li> </ul>	4 hosp. 1 hosp.
13ªAMUNESC	9	2	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campo Alegre, Rio Negrinho, São Bento do Sul e São Francisco do sul</li> <li>Joinville</li> </ul>	1 hosp. 5 hosp.
14ªAMUREL	18	6	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>Armazen</li> <li>Imaúf, Imbituba, Jaguarina, Laguna, Orleans e Tubarão.</li> </ul>	2 hosp. 1 hosp.
15ªAMURES	15	4	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lages</li> <li>Ponte Alta e São Joaquim</li> </ul>	3 hosp. 1 hosp.
16ªAMURC	8	1	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caçador e Porto União</li> <li>Canoinhas</li> </ul>	2 hosp. 1 hosp.
17ªAMVALI	7	3	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Guaranirim e Massaranduba</li> <li>Jaraguá do Sul</li> </ul>	1 hosp. 2 hosp.
18ªGRANFPOLIS	21	9	26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Florianópolis</li> <li>Nova Trento, Santo Amaro da Imperatriz e Tijucas</li> <li>São José</li> </ul>	8 hosp. 1 hosp. 5 hosp.
TOTAL	260	28	224		

Observa-se no quadro 2.2, por exemplo, que a 18ª regional - GRANFOLIS - possui um total de vinte e seis unidades hospitalares.

Destes vinte e seis hospitais existentes, onze pertencem a cidade de Florianópolis, havendo oito hospitais com mais de 50 leitos neste município.

Já o município de São José apresenta um total de cinco unidades hospitalares, tendo todos mais de 50 leitos, estando entre estes, o Instituto de Cardiologia, sendo o único que presta serviço público especializado em cardiologia no estado.

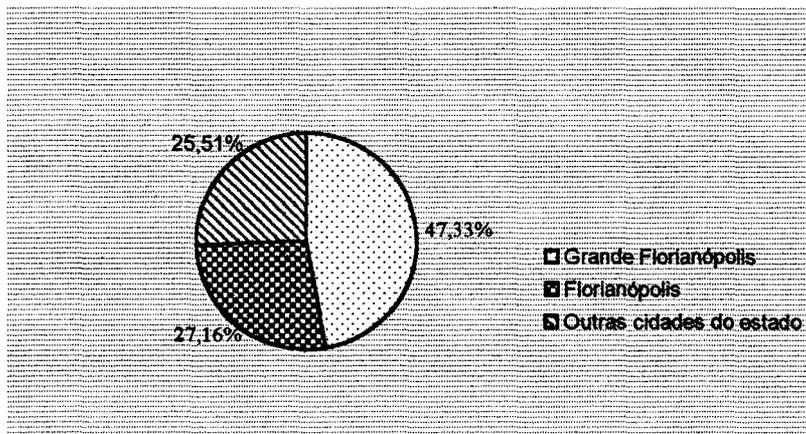
Através da análise do quadro 2.2, verifica-se, ainda, que há em todo o estado de Santa Catarina 224 hospitais, estando estes distribuídos como visto anteriormente.

Sendo assim, é notável a problemática existente quanto ao serviço público especializado no estado, mais especificamente serviços especializados em cardiologia, ou seja, para atender a uma população de aproximadamente 4 milhões 542 mil habitantes, têm-se somente como serviço público especializado em problemas cardíacos, o Instituto de Cardiologia, o qual para muitas pessoas é de difícil acesso. Devido a sua localização e unicidade, torna-se praticamente impossível dar o atendimento necessário a todos àqueles que necessitam deste tipo de serviços, gerando com isto imensuráveis problemas.

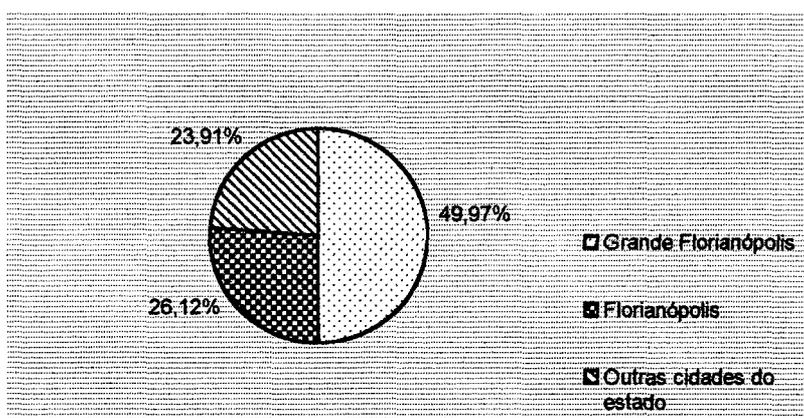
Através de estudos feitos na Secretaria de Estado da Saúde, segundo a Estatística Mensal do Instituto de Cardiologia, constatou-se que nos anos de 1993, 1994 e até setembro de 1995, o número total de internações no Instituto de Cardiologia foi de aproximadamente 4 mil internações, havendo neste hospital conforme o Demonstrativo das Unidades Hospitalares segundo Propriedade e Número de Leitos por Regional de Saúde de SC ( ano base 1993/1994 ), um total de 80 leitos.

Fazendo uma comparação do número de internações por procedência, Segundo Estatística Mensal do Instituto de Cardiologia nos anos de 1993, 1994 e até setembro de 1995, pode-se notar que:

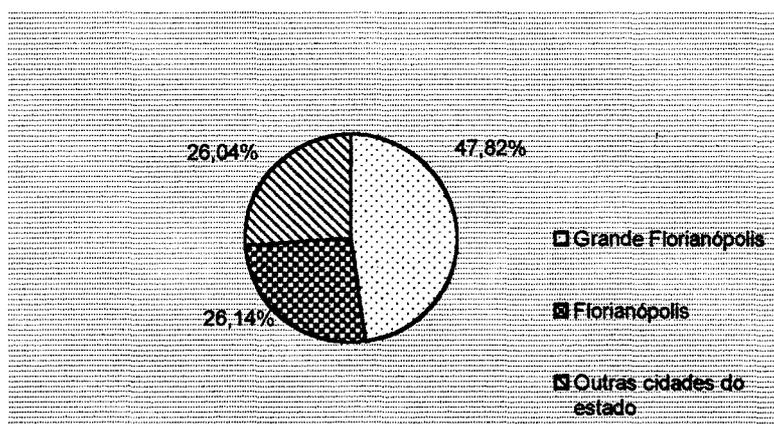
- no ano de 1993, o número total de internações no Instituto de Cardiologia foi de aproximadamente 1300 internações, sendo que 27,16% destas pessoas foram provenientes de Florianópolis, 47,33% provenientes de outras cidades da Grande Florianópolis, e 25,51% de outras cidades do estado ( ver figura 2.5 );
- já no ano de 1994, houve aproximadamente 1500 internações no Instituto de Cardiologia, sendo que 26,12% destas pessoas foram provenientes de Florianópolis, 49,97% provenientes de outras cidades da Grande Florianópolis e 23,91% de outras cidades do estado ( ver figura 2.6 );
- no ano de 1995, o número total de internações até setembro foram de aproximadamente 1100 internações no Instituto de Cardiologia, sendo que 26,04% destas foram provenientes de Florianópolis, 47,82% foi originada de outras cidades da Grande Florianópolis e 26,14% de outras cidades do estado ( ver figura 2.7 ).



**FIGURA 2.5 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - Ano 1993**



**FIGURA 2.6 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - ano 1994**



**FIGURA 2.7 - Internações por procedência conforme estatística mensal do Instituto de Cardiologia - ano 1995**

Pode-se notar então que o maior índice de procedência de internações no Instituto de Cardiologia nos anos de 1993, 1994 e 1995 foram da Grande Florianópolis. Isto justifica-se pelo fato do Instituto de Cardiologia estar localizado nesta região, já para as outras cidades do estado o índice de internações no Instituto de Cardiologia é o menor nos três anos analisados, o que pode indicar a dificuldade existente para pessoas que moram longe desta região deslocar-se até o Instituto de Cardiologia, sendo o fator distância entre outros, a causa principal.

Conforme o Anuário Estatístico do estado de Santa Catarina, a mortalidade proporcional de óbitos de residentes em Santa Catarina, segundo os principais grupos de causas dos óbitos nos anos de 1980, 1991, 1992 e 1993, mostra que:

- no ano de 1980 o número total de óbitos de residentes no estado de Santa Catarina foi de 19797 mortes, sendo que as causas que mais se destacaram no índice de mortalidade foram as seguintes: 20,9% tiveram como causa sinais, sintomas e afecções mal definidas; **9,8% doenças de circulação pulmonar ou do coração**; 9,3% foram derivadas de neoplasmas malignos; 8,8% derivaram de doenças do aparelho respiratório; 8,7% das causas foram de origem cerebrovascular; **7,1% teve como causa doença isquêmica do coração**; 5,9% foram derivadas de afecção originárias no período perinatal; 4,2% foram causadas devido à acidentes de transportes; 3,5% ocorreram devido a doenças infecciosas intestinais; 3,2% derivaram de doenças do aparelho digestivo;
- no ano de 1990, o número total de óbitos de residentes no estado foi de 22771 mortes, sendo que as causas que mais se destacaram no índice de mortalidade deste ano foram as seguintes: 17,7% apresentaram como causas doenças de afecções mal definidas; 11,8% foram derivadas de neoplasmas malignos; 9,6% foram originadas de doenças do aparelho respiratório, **8,3% derivaram de doenças isquêmica do coração**, **7,6% tiveram como causa doenças da circulação pulmonar ou do coração**, 5,9% foram derivadas de acidentes de transportes; 3,9% originaram de doenças do aparelho digestivo; 3,7% foram derivadas de afecção originárias no período perinatal; 3% originaram de outros acidentes;
- no ano de 1991, o número total de óbitos de residentes no estado foi de 22.164 mortes, sendo que as causas que mais se destacaram no índice de mortalidade deste ano foram as seguintes: 16,1% apresentaram como causas doenças de afecções mal definidas; 13,2% foram derivadas de neoplasmas malignos; 11,3% foram originadas

de doenças cerebrovasculares; **9,1% derivaram de doenças isquêmicas do coração**, 8,2% foram originadas de doenças do aparelho respiratório; **6,6% tiveram como causa doenças da circulação pulmonar ou do coração**, 6,0% foram derivadas de acidentes de transportes; 4,1% das causas foram originadas de doenças do aparelho digestivo; 3,8% foram derivadas de afecção originárias no período perinatal, 2,8% derivaram de outros acidentes;

- no ano de 1992, foram constatadas 22.759 mortes, sendo que as causas que mais se destacaram no índice de mortalidade deste ano foram as seguintes: 14,6% derivaram de sinais, sintomas e afecções mal definidas; 14,3% foram originadas por neoplasmas malignos; 11,6% tiveram como causa doenças cerebrovasculares; 9,5% das causas foram derivadas de doenças do aparelho respiratório; **8,9% derivaram de doença isquêmica do coração**; **7,9% foram derivadas de doença da circulação pulmonar ou do coração**; 5,8% foram originadas de acidentes de transportes; 3,9% derivaram de doenças do aparelho digestivo; 3,2% foram de origem de afecção originárias no período perinatal;
- no ano de 1993, o número total de óbitos de residentes no estado foi de 24 357 mortes, sendo que as causas que mais destacaram-se no índice de mortalidade deste ano foram as seguintes: 15% foram derivadas de sinais, sintomas e afecções mal definidas; 13,3% derivaram de neoplasma malignos; 10,9% foram de origem de doenças cerebrovasculares; 10,7% deu-se devido a doenças do aparelho respiratório; **9,1% foram causadas por doença isquêmica do coração**; **6,7% foram de origem de doenças da circulação pulmonar ou do coração**; 6,1% derivaram de acidentes de transportes; 4,5% de doenças do aparelho digestivo; 3,7% derivaram de doenças de glândulas endócrimas (da nutrição, do metabolismo e transtornos imunitários); 3,3% deu-se devido a doenças de afecção originárias no período perinatal; 2,4% foram derivadas de outros acidentes.

Comparando-se estes índices de causas de óbitos nos anos de 1980, 1990, 1991, 1992 e 1993 é notável que uma das principais causas é derivada de doenças cardíacas, visto que representa uma taxa bastante elevada em relação a outros tipos de doenças, sendo este índice inclusive maior do que causas em acidentes de transportes, entre outras.

É um quadro preocupante, visto que, na maioria dos casos, isto ocorre devido as grandes distâncias que os pacientes precisam se deslocar para obter o atendimento necessário.

#### **2.5.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS HOSPITAIS QUANTO AO PORTE E POPULAÇÃO MÍNIMA POR NÍVEIS DE ESPECIALIDADE.**

Segundo estudos feitos na Secretaria de Estado da Saúde, os hospitais classificam-se quanto ao porte da seguinte maneira:

Hospital de grande porte → possuem mais de 150 leitos

Hospital de médio porte → possuem de 51 à 150 leitos

Hospital de pequeno porte → possuem até 50 leitos.

Conforme entrevista feita na Secretaria de Estado da Saúde, hospitais de grande ou médio porte têm condições de classificar o “tipo” de problema de cada paciente, podendo então tomar as atitudes necessárias quanto ao paciente. Logo é imprescindível a existência de hospitais destes portes para que se possa ter um determinado tipo de serviço especializado.

Para que se tenha determinado tipo de especialidade de serviços de saúde, é necessário que haja um número mínimo de habitantes, onde, conforme o alcance espacial mínimo, comporte o tipo de serviço em questão.

O quadro 2.3, apresenta a população mínima necessária para determinadas especialidades, segundo os níveis de referência da Secretaria de Estado da Saúde.

### QUADRO 2.3

#### População necessária por tipo de especialidade.

NÍVEL	POPULAÇÃO	TIPO DE ESPECIALIDADES
1	28.000 hab.a 100.000 hab.	-neurologia; -otorrinolarino; -cardiologia; -psiquiatria; -oftalmologia; -traum./orto; -cirurgia-geral; -anestesiologia; -ginec/obste.; -pediatria; -clinica-médica; -clinica geral; -odontologia(prevent.,curativa)
2	100.000hab a 150.000hab	-gastrologia; -urologia; -pneumologia; -radiologia; -pediatr. espec.; -ginec. espec.; -obstretr. alto risco
3	150.000hab a 700.000hab.	-odontologia;(endodontia,peridontia); -alergia; -d.vascular perif.; -reumatologia; -endocrinologia; -medicina fisica

Analisando este quadro, pode-se verificar que, por exemplo a população mínima que comporta especialidades do tipo neurológica, **cardiológica**, psiquiátrica, entre outras é de 28000 habitantes, já para especialidades do tipo alergia, reumatologia, medicina fisica etc...,é necessário que haja no mínimo 150000 habitantes

Este é um fator de grande importância no desenvolvimento deste trabalho, pois através deste tipo de análise é possível verificar quais são os municípios que estão aptos a terem serviços especializados de saúde.

### **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1- INTRODUÇÃO**

A pesquisa realizada neste trabalho, utiliza os conceitos da Teoria do Lugar Central de Christaller, considerações referentes a métricas e distâncias, e metodologias relativas a problemas de localização, para determinar a distribuição espacial de serviços especializados de saúde. Torna-se assim necessária uma revisão bibliográfica destes conceitos e metodologias.

Abordamos inicialmente alguns conceitos relativos a centralidade e a hierarquia urbana. Posteriormente apresentamos algumas definições e propriedades relativas a teoria de grafos. Em seguida fazemos algumas considerações referentes às diferentes métricas usadas para medir distâncias, fazemos uma abordagem dos problemas de localização e damos ênfase ao método das p-medianas na localização de unidades de serviços. No final apresentamos a proposta metodológica deste trabalho.

#### **3.2- TEORIA DO LUGAR CENTRAL E HIERARQUIA URBANA**

A base da Teoria do Lugar Central, foi apresentada na II Guerra Mundial por dois estudantes germânicos, o geógrafo Walter Christaller e o economista August Losch (Berry, [4]). Suas conclusões foram antecipadas pelo sociologista rural americano C. J. Galpin e alguns pesquisadores, tal como León Lalanne que, em 1863,

propôs um modelo sobre a organização espacial das linhas ferroviárias, na qual as cidades (nós de circulação) estruturavam-se de modo hierárquico.

O planejamento urbano e regional inglês, após a primeira Guerra Mundial, e a sociologia rural norte-americana do começo do século com Galpin e Kolb, consideraram também o tema que, em breve, seria tratado sistematicamente por Christaller.

A centralidade é o principal tema desta teoria e segundo Hottel[30] pode ser definida como:

“Centralidade é a qualidade de um lugar, de possuir uma ordem superior de significados, quando comparados com outros lugares na sua área adjacente. É obtida pelo fornecimento de bens e serviços que não estão disponíveis ou são insuficientes para a povoação dentro da área.”(Anonymous 1970)

A Teoria do Lugar Central tem sido frequentemente usada na análise de localização e distribuição de bens e serviços. Esta análise é feita a partir de princípios que regulam a formação de núcleos centrais em determinadas regiões. Estes princípios podem ser definidos de acordo com as características dos bens ou serviços que se pretende localizar.

Conforme Corrêa [15], a centralidade de um núcleo refere-se ao seu grau de importância a partir de suas funções centrais, que são atividades de distribuição de bens e serviços. Quanto maior o número de funções centrais, maior é a sua região de influência e sendo assim, maior é a sua centralidade.

Segundo Muller [45], a Teoria do Lugar Central mostra que à medida em que a população se expande, o comércio entre estas centrais se torna mais complexo e atraente. À medida em que esta complexidade aumenta, cresce o interesse das pessoas em instalar seus negócios nestas centrais. Isto gera uma possibilidade de escolha ao usuário, o que é, um fator econômico importante e contribui no desenvolvimento.

O capitalismo acentua o processo de diferenciação entre as cidades e surge a **hierarquização urbana** que consiste na criação de um mercado consumidor e na introdução de processos de industrialização que levam à expansão da oferta de produtos industrializados e de serviços. Esta oferta, por sua vez, se verifica de modo espacialmente desigual, instaurando-se então a **hierarquia das cidades**.

Com base nesta idéia, os estudos sobre a hierarquia urbana estão relacionados com questionamentos sobre o número, o tamanho e a distribuição das cidades e, implicitamente, sobre a natureza da diferenciação entre elas (Corrêa[15]).

Na teoria de Christaller, grandes, médias, pequenas cidades e minúsculos núcleos semi-rurais são considerados como localidades centrais. Todas as localidades centrais são dotadas de funções centrais.

Com o objetivo de analisar a localização das funções centrais, Christaller apresentou dois conceitos básicos:

- **alcance espacial máximo** ( *maximum range* )- refere-se a área determinada por um raio a partir da localidade central, onde dentro desta área, os consumidores deslocam-se para o local central visando a obtenção de bens e serviços. Fora desta área os consumidores deslocam-se para outros centros mais próximos, o que implica em menores custos de transportes.
- **alcance espacial mínimo** ( *minimum range threshold* ) - compreende a área em torno de uma localidade central que engloba o número mínimo de consumidores, que são suficientes para que uma determinada função possa economicamente se instalar.

O que se observa no comportamento das pessoas é que a demanda para um bem ou serviço é afetada pela distância. O conceito de Christaller de alcance espacial máximo indica que os consumidores não desejam viajar mais do que uma certa distância para aquisição de um bem ou serviço.

Como o alcance espacial máximo determina a distância máxima que um consumidor viajará para adquirir um determinado bem ou serviço, este conceito relaciona-se com o aspecto espacial do centro, e esta é uma característica que tem sido considerada na modelagem de localização e alocação.

O alcance espacial mínimo é o total efetivo de demanda requerida para suportar uma função particular.

Desta forma, segundo Beaumont [2], o alcance espacial mínimo pode ser associado com as tomadas de decisões empresariais, enquanto o alcance espacial máximo é primeiramente influenciado pela tomada de decisão do consumidor.

Pode-se verificar uma diferenciação da oferta de bens e serviços a partir do alcance espacial máximo e mínimo:

- os que são consumidos com grande frequência como por exemplo: gêneros alimentícios e postos de saúde, necessitam de reduzido alcance espacial mínimo e reduzido alcance espacial máximo, visto que os custos de transportes tornam-se muito elevados comparados com os custos de bens e serviços; existem vários outros centros que distribuem estes bens e serviços, e assim a sua oferta é generalizada em numerosas localidades centrais que se localizam próximas umas das outras.
- por outro lado, os bens e serviços que são consumidos com menor frequência necessitam de um maior alcance espacial mínimo, visto que o número necessário de pessoas para justificar a sua oferta é mais elevado, a área que contém esta população é mais ampla. No entanto, suportam custos de transportes mais elevados, apresentando então, um maior alcance espacial máximo. Logo, poucas são as localidades centrais que oferecem estes bens e serviços e assim, os serviços estão em localidades mais distanciadas entre si.

Cada produto ou serviço tem um alcance espacial específico. No entanto, serviços que apresentam alcances espaciais semelhantes, tendem a ser oferecidos nas mesmas localidades centrais. Esta co-presença acaba compensando uma possível diminuição de lucros criando novas condições de existência de atividades. É o que, segundo Corrêa [15], chama-se de economia de aglomeração.

O que se observa é que ocorre uma hierarquização da oferta de bens e serviços. No quadro 3.1, apresentamos um exemplo de hierarquia urbana, onde as localidades centrais têm denominações usuais e as funções centrais são hipotéticas.

### Quadro 3.1 - Exemplo de hierarquia urbana

Fonte: Corrêa, 1989

Centros	Funções Centrais
Metrópole regional	abcd e fgh ijkl mnopqrst
Capital regional	efgh ijkl mnopqrst
Centro sub-regional	ijkl mnopqrst
Centro da Zona	mnopqrst
Centro local	qrst

Fazendo-se uma análise desse quadro pode-se notar que a metrópole regional oferece um conjunto de bens e serviços diferenciado em relação aos outros centros. São serviços consumidos com menor frequência como por exemplo, serviços especializados em determinadas áreas que somente ela está apta a oferecer. Mas oferece também os bens e serviços consumidos com uma maior frequência. Ou seja, oferece uma gama completa de bens e serviços que são necessários para o consumo da população.

Observações análogas podem ser feitas das demais localidades.

Pode-se concluir, que a hierarquia das localidades centrais expressa um padrão hierárquico sistemático e acumulativo de funções centrais. À medida que se eleva o nível de hierarquia observa-se um acúmulo, em cada nível, das funções centrais dos níveis inferiores mais algumas que definem o nível hierárquico em consideração.

Na teoria de Christaller percebe-se uma hierarquia rígida: um centro oferecerá um bem de uma determinada ordem, somente se a demanda para este bem é suficiente para encontrar as necessidades de alcance espacial mínimo, e somente se o centro já ofereceu todos os bens de menores ordens.

No presente trabalho usamos os conceitos de alcance espacial mínimo e de centralidade para selecionar municípios candidatos a sediarem serviços especializados em saúde.

### **3.3 - ESTRUTURA DE GRAFOS**

#### **3.3.1 - CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

##### **3.3.1.1 - GRAFO**

Um grafo  $G$  é uma estrutura matemática, descrita e denotada pelo par  $(N,A)$  onde  $N$  é um conjunto finito e não vazio de pontos  $n_1, \dots, n_n$  (chamados vértices ou nós) e  $A$  é um conjunto de  $m$  linhas  $a_1, \dots, a_m$  que ligam todos ou alguns desses pontos (Christofides, [12]).

##### **3.3.1.2 - ARCOS OU ARESTAS**

Quando as linhas  $a_1, \dots, a_m$  possuem orientação, são denominadas arcos; em caso contrário são denominadas arestas ( Christofides [12]).

##### **3.3.1.3 - GRAFOS DIRECIONADOS, NÃO DIRECIONADOS E MISTOS**

É a denominação atribuída aos grafos cujas linhas  $a_i, i=1, \dots, m$ , sejam arcos, arestas ou contenham ambas, respectivamente.

**Obs:** Em nossa aplicação o conjunto das cidades candidatas a sediarem os CACIs e as ligações entre estas cidades constituem um grafo não direcionado.

##### **3.3.1.4 - VÉRTICES ADJACENTES**

Dois vértices são adjacentes quando estão ligados por uma aresta.

##### **3.3.1.5 - LAÇO**

Laço é um arco cujo vértice inicial coincide com o vértice final.

##### **3.3.1.6 - REDE**

Rede é um grafo  $G(N,A)$  que não contém laços (Lapolli [39]). Na prática uma rede é formada pela interligação de vias ou rotas específicas, sendo destacados os pontos de origens e destinos, que são denominados genericamente de nós da rede.

### 3.3.1.7 - INCIDÊNCIA

Diz-se que um arco (ou aresta), é incidente em um vértice quando ele for um dos vértices desse arco (ou aresta).

### 3.3.1.8 - GRAU DE UM VÉRTICE

O grau de um vértice  $n_i$ ,  $i= 1, \dots, n$  é o número de arcos nele incidentes.

### 3.3.1.9 - GRAFO PONDERADO

Um grafo  $G(N,A)$  é dito ponderado, quando são atribuídos valores aos seus vértices e/ou arcos.

## 3.3.2 - REPRESENTAÇÃO DE UM GRAFO NO COMPUTADOR

Um grafo pode ser representado de várias maneiras no computador. Existem diversas estruturas que correspondem univocamente a um grafo dado e podem ser manipuladas sem dificuldade com os recursos computacionais atualmente disponíveis.

A forma mais simples e talvez mais usada na representação de um grafo no computador é através da matriz-custo ou matriz-distância:

- **matriz custo:** um grafo ponderado  $G(N,A)$  pode ser representado por sua matriz de custo ( ou distância )  $D = [d_{ij}]$ , onde:

$$d_{ij} = \text{custo do arco se, } (n_i, n_j) \in N$$

$$d_{ij} = 0 \text{ ou } \infty, \text{ caso contrário}$$

Se  $(n_i, n_j) \notin N$  o elemento correspondente  $d_{ij}$  é usualmente levado para  $\infty$  (na prática um número muito grande).

As entradas em diagonal são usualmente levadas para zero ou para algum outro valor dependendo da aplicação e do algoritmo.

### 3.4 - APROXIMAÇÕES DE DISTÂNCIAS

#### 3.4.1-MÉTRICAS

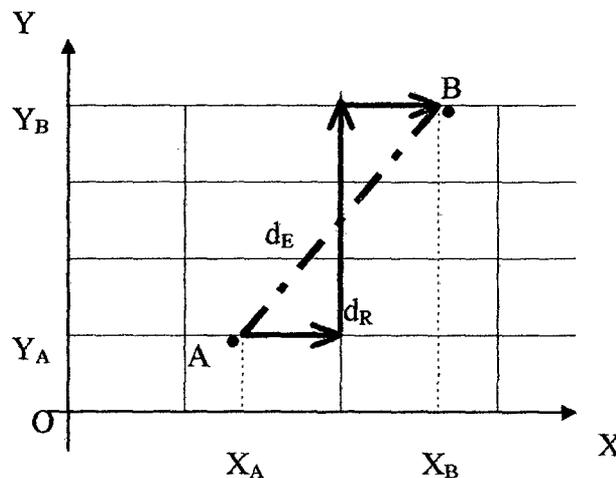
Para medir a distância entre dois pontos é necessário adotar uma métrica apropriada.

A forma mais comum corresponde à **métrica Euclidiana**, em que as distâncias entre dois pontos são tomadas em linha reta (rota aérea).

Para definir a distância Euclidiana, usamos um sistema de coordenadas cartesianas com origem no ponto O. Consideramos dois pontos A e B no plano cartesiano com  $A = (X_A, Y_A)$  e  $B = (X_B, Y_B)$ .

A distância Euclidiana  $d_E$ , entre A e B é dada por (ver figura 3.1):

$$d_E(A, B) = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{1/2}$$



**Figura 3.1 - Representação da distância Euclidiana e distância retangular entre dois pontos no plano cartesiano**

Há casos em que a rede de vias se aproxima de uma grade, com uma série de ruas paralelas a uma determinada direção e outra série de ruas seguindo a direção ortogonal à primeira. Essa configuração segue uma métrica em que o deslocamento entre dois pontos se faz de forma paralela aos dois eixos do sistema cartesiano. Tem-se assim a **métrica retangular**. A distância retangular  $d_R$ , entre os pontos A e B é dada por ( figura 3.1) :

$$d_R(A, B) = |X_B - X_A| + |Y_B - Y_A|$$

A distância Euclidiana constitui na maioria das aplicações reais uma abstração útil para cálculos e estruturação dos modelos. Isto deve-se pela sua simplicidade de representação analítica e pela sua característica de unicidade (Novaes [50]).

É claro que a situação de se tomar a distância entre dois pontos em linha reta quase não existe na prática, pois os percursos são sempre feitos ao longo de uma rede de transportes. Pode-se, no entanto, partir das distâncias Euclidianas e multiplicá-las por um **coeficiente de correção**, para assim encontrar uma estimativa para a distância real. Ou seja, considerando uma rede urbana de vias (ruas, avenidas, etc.), e relacionando as distâncias reais de um grande número de pares de pontos com as respectivas distâncias euclidianas, pode-se exprimir a relação entre elas da seguinte forma:

$$d = K \cdot d_E$$

onde **d** é a distância real e **K** é um coeficiente de correção média.

Segundo Novaes e Alvarenga [49] é comum adotar-se o valor do coeficiente de correção igual a 1,3 para a distribuição urbana, considerando-se que para isto houve um levantamento suficientemente grande de pares de pontos e com distâncias bastante variadas entre si.

### 3.4.2 - DISTÂNCIA MÉDIA DE RESPOSTA

Uma questão importante a ser analisada é relativa a obtenção da distância média de deslocamento dos usuários até às unidades de serviço dentro de determinada região.

Segundo Larson [40], este valor esperado da distância é dado por:

$$E[D] = c \sqrt{A_0}$$

onde:

$c$  → constante de proporcionalidade;

$A_0$  → área total do distrito.

Observamos que este valor esperado é proporcional a área da região.

Segundo Larson [40], o valor da constante de proporcionalidade depende de três fatores:

- da localização da unidade de serviço na região;
- da forma geométrica da região;
- da métrica usada (retangular ou euclidiana).

A partir de estudos empíricos e métodos experimentais Larson definiu uma tabela de valores adequados para a constante  $c$ , em função dos três fatores citados acima. Transcrevemos na figura 3.2 esta tabela.

		Forma do distrit.	quadrado	losango	círculo	regiões compactas e convexas.
		metr. usada				
Unidade de resposta posiciona-da aleatoria- mente sobre o distrito	euclidiana		$c = 0,52$	$c = 0,52$	$c = 0,511$	$c = 0,52$
	retangular		$c = 0,667$	$c = 0,660$	$c = 0,650$	$c = 0,67$
Unidade de resposta é localizada no centro do distrito	euclidiana		$c = 0,383$	$c = 0,383$	$c = 0,376$	$c = 0,38$
	retangular		$c = 0,5$	$c = 0,471$	$c = 0,479$	$c = 0,50$

**Figura 3.2 - Constantes de proporcionalidade**

**Fonte:** Larson, 1981

**Obs:** Para a determinação da diagonal da matriz distância usada na aplicação desenvolvida no capítulo IV, usamos o valor  $c=0,38$ , que corresponde a Unidade de Resposta posicionada no centro da área com a métrica Euclidiana.

### 3.5 - PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

#### 3.5.1 - INTRODUÇÃO

Um dos problemas enfrentados por um grande número de empresas ou setores públicos é o de planejar racionalmente o sistema de distribuição física de seus produtos e serviços, de forma a atender uma clientela espacialmente dispersa.

A crescente preocupação com o nível de serviço logístico, representado normalmente por prazos de atendimento e grau de confiabilidade, entre outros fatores, leva empresas e órgãos públicos a adotarem um planejamento mais rigoroso de suas atividades.

Tratando-se de serviço público os objetivos de planejamento estão relacionados com a satisfação das necessidades da população atendida. Assim a quantidade de unidades de serviço e a sua respectiva localização são características inerentes a este planejamento.

Na tentativa de resolver os problemas relativos a localização das unidades de serviços e da alocação adequada dos diferentes grupos populacionais a essas unidades usam-se os **modelos de localização**.

Através desses modelos faz-se a localização de uma ou mais unidades de serviços ( depósitos de distribuição, escolas, hospitais, etc.), objetivando atender à população de uma determinada região.

Na literatura são encontradas diferentes metodologias para elaborar estes modelos de localização.

Em problemas que envolvem a localização de serviços emergenciais tais como, hospitais e estações de corpo de bombeiros, o objetivo é localizar um número fixo de unidades de modo a minimizar a distância máxima atribuída aos usuários deste serviço. Este método é conhecido como localização de **p-centros** ou **solução minimax** (Larson [40]).

Handler [25], identificou vários modelos diferentes para a localização de  $p$ -centros. Um dos modelos mais conhecidos de localização de  $p$ -centros usando estrutura de grafos é aquele onde a localização dos usuários é restrita aos vértices da rede, mas as unidades de serviço podem estar localizadas tanto nos vértices como sobre os arcos. Este tipo de problema foi proposto por Hakimi [22]; e para a sua solução Minieka [44], Christofides e Viola [11], desenvolveram eficientes algoritmos.

Uma outra abordagem dada aos problemas de localização é a idéia de conjuntos de cobertura. Nesta linha de estudo um dos modelos mais importantes é o **Problema de Localização do Conjunto de Cobertura** (*Location Set Covering Problem*) estabelecido por Toregas e Reville [71]. Este modelo encontra o menor número de unidades de serviço e suas respectivas localizações, tal que os usuários sejam atendidos dentro de um tempo ou distância máxima pré-estabelecidos.

Além do problema de localização de conjuntos de cobertura, Church e Reville [13], definem o Problema de Localização da Máxima Cobertura. Este modelo procura, a partir de um número fixo e pré-determinado de unidades de serviços alocar todos os usuários de uma região a estas unidades.

No entanto, talvez o método mais usado para resolver problemas de localização é o das  $p$ -medianas, que será usado na aplicação deste trabalho.

Segundo Souza [63], a metodologia da  $p$ -mediana apresenta como vantagem a possibilidade de minimizar a soma dos custos associados com  $p$  unidades de serviços. Isto é muito conveniente em países com poucos recursos financeiros como o Brasil, onde normalmente não se tem um número elevado de equipamentos para colocar a disposição dos usuários para garantir uma medida mínima de desempenho do sistema. O que acontece é que se dispõe de apenas algumas unidades que devem ser distribuídas da melhor maneira possível.

Na seção a seguir descrevemos este método.

### 3.5.2 - MÉTODO DAS P-MEDIANAS

Historicamente, o estudo de problemas de localização foi iniciado por Alfred Weber, que estudou a localização de uma fábrica com o objetivo de minimizar custos de transporte em relação a duas fontes de matéria prima e um mercado consumidor.

A generalização deste problema deu origem a metodologia das p-medianas.

Nestes problemas o objetivo é localizar “p” unidades de serviço em uma rede de demanda de forma a minimizar a distância média de todos os usuários.

Para a resolução dos problemas das p-medianas, encontram-se na literatura vários métodos de solução. Para problemas de pequeno porte, a solução pode ser encontrada por formas exatas, tais como: programação inteira e enumeração exaustiva. O método de enumeração exaustiva (ou busca em árvore), foi usado por Hakimi [24] para encontrar 3 medianas em um grafo com 10 vértices.

Segundo Revelle e Swain [57] o problema das p-medianas usando programação inteira pode ser expresso matematicamente como:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_i d_{ij} X_{ij}$$

sujeito a.:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$X_{ij} - X_{ji} \geq 0 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = p \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

onde:

$a_i$  é o peso atribuído ao nó  $i$

$d_{ij}$  é a distância do nó  $i$  ao nó  $j$

$X_{ij} = 1$ , se o vértice  $i$  é alocado ao vértice  $j$

$X_{ij} = 0$ , caso contrário

Nesta formulação temos que:

- a restrição (1) assegura que todo o vértice  $i$  é alocado a um e somente um vértice mediana  $j$ ;
- a restrição (2) assegura que as alocações só podem ser feitas a vértices medianas;
- a restrição (3) assegura que existem exatamente  $p$  vértices medianas;
- a restrição (4) impõe a integralidade, ou seja,  $X_{ij}$  é variável binária podendo assumir valor zero ou um.

Quando a restrição (4) for escrita como  $X_{ij} \geq 0$ , então o problema acima é um problema de Programação Linear.

Existem também, os métodos aproximados, usados por vários autores, como Maranzana [42], Teitz e Bart [69], Pizzolato [52] os quais se aplicam a problemas de maior porte.

Neste trabalho utiliza-se o método das  $p$ -medianas, para o qual “ $p$ ” unidades de serviços são alocadas entre “ $n$ ” localizações tal que a distância média, entre as unidades de serviços e as localizações, usando o peso apropriado para o nível de demanda é minimizada.

Um resultado importante para análise de um problema de  $p$ -medianas em grafos, é o teorema de Hakimi [22,23], que garante a existência de pelo menos um conjunto de  $p$ -medianas localizado somente em nós do grafo.

Para resolver um problema de  $p$ -medianas em grafos, consideramos um grafo não direcionado  $G(N,A)$  com “ $n$ ” vértices ou nós (Larson [40]). Na formulação deste problema usamos a seguinte definição:

Um conjunto de “ $p$ ” pontos  $X_p^*$  sobre  $G$  é um conjunto de  $p$ -medianas de  $G$  se para todo  $X_p \subset G$  temos:

$$J(X_p^*) \leq J(X_p)$$

onde:

$$J(X_p) = \sum_{j=1}^n h_j d(X_p, j) \quad (5)$$

e

$$d(X_p, j) = \min_{x_i \in X_p} d(x_i, j) \quad (6)$$

sendo:

$h_j$  o peso atribuído ao vértice  $j$  e

$d(x_i, j)$  a distância de  $x_i$  ao vértice  $j$

Dado  $p$ , procura-se o conjunto de pontos do grafo que minimiza  $J(X_p)$ .

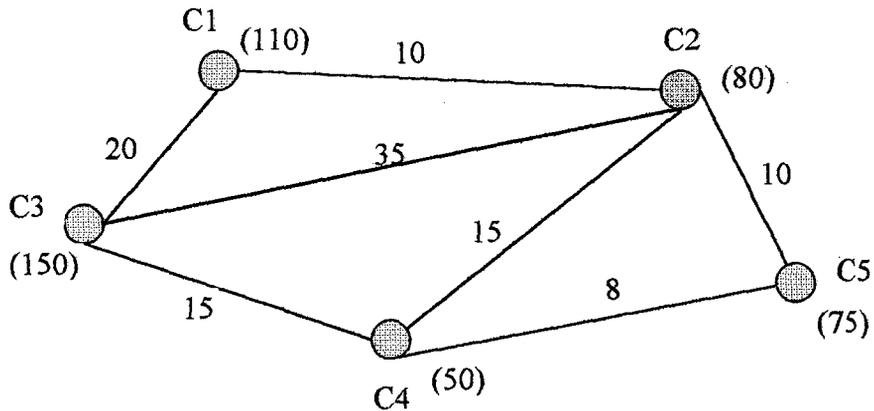
Observação:

- Se o peso  $h_j$  representa a demanda de serviço em  $j$  e se  $\sum_{j=1}^n h_j = 1$ , então a solução do problema minimiza a distância média de viagem dos usuários às unidades de serviço.
- Presume-se que o nó  $j$  será servido exclusivamente pela unidade de serviço mais próxima.

Exemplificaremos agora, para um pequeno grafo simulado o método da  $p$ -mediana bem como sua resolução através de busca exaustiva.

Consideremos um problema de localização de uma Unidade de Serviço em uma determinada área. Na figura 3.3, os nós C1,C2,C3,C4 e C5 representam as cidades candidatas a sediarem a Unidade de Serviço. Esta deverá ser localizada na área e os usuários terão que se deslocar para a Unidade de Serviço para serem atendidos. As demandas diárias para o serviço são indicadas pelos números entre parênteses ao lado de cada nó e representam o peso do nó. As distâncias entre as cidades também são indicadas nas arestas que ligam as cidades (em km).

Onde deve ser localizada a Unidade de Serviço para minimizar a distância média de percurso dos usuários?



**Figura 3.3 - Exemplo de um grafo não direcionado com cinco nós**

Conforme o teorema de Hakimi consideram-se candidatos para localizar as unidades de serviço os cinco nós C1, C2, C3, C4 e C5. Calcula-se então a matriz de distâncias mínimas, através de um algoritmo para a determinação de caminhos mínimos em grafos (Rabuske,[54]).

Seja D a matriz de distâncias mínimas entre os vértices, e V um vetor onde seus elementos correspondem a soma dos elementos de cada coluna da matriz D.

	C1	C2	C3	C4	C5		
C1	0	10	20	25	20	→	V
C2	10	0	30	15	10		
C3	20	30	0	15	23		
C4	25	15	15	0	8		
C5	20	10	23	8	0		

Podemos observar na matriz D, que o valor 61 de V, por exemplo, representa a soma das distâncias percorridas quando os usuários deslocam-se de suas cidades para a central C5, se aí estivesse a unidade de serviço. Então, se todas as cidades tivessem o mesmo peso, a escolha da melhor localização seria na cidade C5. Nota-se, no entanto, que somente este critério não é o suficiente, visto que as diversas cidades têm demandas diferentes. Conclui-se então que o número de demanda (peso) em cada cidade deve influenciar na escolha do “melhor” local.

Multiplicando cada linha  $i$  da matriz  $D$  pelo peso do nó  $i$ , obtemos a matriz  $DP$  que é a matriz de distância ponderadas.

Da mesma forma que o vetor  $V$  constrói-se o vetor  $VP$ .

	C1	C2	C3	C4	C5		VP
DP= C1	0	1100	2200	2750	2200	→	6550
C2	800	0	2400	1200	800		7100
C3	3000	4500	0	2250	3450		7075
C4	1250	750	750	0	400		6800
C5	1500	750	1725	600	0		6850
	Matriz Ponderada						Vetor $V_p$

Levando-se em consideração os critérios distância e peso das cidades, nota-se que a localização ótima para a unidade de serviço é o vértice  $C1$ , e a distância média viajada associada a ele é aproximadamente 14,08 km.

Este tipo de problema pode ser expandido para localização de duas ou mais medianas. Por exemplo, para obtermos o conjunto de 2-medianas no grafo da figura 3.4, procedemos como segue:

Consideramos conjuntos de pontos compostos por dois nós. Com o total de 5 nós existem  $\binom{5}{2} = 10$  possibilidades de obter estes conjuntos.

Representaremos os dez conjuntos de pontos candidatos por  $X_1, \dots, X_{10}$  e fazemos:

$$X_1 = \{ C_1, C_2 \}$$

$$X_6 = \{ C_2, C_4 \}$$

$$X_2 = \{ C_1, C_3 \}$$

$$X_7 = \{ C_2, C_5 \}$$

$$X_3 = \{ C_1, C_4 \}$$

$$X_8 = \{ C_3, C_4 \}$$

$$X_4 = \{ C_1, C_5 \}$$

$$X_9 = \{ C_3, C_5 \}$$

$$X_5 = \{ C_2, C_3 \}$$

$$X_{10} = \{ C_4, C_5 \}$$

A distância entre os vértices que compõe cada conjunto é obtida usando a definição (6).

Desta forma temos uma matriz  $D'$  de ordem  $5 \times 10$

$$D' = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 10 & 10 & 20 & 20 & 20 \\ 0 & 10 & 10 & 10 & 0 & 0 & 0 & 15 & 10 & 10 \\ 20 & 0 & 15 & 20 & 0 & 15 & 23 & 0 & 0 & 15 \\ 15 & 15 & 0 & 8 & 15 & 0 & 8 & 0 & 8 & 0 \\ 10 & 23 & 8 & 0 & 10 & 8 & 0 & 8 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Usando a definição (5), multiplicamos cada linha  $i$  da matriz  $D'$  pelo peso do nó  $i$  e obtemos a matriz  $DP'$  (matriz ponderada).

$$DP' = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1100 & 1100 & 1100 & 2200 & 2200 & 2200 \\ 0 & 800 & 800 & 800 & 0 & 0 & 0 & 1200 & 800 & 800 \\ 3000 & 0 & 2250 & 3000 & 0 & 2250 & 3450 & 0 & 0 & 2250 \\ 750 & 750 & 0 & 400 & 750 & 0 & 400 & 0 & 400 & 0 \\ 750 & 1725 & 600 & 0 & 750 & 600 & 0 & 600 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Somando as colunas desta matriz obtemos o vetor  $VP'$

$$VP' = |4500 \quad 3275 \quad 3650 \quad 4200 \quad \mathbf{2600} \quad 3950 \quad 4950 \quad 4000 \quad 3400 \quad 5250|$$

Nota-se que a localização ótima para as duas unidades de serviços são os vértices  $C_2$  e  $C_3$ , que pertencem ao conjunto  $X_5$ .

A alocação dos outros vértices aos medianos é feita alocando cada vértice a mediana mais próxima.

Assim:

- ao vértice  $C_2$  ficam alocados os vértices  $C_1$  e  $C_5$ .
- ao vértice  $C_3$  fica alocado o vértice  $C_4$ .

Este exemplo apresentado representa um problema de pequeno porte. Desta forma, usando o método exaustivo, obtemos a solução ótima.

No entanto, quando tratarmos de problemas de maior porte ocorrerá a explosão combinatorial. Nestes casos são usados métodos heurísticos para resolver o problema.

Considerando que na aplicação deste trabalho temos um problema de pequeno porte, pois usamos uma matriz de ordem 18X18, usaremos o método exaustivo para obter as soluções.

### 3.6 - A PROPOSTA

É proposto neste trabalho uma distribuição espacial de unidades intermediárias de serviços especializados.

As unidades de serviço, classificam-se em três níveis, de acordo com o alcance espacial mínimo dos serviços oferecidos:

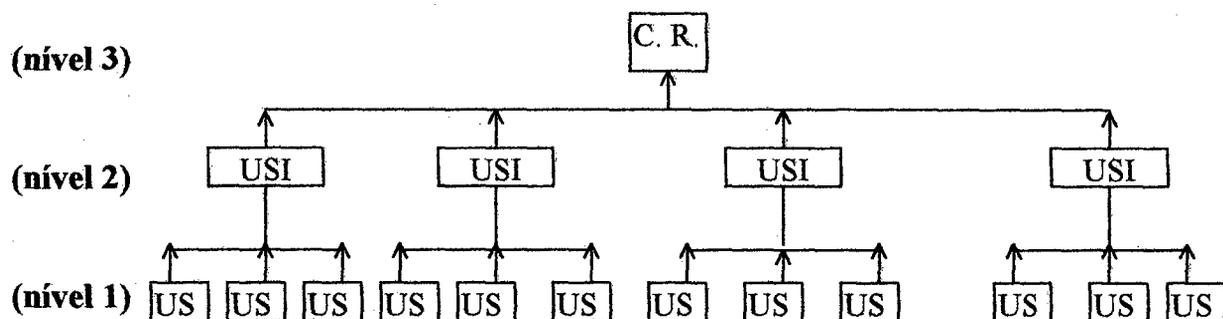
**nível 1** : unidades de serviço não especializados, onde o usuário tem um atendimento emergencial, ou seja, é onde o usuário tem o primeiro contato com o tipo de serviço oferecido;

**nível 2** : unidades de serviços intermediários, as quais proporcionam ao usuário um serviço mais especializado;

**nível 3** : centro de referência, onde é oferecido ao usuário toda a “gama” de serviços dos níveis anteriores e também serviços inexistentes nestes níveis.

É proposta então, uma hierarquização onde centros intermediários são utilizados para diminuir a procura à um centro maior e para proporcionar um atendimento melhor a uma distância menor.

Podemos visualizar a estrutura hierárquica proposta, na figura 3.4



**FIGURA 3.4- Estrutura Hierárquica Proposta**

onde:

**CR** - Centro de Referência

**USI** - Unidades de Serviços Intermediários

**US** - Unidades de Serviços

Para exemplificar, consideramos uma situação voltada para serviços de saúde, mais particularmente serviços cardiológicos.

O paciente com problema cardíaco desloca-se ao hospital mais próximo de sua residência. Este não tendo serviço especializado em cardiologia, transfere o paciente para a unidade de serviço intermediária especializada em cardiologia. Caso necessitar de exames e/ou tratamento não disponível nesta unidade, o paciente será então transferido para o centro de referência.

Pressupõe-se que a existência de um número maior de unidades de serviços intermediários evita que pessoas viajem aos centros maiores, muitas vezes situados a uma grande distância da cidade de origem do usuário.

O problema a ser resolvido agora, é onde localizar estas unidades de serviços intermediários de modo a proporcionar um melhor atendimento a população.

Para determinarmos como serão distribuídas as unidades de serviços intermediários, é utilizado neste trabalho, o método das p-medianas. Através desse método "p" unidades de serviços serão alocadas entre "n" localizações, de tal forma que a distância média, entre as unidades de serviços e as localizações, usando um peso apropriado para o nível de demanda, seja minimizada.

No próximo capítulo apresentamos uma aplicação desta proposta para o serviço de cardiologia no estado de Santa Catarina.

**DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO PARA O SERVIÇO DE  
ATENDIMENTO CARDIOLÓGICO.**

**4.1 - INTRODUÇÃO :**

Neste trabalho fazemos um estudo de caso referente a localização de serviços especializados em cardiologia no estado de Santa Catarina.

Como já observamos no capítulo II, o estado de Santa Catarina está dividido em 260 municípios.

Neste capítulo, selecionamos entre estes municípios, aqueles aptos a sediarem um serviço de especialidade cardíaca usando alguns princípios básicos da Teoria do Lugar Central de Christaller e também usando informações obtidas na Secretaria do Estado da Saúde.

Objetivando proporcionar uma melhor qualidade de atendimento à população que necessita dos serviços especializados em cardiologia, o presente trabalho se propõe a planejar uma provável distribuição geográfica de unidades que oferecem este serviço usando a metodologia da p-mediana.

Sugerimos também uma hierarquização para a distribuição dos serviços especializados de saúde no estado de Santa Catarina.

## 4.2 - HIERARQUIA UTILIZADA.

O estado de Santa Catarina possui 224 unidades hospitalares, incluindo-se neste número os hospitais públicos, privados e mistos.

Entre estes, apenas um **hospital público** oferece serviço especializado em cardiologia, sendo este o Instituto de Cardiologia do município de São José.

O fato de só existir uma unidade pública com este atendimento especializado gera uma demanda excessiva em relação a capacidade do Instituto de Cardiologia e causa inconvenientes graves aos pacientes, especialmente àqueles provenientes de regiões mais distantes.

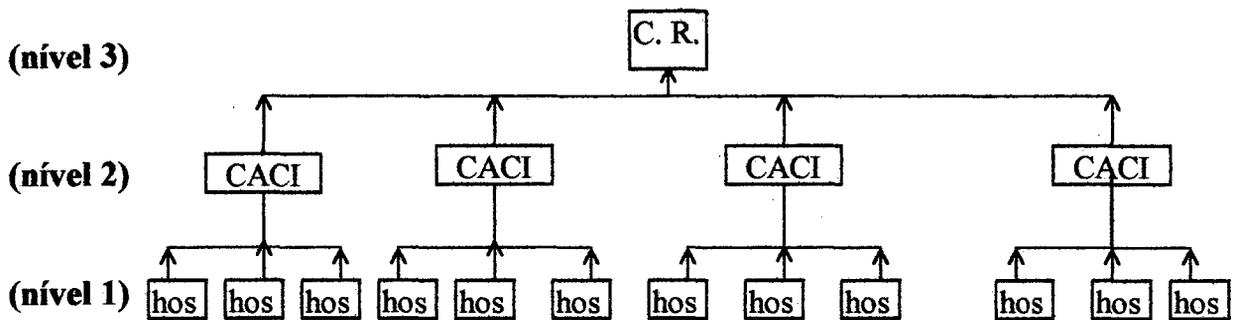
O que se faz neste trabalho é sugerir a implantação de unidades intermediárias distribuídas em diferentes pontos do estado.

Iniciamos, classificando as unidades de atendimento em três níveis, de acordo com o alcance espacial mínimo dos serviços oferecidos:

- **nível 1:** unidades hospitalares de grande ou médio porte (já existentes); neste nível são realizados os atendimentos emergenciais ou o primeiro contato do paciente com o serviço médico.
- **nível 2:** CACIs - Centros de Atendimento Cardiológico Intermediários (centros a serem implantados); neste nível são atendidos os pacientes, geralmente transferidos das unidades hospitalares, afim de realizar exames mais sofisticados e médicos especializados na área.
- **nível 3:** Centro de Referência (Instituto de Cardiologia de São José); neste nível são atendidos os pacientes com casos mais graves, e que na maior parte das vezes, precisam de tratamento cirúrgico.

Isto sugere uma hierarquização dos serviços de atendimento a doentes cardíacos em todo o estado. Desta forma poderá diminuir o fluxo de pacientes ao Instituto de Cardiologia do Município de São José, bem como os cidadãos poderão ter um melhor atendimento num intervalo de tempo menor.

A estrutura desta hierarquia esta representada na figura 4.1



**Figura 4.1- Estrutura Hierárquica Utilizada**

onde:

**C.R.** - Centro de Referência ( Instituto de Cardiologia )

**CACIs** - Centros de Atendimento Cardiológico Intermediários

**hos.** - Unidades hospitalares

O problema a ser resolvido agora é onde localizar os CACIs de modo a proporcionar um melhor atendimento a população.

Realizamos então um processo de seleção dos municípios que poderiam sediar um CACI, e a seguir usamos o método das p-medianas para definir entre estes, o conjunto de municípios que serão sede de um CACI.

### 4.3 - SELEÇÃO DOS MUNICÍPIOS CANDIDATOS

A seleção dos municípios foi feita levando em consideração dois requisitos básicos:

- **População que justifica a existência do serviço.**

Como visto no capítulo 2, seção 2.5.4, pelo critério de alcance espacial mínimo, foram selecionados os municípios com população mínima de 28 mil habitantes. Segundo a Secretaria de Estado da Saúde, esta população justifica a implantação de um serviço especializado em cardiologia.

- **Existência de Hospitais.**

Dos municípios selecionados segundo o alcance espacial mínimo, foram escolhidos aqueles que possuem hospitais de grande e/ou médio porte. A existência de um hospital deste tipo é uma exigência da Secretaria de Estado da Saúde pois só assim o hospital têm recursos humanos e ambulatoriais para classificar o “tipo” de problema de cada paciente.

Na Tabela 4.1 são apresentados os municípios que satisfazem estes dois requisitos básicos, ou seja, a população maior que 28000 habitantes e a existência de hospitais de grande e/ou médio porte.

**TABELA 4.1 - Municípios que satisfazem os dois requisitos**

♦ Araranguá	♦ Itajaí
♦ Balneário Camboriu	♦ Jaraguá do Sul
♦ Blumenau	♦ Joaçaba
♦ Brusque	♦ Joinville
♦ Caçador	♦ Lages
♦ Campos Novos	♦ Laguna
♦ Canoinhas	♦ Mafra
♦ Chapecó	♦ Porto União
♦ Concordia	♦ Rio do Sul
♦ Criciúma	♦ Rio Negrinho
♦ Curitibanos	♦ São Bento do Sul
♦ Florianópolis	♦ São José
♦ Fraiburgo	♦ São Miguel do Oeste
♦ Gaspar	♦ Tijucas
♦ Içara	♦ Tubarão
♦ Imbituba	♦ Videira
♦ Indaial	♦ Xanxerê

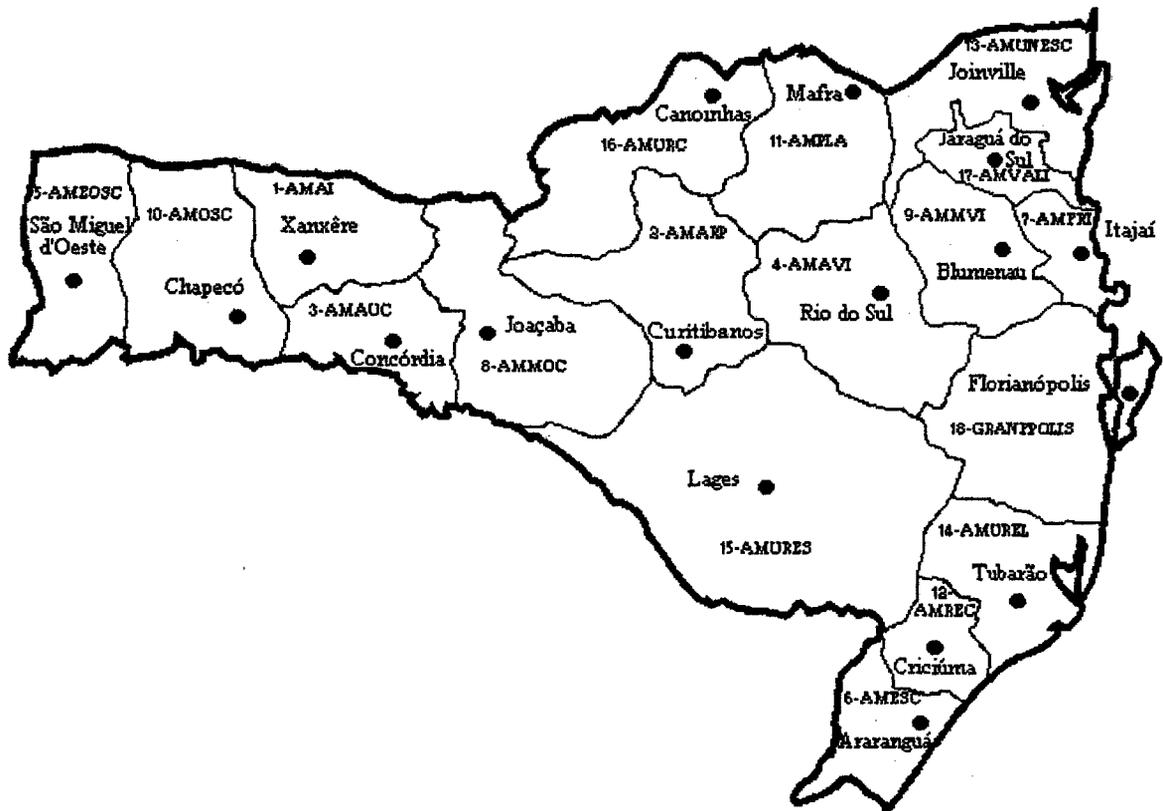
Com base na estrutura regional existente no estado de Santa Catarina (ver secção 2.5.2), dos municípios selecionados na tabela 4.1, foram escolhidos dezoito municípios usando o seguinte critério:

- **Maior População**

Em cada regional seleciona-se o município que possui o maior número de habitantes.

Caso existirem municípios cuja diferença do número de habitantes não seja significativa, pode-se selecionar mais do que um município por regional. Entre estes, será escolhido apenas um, levando em consideração a centralidade do município na regional.

Na figura 4.2 é mostrada a localização dos municípios selecionados no estado de Santa Catarina.



**FIGURA 4.2 - Localização dos municípios candidatos a sediarem um CACI no estado de Santa Catarina.**

A seleção apresentada na figura 4.1 coincide com a localização dos municípios que representam as Associações de Saúde existentes no estado, exceto na segunda regional, onde nesta seleção aparece Curitiba, por possuir hospital de grande porte, enquanto a sede da Associação de Saúde desta regional localiza-se na cidade de Videira.

O mapa da área em estudo, transformou-se em uma rede composta de vértices e arcos. Cada município selecionado representa um vértice desta rede, tendo seu determinado peso, e os arcos, são as ligações viárias mais importantes.

#### **4.4 - DEFINIÇÃO DOS PESOS**

A cada nó da rede associa-se um peso proporcional a população total da regional, que é dado por:

$$\text{População} \cong X \cdot 10^2 \text{ hab.} \Rightarrow \text{Peso} = X.$$

Na tabela 4.2 apresentam-se os 18 municípios selecionados, um número de código associado e os respectivos pesos:

**TABELA 4.2 - Municípios Candidatos a sediarem um CACI, Código dos Municípios e seus respectivos pesos.**

Municípios	Código dos munic.	Peso dos munic.
Xanxerê	01	1353,99
Curitibanos	02	1551,42
Concórdia	03	1380,84
Rio do Sul	04	2405,66
São Miguel do Oeste	05	1873,96
Araranguá	06	1442,44
Itajaí	07	2808,52
Joaçaba	08	1651,86
Blumenau	09	4632,92
Chapecó	10	3504,21
Mafra	11	920,02
Criciúma	12	2976,18
Joinville	13	5324,97
Tubarão	14	3018,84
Lages	15	2797,30
Canoinhas	16	1815,87
Jaraguá do Sul	17	1441,10
Florianópolis	18	6698,16

#### **4.5 - DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE DISTÂNCIAS**

Os dezoito municípios selecionados a sediarem um CACI, representam cidades importantes em cada regional. Sendo assim o DER (Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina) teve possibilidade de fornecer a distância entre estas cidades sobre a rede viária. Estes dados foram usados para construir a matriz de distâncias.

Os vértices (municípios candidatos a sediarem um CACI) da rede, estão localizados dentro de um determinado distrito, no caso a regional. Assim é preciso calcular a distância média percorrida pelos usuários de cada distrito para se deslocarem até o município candidato.

Para isto, usamos o valor esperado da distância média de um ponto de demanda a um ponto de serviço, como foi apresentado no capítulo III:

$$E[D] = c \sqrt{A_0}$$

Na região em estudo, as regionais têm, de um modo geral, um formato mais ou menos compacto e convexo. Os prováveis municípios a sediarem o CACI estão localizados aproximadamente no centro de cada regional. A métrica usada é a Euclidiana.

Desta forma usamos:

$$E[D] = 0,38 \sqrt{A_0}, \text{ conforme tabela 3.1.}$$

Como no caso em estudo usamos distâncias reais é necessário utilizar um coeficiente de correção. A princípio adotou-se como coeficiente de correção o valor 1,3, pois como observamos no capítulo III, segundo Novaes e Alvarenga[49], este é adequado para um ajuste entre a distância euclidiana e a distância real.

Logo :

$$E[D_{\text{Intra Zonal Estimada}}] = 1,3 \cdot 0,38 \sqrt{A_0}$$

$A_0$  representa a área total da regional. Através de dados obtidos pelo IBGE, foi possível calcularmos essas áreas.

Na tabela 4.3 apresentamos a área de cada regional

**TABELA 4.3 - Área total da regional**

Regional	Área total ( km <sup>2</sup> )
1° - AMAI	4938,4
2° - AMARP	6206,5
3° - AMAUC	3335,9
4° - AMAVI	7630,4
5° - AMEOSC	4217,4
6° - AMESC	2943,9
7° - AMFRI	1654,3
8° - AMMOC	7024,4
9° - AMMVI	4488,7
10° - AMOSC	6081,7
11° - AMPLA	4374,2
12° - AMREC	2120,5
13° - AMUNESC	4471,4
14° - AMUREL	4531,6
15° - AMURES	16389,6
16° - AMURC	6146,4
17° - AMVALI	2028,8
18° - GRANFPOLIS	7085,6

Determina-se então o valor esperado da distância média de cada regional, como visto anteriormente, e usamos este valor na diagonal principal da matriz de distâncias.

Na tabela 4.4 apresentamos a matriz de distâncias usada nesta aplicação.

TABELA 4.4 -Matriz Distância ( Km )

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	34,72	233	177	341	154	544	477	125	430	43	328	516	474	533	312	258	430	536
2	233	38,92	186	256	387	311	246	111	199	266	206	283	284	300	79	182	240	303
3	117	186	28,53	294	209	497	430	75	383	80	310	469	436	486	265	240	412	489
4	341	256	294	43,15	495	358	136	219	89	374	287	346	174	297	126	258	130	186
5	154	387	209	495	32,08	696	631	279	584	129	482	668	608	685	464	412	584	688
6	544	311	497	358	696	26,80	319	425	351	577	491	31	389	87	235	459	402	208
7	477	246	430	136	631	319	20,09	355	47	616	210	292	84	232	262	270	98	91
8	125	111	75	219	279	425	355	41,40	308	155	280	394	393	411	190	251	349	414
9	430	199	383	89	584	351	47	308	33,09	463	163	329	86	264	215	223	51	143
10	43	266	80	374	129	577	616	155	463	38,52	390	549	516	566	345	320	492	569
11	328	206	310	287	482	491	210	280	163	390	32,67	460	136	477	256	70	112	310
12	516	283	469	346	668	31	292	394	329	549	460	22,74	368	66	204	431	380	192
13	474	284	436	174	608	389	84	393	86	516	136	368	33,03	302	300	196	44	181
14	533	300	486	297	685	87	232	411	264	566	477	66	302	33,25	221	448	315	133
15	312	79	265	126	464	235	262	190	215	345	256	204	300	221	63,24	227	256	224
16	258	182	240	258	412	459	270	251	223	320	70	431	196	448	227	38,73	172	370
17	430	240	412	130	584	402	98	349	51	492	112	380	44	315	256	172	22,25	193
18	536	303	489	186	688	208	91	414	143	569	310	192	181	133	224	370	193	41,58

#### 4.6- IMPLEMENTAÇÃO DO PROBLEMA DA P-MEDIANA.

Dados os 18 locais viáveis para serem instalados os CACIs, busca-se determinar quais os p-melhores locais, que minimizam a distância média percorrida pelo usuário.

Verifica-se que não está determinado um número específico de CACIs no estado, mas através de simulações é possível determinarmos dado o número adequado de CACIs, os locais onde devem ser localizados.

É importante ressaltar que este trabalho busca a distribuição espacial ótima dos CACIs. O seu dimensionamento depende de estudos mais detalhados e de levantamento de dados que possibilitem determinar o alcance espacial mínimo para o nível de especialização adotado. Quanto maior o nível de especialização, maior será este alcance espacial mínimo.

O número adequado de CACIs, depende do nível de especialização dos mesmos e pode ser decidido em conjunto com as autoridades de saúde, usando os princípios da Teoria de Christaller.

O problema em questão é representado por um grafo  $G=(N, A)$ , onde  $N$  é o conjunto de nós que é constituído por 18 locais e  $A$  representa as principais ligações entre os municípios.

O problema pode ser resolvido por Enumeração Exaustiva, como observado no capítulo III, sendo que o tempo computacional necessário é razoavelmente pequeno.

O algoritmo apresenta como dados de entrada o código dos municípios candidatos, a matriz de distâncias entre os 18 municípios candidatos e os pesos atribuídos a cada município.

O problema da p-mediana estabelece a melhor localização de unidades de serviço minimizando a distância média atribuída ao usuário.

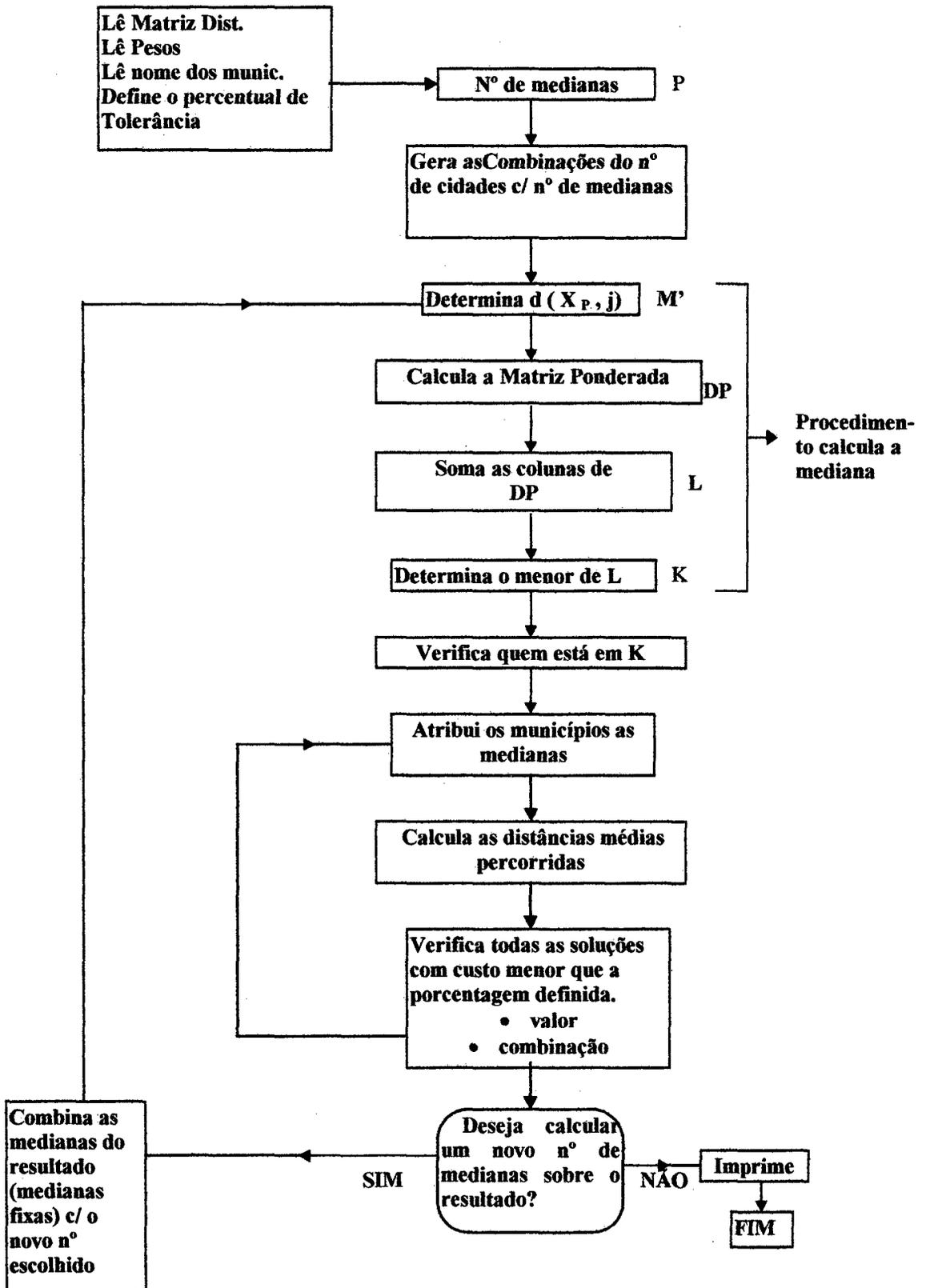
No entanto, podemos ter outras soluções com uma distância média muito próxima da ótima. Nestes casos é interessante proceder uma análise com base em

outras variáveis tais como, disponibilidade de recursos humanos, equipamentos já instalados, entre outros.

Propõe-se então, no algoritmo do problema uma taxa de tolerância de 3%, obtendo-se todas as soluções sub-ótimas que se encontram nesta faixa.

A seguir apresentamos o fluxograma do programa da p-mediana usado neste trabalho.

## FLUXOGRAMA



O programa “p - mediana” escrito em linguagem Pascal é apresentado no anexo 2.

#### **4.7 - SOLUÇÕES OBTIDAS.**

Através do programa “p-mediana”, é possível fazer simulações quanto a localização dos CACIs. Pode-se simular situações com qualquer número de CACIs.

Empiricamente através de análise preliminar realizada conjuntamente com pessoas responsáveis na área de saúde, chegou-se a conclusão que um bom número de CACIs para Santa Catarina seria de oito ( 8 ).

Em função disto, optou-se por escolher este número para exemplificar a aplicação desenvolvida.

O programa foi, então, rodado para  $p=8$ , e para uma taxa de tolerância de 3%, têm-se 8 soluções distintas.

Apresentamos a seguir, a solução ótima obtida pelo programa “p-mediana” para localizar as 8 medianas nos vértices selecionados, e logo após uma das soluções sub-ótimas obtida dentro da taxa de tolerância pré-estabelecida:

#### **SOLUÇÃO:**

##### **Localizar as 8 medianas nos vértices:**

**2 - Curitiba**

**5 - São Miguel do Oeste**

**9 - Blumenau**

**10 - Chapecó**

**12 - Criciúma**

**13 - Joinville**

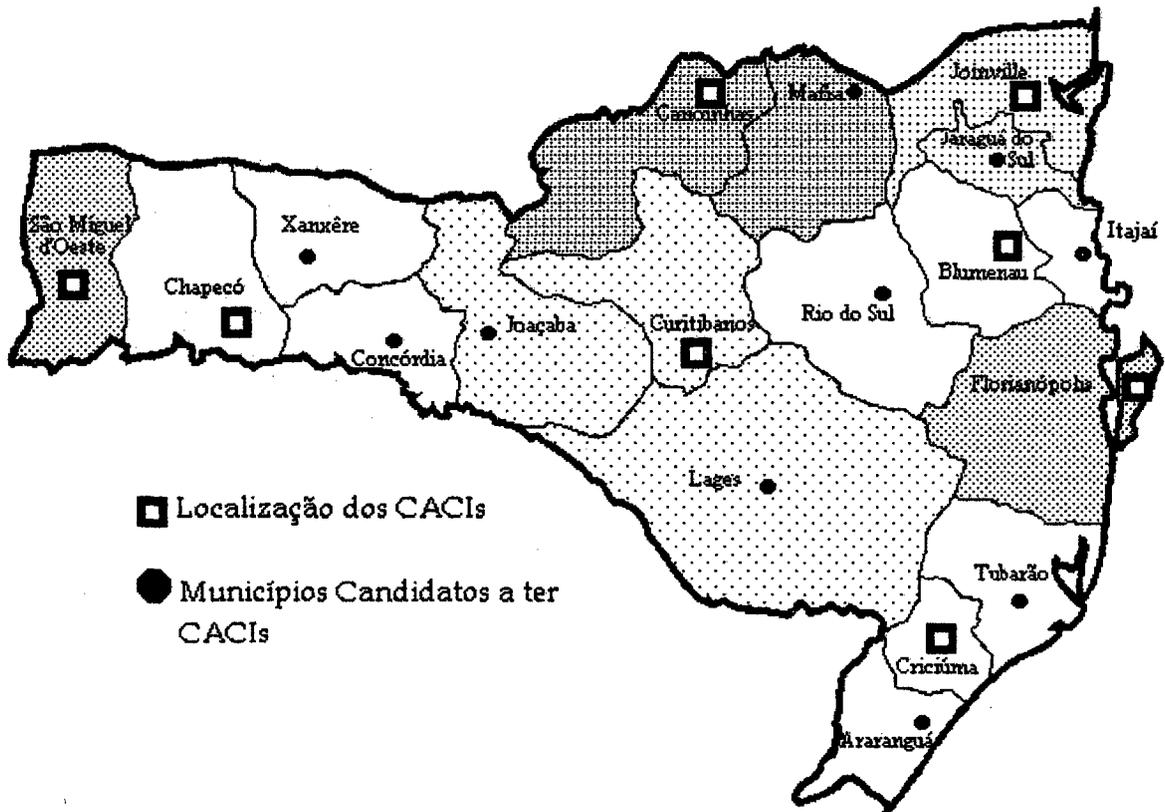
**16 - Canoinhas**

**18 - São José ( Florianópolis )**

Atribuição das cidades aos vértices selecionados:

- **Curitibanos:** a este vértice foram alocadas as regionais de Curitibanos, Joaçaba e Lages;
- **São Miguel do Oeste:** a este vértice foi alocada a regional de São Miguel do Oeste;
- **Blumenau:** a este vértice foram alocadas as regionais de Rio do Sul, Itajaí e Blumenau;
- **Chapecó:** a este vértice foram alocadas as regionais de Xanxerê, Concórdia e Chapecó;
- **Criciúma:** a este vértice foram alocadas as regionais de Araranguá, Criciúma e Tubarão;
- **Joinville:** a este vértice foram alocadas as regionais de Joinville e Jaraguá do Sul;
- **Canoinhas:** a este vértice foram alocadas as regionais de Mafra e Canoinhas;
- **São José ( Florianópolis ):** a este vértice foi alocado a regional da Grande Florianópolis.

Na figura 4.3 apresentamos a localização dos 8 CACIs no estado de Santa Catarina, bem como as devidas áreas de abrangência.



**FIGURA 4.3 - Localização dos 8 CACIs no estado de SC**

Podemos observar na tabela 4.5 as distâncias médias percorridas pelos usuários até a unidade de serviço.

**Tabela 4.5 - Distância Média percorrida p/ usuário**

Vértice mediana	Distância média p/ usuário (Km)
Curitibanos	77,4
São Miguel do Oeste	32,1
Blumenau	50,3
Chapecó	48,7
Criciúma	41,9
Joinville	35,4
Canoinhas	49,9
São José( Florianópolis)	41,6

Observamos que para esta solução a distância média total até as Unidades de Serviços é 48,1 Km.

### **SOLUÇÃO SUB-ÓTIMA:**

#### **Localizar as 8 medianas nos vértices:**

**2 - Curitibanos**

**12 - Criciúma**

**3 - Concórdia**

**13 - Joinville**

**9 - Blumenau**

**16 - Canoinhas**

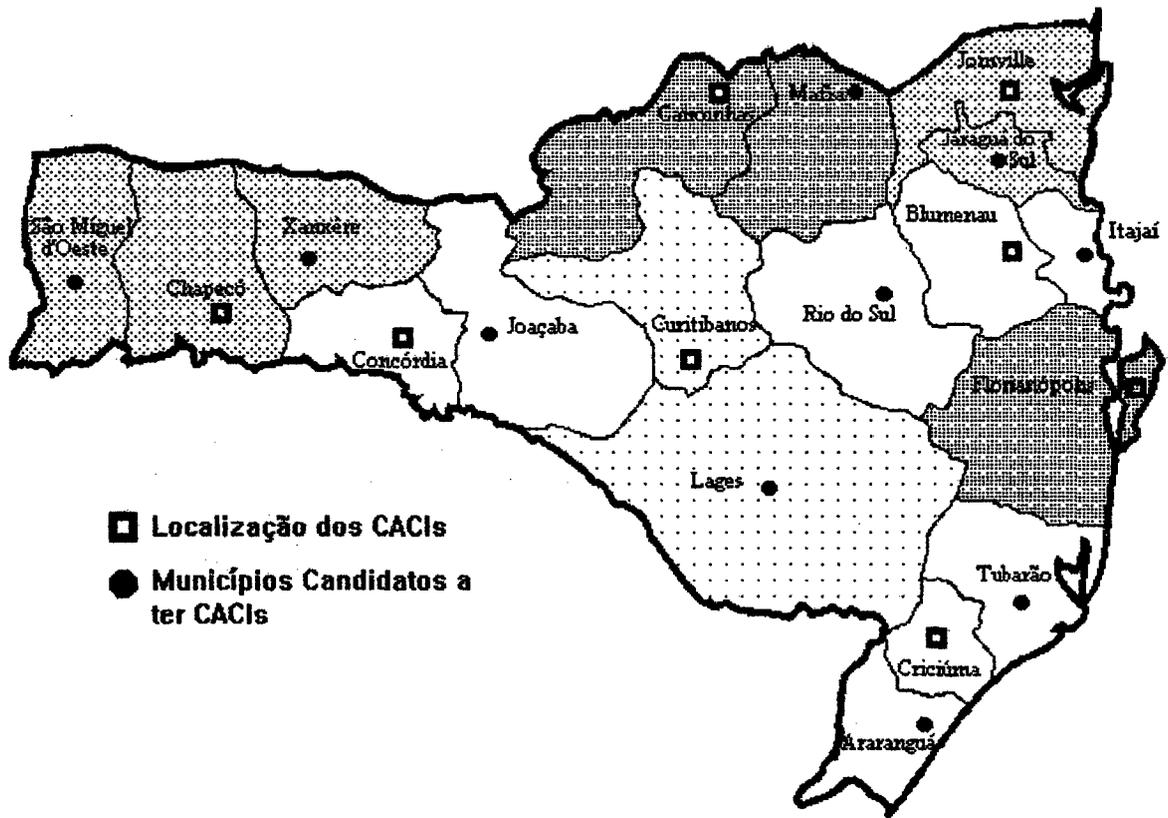
**10 - Chapecó**

**18 - São José ( Florianópolis )**

Atribuição das cidades aos vértices selecionados:

- **Curitibanos:** a este vértice foram alocadas as regionais de Curitibanos e Lages;
- **Concórdia:** a este vértice foram alocadas as regionais de Concórdia e Joaçaba;
- **Blumenau:** a este vértice foram alocadas as regionais de Rio do Sul, Itajaí e Blumenau;
- **Chapecó:** a este vértice foram alocadas as regionais de Xanxerê, São Miguel do Oeste e Chapecó;
- **Criciúma:** a este vértice foram alocadas as regionais de Araranguá, Criciúma e Tubarão;
- **Joinville:** a este vértice foram alocadas as regionais de Joinville e Jaraguá do Sul;
- **Canoinhas:** a este vértice foram alocadas as regionais de Mafra e Canoinhas;
- **São José ( Florianópolis ):** a este vértice foi alocado a regional da Grande Florianópolis.

Na figura 4.4 apresentamos a localização sub-ótima dos 8 CACIs no estado de Santa Catarina, bem como as devidas áreas de abrangência.



**FIGURA 4.4 - Localização sub-ótima dos 8 CACIs no estado de SC**

Podemos observar na tabela 4.6 as distâncias médias percorridas pelos usuários até a unidade de serviço.

**Tabela 4.6 - Distância Média percorrida p/ usuário**

Vértice mediana	Distância média p/ usuário (km)
Curitibanos	64,7
Concórdia	53,8
Blumenau	50,3
Chapecó	64,6
Criciúma	41,9
Joinville	35,4
Canoinhas	49,9
São José (Florianópolis)	41,6

Observamos que para esta solução a distância média total até as Unidades de Serviços é 49,2 km.

Em se tratando de serviço público, o dimensionamento das unidades está diretamente relacionada com a disponibilidade de recursos do estado para tal.

Levando em consideração que a instalação das 8 unidades exige por parte do estado a aplicação de um montante elevado, após debate com autoridades da saúde sugere-se que esta instalação seja realizada de forma gradativa.

Desenvolve-se então outro programa vinculado ao original, chamado “MedUnit”, onde, a partir de um número pré definido de unidades (no caso exemplificado temos como número pré definido os 8 CACIs), procedemos a localização inicial de um número menor de unidades a serem localizadas nestas já definidas. O programa “MedUnit” encontra-se em anexo.

No caso da solução de 8 CACIs (solução ótima) é interessante exemplificar com a localização de 5 CACIs no estado.

A seguir apresentamos a solução com estas 5 unidades distribuídas no estado.

**Solução obtida fixando-se 8 medianas (como visto na solução ótima) e distribuindo 5 medianas :**

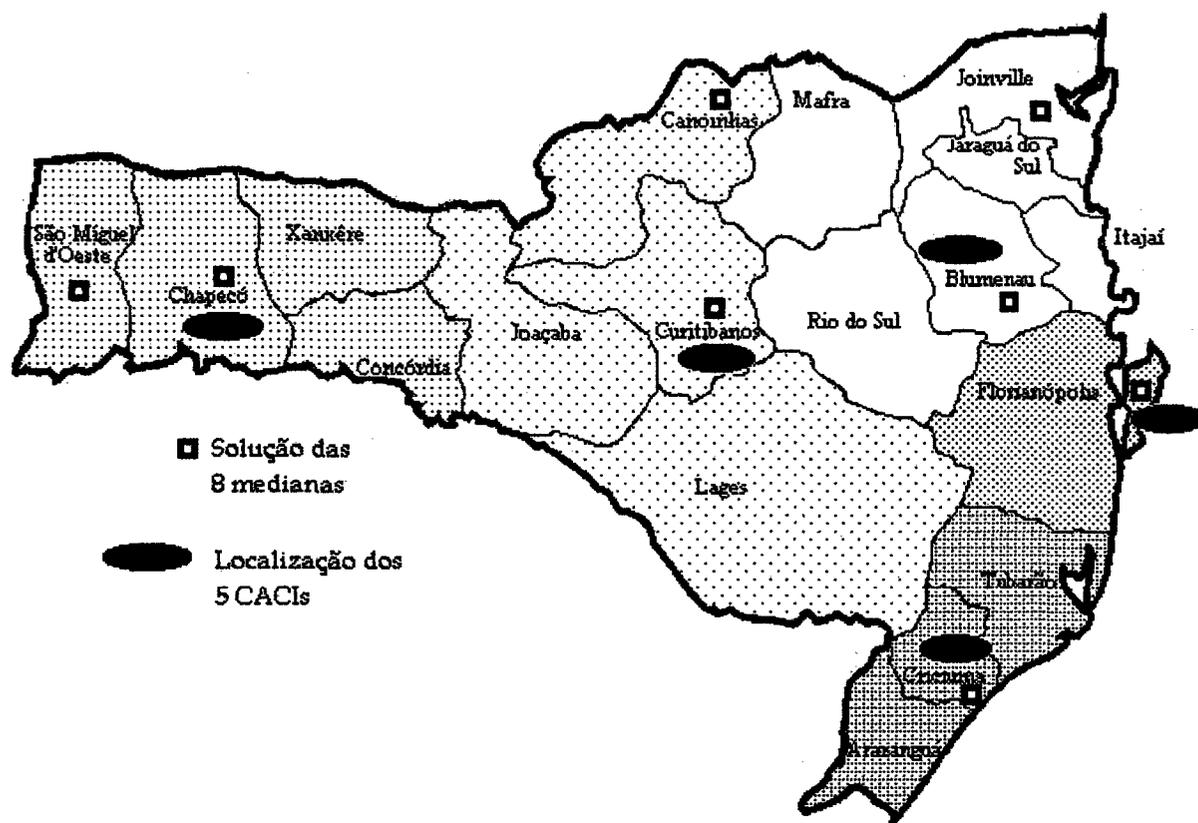
Localizar as 5 medianas nos vértices:

- **Chapecó**
- **Criciúma**
- **Blumenau**
- **Curitibanos**
- **São José ( Florianópolis )**

#### Atribuição das Cidades:

- **Chapecó:** a este vértice foram alocadas as regionais de Xanxerê, Concórdia, São Miguel do Oeste e Chapecó;
- **Criciúma:** a este vértice foram alocadas as regionais de Araranguá, Criciúma e Tubarão;
- **Blumenau:** a este vértice foram alocadas as regionais de Rio do Sul, Itajaí, Blumenau, Joinville, Jaraguá do Sul e Mafra;
- **Curitibanos:** a este vértice foram alocadas as regionais de Curitibanos, Canoinhas, Joaçaba e Lages;
- **São José (Florianópolis):** a este vértice foi alocada a regional da Grande Florianópolis;

Na figura 4.5 apresentamos a localização dos 5 CACIs entre os 8 vértices medianos, bem como as devidas áreas de abrangência:



**FIGURA 4.5 - Localização de 5 CACIs fixando 8 medianas no estado de Santa Catarina.**

Podemos observar na tabela 4.6 as distâncias médias percorridas pelos usuários até a unidade de serviço.

**TABELA 4.7 - Distância Média percorrida p/ usuário (entre as 5 medianas)**

Vértice mediana	Distância média p/ usuário (Km)
Chapecó	67,2
Criciúma	41,9
Blumenau	67,6
Curitibaanos	101,7
São José( Florianópolis)	41,6

Observa-se que para esta solução a distância média total até as Unidades de Serviços é 65,5 Km.

O desenvolvimento desta aplicação prática mostra a viabilidade da metodologia proposta e os resultados obtidos mostram a validade da mesma.

No próximo capítulo apresentamos algumas conclusões referentes a estes resultados obtidos, assim como algumas considerações a respeito da aplicação prática desenvolvida.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 5.1 - CONCLUSÕES:

O presente trabalho mostra a viabilidade da utilização da Teoria do Lugar Central de Christaller no Planejamento Estratégico da distribuição espacial de serviços especializados de saúde pública.

O que se faz é sugerir a implantação de centros de atendimento a doentes cardíacos, bem como determinar a sua distribuição geográfica no estado de Santa Catarina.

A hierarquia proposta, com um maior número de centros intermediários espacialmente distribuídos, permite que, na maioria dos casos, os pacientes não se desloquem a grandes distâncias para obter o atendimento necessário. Isso evita o isolamento do paciente numa cidade distante, propiciando melhores condições de acompanhamento por parte de sua família e conseqüentemente, uma melhoria na qualidade do seu tratamento.

O número de centros intermediários depende do dimensionamento dos mesmos. Quanto mais especializados eles forem, maior será seu alcance espacial mínimo, e portanto, menor será o seu número.

Assim, o número de centros intermediários, para cada tipo de serviço, deve ser estabelecido em conjunto com as autoridades de saúde. Uma vez estabelecido este número, as localizações ótimas podem ser obtidas como solução do problema de p-medianas e/ou outro critério adicional julgado adequado.

Da análise dos resultados obtidos com a aplicação realizada podemos concluir:

- **Quanto aos municípios selecionados a sediarem um CACI:**

A seleção dos municípios candidatos foi feita levando em consideração critérios fornecidos pela Secretaria de Estado da Saúde.

Sem dúvida, critérios diferentes levariam a seleção de outros municípios.

- **Quanto ao número de CACIs no estado:**

Neste trabalho desenvolvemos um programa em linguagem Pascal usando o método das p-medianas. Este programa permite realizar simulações com diferentes números de unidades no estado.

É importante ressaltar que a quantidade de unidades de serviços intermediários a serem instalados irá depender do dimensionamento das mesmas, ou seja, quanto mais especializadas forem estas unidades de serviço, maior será seu alcance espacial mínimo e sendo assim menor será o seu número. Portanto esta é uma questão a ser definida juntamente com autoridades da Secretaria de Estado da Saúde.

- **Quanto a escolha da melhor localização dos CACIs:**

Podemos observar que na solução obtida para 8 CACIs no estado, o programa “p-mediana” fornece 8 soluções distintas, dentro da taxa de tolerância de 3%, sendo que destas oito soluções, sete são sub-ótimas. Desta forma o órgão gestor pode realizar uma análise mais detalhada e levar em consideração variáveis não consideradas neste trabalho.

## 5.2 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho estabelecemos a localização das unidades de serviço através do método das p-medianas, que minimiza a distância dos usuários até a unidade mais próxima.

Uma sugestão para um trabalho posterior é a utilização de alguma medida de equidade para analisar a distribuição das unidades nos diferentes pontos do estado. Segundo Almeida e Gonçalves [1], o critério minimax, que avalia a minimização da distância máxima atribuída ao usuário é uma alternativa interessante, neste caso. Esta medida reflete o critério de justiça estabelecido por Raw em 1971, onde as expectativas dos menos afortunados são maximizadas.

Isto implica no desenvolvimento de um novo modelo para minimizar a distância máxima.

Sugerimos então, que se realize uma análise comparativa entre os resultados obtidos pelos dois métodos.

Outro trabalho interessante seria em relação a um estudo mais aprofundado para se obter o número de centros intermediários.

Sugere-se também para trabalhos futuros, uma análise detalhada referente a ponderação dos dados de entrada, pois para as pessoas que vivem o “stress” de grandes cidades a possibilidade de ocorrerem problemas relacionados a saúde, especialmente problemas cardíacos, é maior. Nestes casos é interessante adotar-se um Índice de Risco, o que segundo Souza [63], deve representar a probabilidade de que um habitante de uma determinada região necessite do tipo de serviço oferecido.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

**RELAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA E  
SEUS RESPECTIVOS MUNICÍPIOS**

## ANEXO 1

**RELAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA, COM SEUS RESPECTIVOS MUNICÍPIOS.**

ASSOCIAÇÃO	MUNICÍPIOS
<b>1 AMAI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abelardo Luz</li> <li>• Coronel Freitas</li> <li>• Faxinal dos Guedes</li> <li>• Galvão</li> <li>• Ipuaçú</li> <li>• Lageado Grande</li> <li>• Marema</li> <li>• Ouro Verde</li> <li>• Passos Maia</li> <li>• Ponte Serrada</li> <li>• São Domingos</li> <li>• Vargeão</li> <li>• Xanxerê</li> <li>• Xaxim</li> </ul>
<b>2-AMARP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arroio Trinta</li> <li>• Curitibanos</li> <li>• Fraiburgo</li> <li>• Lebon Regis</li> <li>• Macieira</li> <li>• Ponte Alta do Norte</li> <li>• Rio da Antas</li> <li>• Salto Veloso</li> <li>• Santa Cecília</li> <li>• São Cristovão do Sul</li> <li>• Timbó Grande</li> <li>• Videira</li> </ul>

<b>3-AMAUC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arabutã</li> <li>• Arvoredo</li> <li>• Concórdia</li> <li>• Ipira</li> <li>• Ipumirim</li> <li>• Irani</li> <li>• Itá</li> <li>• Jaborá</li> <li>• Lindóia do Sul</li> <li>• Peritiba</li> <li>• Piratuba</li> <li>• Presidente Castelo Branco</li> <li>• Seara</li> <li>• Xavantina</li> </ul>
<b>4- AMAVI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrolândia</li> <li>• Agronômica</li> <li>• Atalanta</li> <li>• Aurora</li> <li>• Braço do Trombudo</li> <li>• Dona Emma</li> <li>• Ibirama</li> <li>• Imbuia</li> <li>• Ituporanga</li> <li>• José Boiteux</li> <li>• Laurentino</li> <li>• Lontras</li> <li>• Mirim Doce</li> <li>• Petrolândia</li> <li>• Pouso Redondo</li> <li>• Presidente Getúlio</li> <li>• Presidente Nereu</li> <li>• Rio do Campo</li> <li>• Rio do Oeste</li> <li>• Rio do Sul</li> <li>• Salete</li> <li>• Santa Terezinha</li> <li>• Taió</li> <li>• Trombudo Central</li> <li>• Vidal Ramos</li> <li>• Vitor Meirelles</li> <li>• Witmarsum</li> </ul>

<b>5- AMEOSC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anchieta</li> <li>• Belmonte</li> <li>• Descanso</li> <li>• Dionísio Cerqueira</li> <li>• Guaraciaba</li> <li>• Guarujá do Sul</li> <li>• Iporã do Oeste</li> <li>• Itapiranga</li> <li>• Mondai</li> <li>• Palma Sola</li> <li>• Paraíso</li> <li>• Riqueza</li> <li>• Romelândia</li> <li>• Santa Helena</li> <li>• São João D'Oeste</li> <li>• São José do Cedro</li> <li>• São Miguel do Oeste</li> <li>• Tunápolis</li> </ul>
<b>6- AMESC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Araranguá</li> <li>• Jacinto Machado</li> <li>• Maracajá</li> <li>• Meleiro</li> <li>• Morro Grande</li> <li>• Passo de Torres</li> <li>• Praia Grande</li> <li>• Santa Rosa do Sul</li> <li>• São João do Sul</li> <li>• Sombrio</li> <li>• Timbé do Sul</li> <li>• Turvo</li> </ul>
<b>7- AMFRI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balneário Camboriú</li> <li>• Bombinhas</li> <li>• Camboriú</li> <li>• Ilhota</li> <li>• Itajaí</li> <li>• Itapema</li> <li>• Luiz Alves</li> <li>• Navegantes</li> <li>• Penha</li> <li>• Piçarras</li> <li>• Porto Belo</li> </ul>

<b>8- AMMOC</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abdon Batista</li><li>• Água Doce</li><li>• Campos Novos</li><li>• Capinzal</li><li>• Catanduvas</li><li>• Erval Velho</li><li>• Ibicaré</li><li>• Joaçaba</li><li>• Lacerdópolis</li><li>• Monte Carlo</li><li>• Ouro</li><li>• Pinheiro Preto</li><li>• Tangará</li><li>• Treze Tílias</li><li>• Vargem</li><li>• Vargem Bonita</li></ul>
<b>9-AMMVI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apiúna</li><li>• Acurra</li><li>• Benedito Novo</li><li>• Blumenau</li><li>• Botuverá</li><li>• Brusque</li><li>• Doutor Pedrinho</li><li>• Gaspar</li><li>• Guabiruba</li><li>• Indaial</li><li>• Pomerode</li><li>• Rio dos Cedros</li><li>• Rodeio</li><li>• Timbó</li></ul>

<b>10- AMOSC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas de Chapecó</li> <li>• Águas Frias</li> <li>• Caibi</li> <li>• Campo Erê</li> <li>• Caxambú do Sul</li> <li>• Chapecó</li> <li>• Cordilheira Alta</li> <li>• Coronel Freitas</li> <li>• Cunha Porã</li> <li>• Formosa do Sul</li> <li>• Guatambú</li> <li>• Iraceminha</li> <li>• Irati</li> <li>• Jardinópolis</li> <li>• Maravilha</li> <li>• Modelo</li> <li>• Nova Erechim</li> <li>• Nova Itaberaba</li> <li>• Novo Horizonte</li> <li>• Palmitos</li> <li>• Pinhalzinho</li> <li>• Planalto Alegre</li> <li>• Quilombo</li> <li>• São Carlos</li> <li>• São Lourenço d'Oeste</li> <li>• São Miguel da Boa Vista</li> <li>• Saudades</li> <li>• Serra Alta</li> <li>• Sul Brasil</li> <li>• União do Oeste</li> </ul>
<b>11-AMPLA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Itaiópolis</li> <li>• Mafra</li> <li>• Monte Castelo</li> <li>• Papanduva</li> </ul>
<b>12-AMREC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocal do Sul</li> <li>• Criciúma</li> <li>• Forquilha</li> <li>• Içara</li> <li>• Lauro Muller</li> <li>• Morro da Fumaça</li> <li>• Nova Veneza</li> <li>• Siderópolis</li> <li>• Urussanga</li> </ul>

<b>13- AMUNESC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Araquari</li> <li>• Barra do Sul</li> <li>• Campo Alegre</li> <li>• Garuva</li> <li>• Itapoá</li> <li>• Joinville</li> <li>• Rio Negrinho</li> <li>• São Bento do Sul</li> <li>• São Francisco do Sul</li> </ul>
<b>14-AMUREL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazém</li> <li>• Braço Norte</li> <li>• Capivari de Baixo</li> <li>• Gravatal</li> <li>• Grão Pará</li> <li>• Imaruí</li> <li>• Imbituba</li> <li>• Jaguaruma</li> <li>• Laguna</li> <li>• Orleans</li> <li>• Pedras Grandes</li> <li>• Rio Fortuna</li> <li>• Sangão</li> <li>• Santa Rosa de Lima</li> <li>• São Ludgero</li> <li>• São Martinho</li> <li>• Treze de Maio</li> <li>• Tubarão</li> </ul>
<b>15- AMURES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anita Garibaldi</li> <li>• Bom Jardim da Serra</li> <li>• Bom Retiro</li> <li>• Campo Belo do Sul</li> <li>• Celso Ramos</li> <li>• Cerro Negro</li> <li>• Correia Pinto</li> <li>• Lages</li> <li>• Otacílio Costa</li> <li>• Ponte Alta</li> <li>• Rio Rufino</li> <li>• São Joaquim</li> <li>• São José do Cerrito</li> <li>• Urubuci</li> <li>• Urupema</li> </ul>

<b>16-AMURC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caçador</li> <li>• Calmon</li> <li>• Canoinhas</li> <li>• Irineópolis</li> <li>• Major Vieira</li> <li>• Matos Costa</li> <li>• Porto União</li> <li>• Três Barras</li> </ul>
<b>17- AMVALI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barra Velha</li> <li>• Corupá</li> <li>• Guaramirim</li> <li>• Jaraguá do Sul</li> <li>• Massaranduba</li> <li>• São João do Itaperiú</li> <li>• Schroeder</li> </ul>
<b>18- GRANFPOLIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas Mornas</li> <li>• Alfredo Wagner</li> <li>• Angelina</li> <li>• Anitápolis</li> <li>• Antonio Carlos</li> <li>• Biguaçu</li> <li>• Canelinha</li> <li>• Florianópolis</li> <li>• Garopaba</li> <li>• Governador Celso Ramos</li> <li>• Leoberto Leal</li> <li>• Major Gercino</li> <li>• Nova Trento</li> <li>• Palhoça</li> <li>• Paulo Lopes</li> <li>• Rancho Queimado</li> <li>• Santo Amaro da Imperatriz</li> <li>• São Bonifácio</li> <li>• São João Batista</li> <li>• São José</li> <li>• Tijucas</li> </ul>

## **ANEXO 2**

**PROGRAMA “P-MEDIANA” E PROGRAMA “MEDIUNIT”**

```
uses Crt,Dos,MedUnit;
```

```
const
```

```
  NomeArqComb = 'COMBINA1.TXT';{lista do conjunto das  
                                combinacoes }
```

```
  NomeArqSommas = 'SOMAS1.TXT';{lista a soma de cada linha da  
                                matriz ponderada}
```

```
var
```

```
  H,M,S,C: word;{variaveis para mostrar o tempo hora,  
                minuto, segundo,centesimo}
```

```
  TempoPas: String;
```

```
  ArqComb: Text;{Lista das combinacoes geradas}
```

```
  ArqSommas: Text;
```

```
  ArqSolucao: Text;
```

```
  NomeArqSolucao: string;
```

```
  NomeArqMatDist: String[80]; {matriz de distancias minimas entre  
                                as cidades candidatas}
```

```
  NomeArqNomeCandidatas: string;
```

```
  NomeArqPesos: String[80];
```

```
  NrComb, {Numero de combinacoes geradas}
```

```
  NrMedianas, {Numero de medianas a serem determinadas}
```

```
  NrCandidatas: word; {Numero de cidades candidatas}
```

```
  VetComb: TVetorWord; {Guarda uma combinacao  
                        (conjunto de vertices)}
```

```
  NovoPeso,
```

```
  NovaDist: TVetorReal; {Diagonal da matriz de distancia  
                        reduzida}
```

```
  VetString: TVetorString;
```

```
  VetSommas,
```

```
  VetPesosCidadesAlocadas: TVetorReal;
```

```
  Solucoes: TMatrizWord;
```

```
  NrSolucoes: longint;
```

```
  MatDist: TMatrizReal; {matriz de distancias minimas entre as  
                        cidades candidatas}
```

```
  Peso: TVetorReal;
```

```
  Comentario: String;
```

```
  Repetir: Char;
```

```
procedure ImprimeCombinacao;
```

```
{grava uma combinacao no arquivo de combinacoes}
```

```
var
```

```
  i: byte;
```

```
begin
```

```
  inc(NrComb);
```

```
  for i:= 1 to NrMedianas do
```

```
    write(ArqComb,VetComb[i]:4);
```

```
    writeln(ArqComb);
```

```
  end;
```

```
-----}
```

```
procedure Move(k:byte);
```

```
var
```

```
  j: byte;
```

```
begin
```

```
  while (VetComb[k] - k) + 1 < (NrCandidatas - NrMedianas) do
```

```
  begin
```

```
    VetComb[k] := VetComb[k] + 1;
```

```

for j:= k+1 to NrMedianas do
  VetComb[j]:= VetComb[j-1] + 1;
ImprimeCombinacao;
for j:= NrMedianas downto k + 1 do
  Move(j);
end;
VetComb[k]:= VetComb[k] + 1;
ImprimeCombinacao;
end;

```

---

```

procedure Combinar;

```

```

var
  i: word;
begin
  NrComb:= 0;
  Assign(ArqComb, NomeArqComb);
  Rewrite(ArqComb);
  for i:= 1 to NrMedianas do
    VetComb[i]:= i;
  ImprimeCombinacao;
  if NrMedianas < NrCandidatas then
    for i:= NrMedianas downto 1 do
      move(i);
    close(ArqComb);
  end;
end;

```

---

```

procedure LeMatrizDist;

```

```

{Le a matriz de distancias minimas entre as cidades candidatas}

```

```

var

```

```

  Arq: Text;

```

```

  i, j: word;

```

```

begin

```

```

  write('Nome do arquivo de distancias = ');

```

```

  Readln(NomeArqMatDist);

```

```

  NomeArqMatDist:= 'Matriz.dad';

```

```

  Assign(Arq, NomeArqMatDist);

```

```

  Reset(Arq);

```

```

  Readln(Arq, Comentario);

```

```

  Readln(Arq, NrCandidatas);

```

```

  for i:= 1 to NrCandidatas do begin

```

```

    for j:= 1 to NrCandidatas do begin

```

```

      read(Arq, MatDist[i, j]);

```

```

      write(MatDist[i, j]:10:2);

```

```

    end;

```

```

    writeln;

```

```

  readln(Arq);

```

```

end;

```

```

end;

```

---

```

procedure LePesos;

```

```

Var

```

```

  Arq : Text;

```

```

  i, Cand: word;

```

```

begin
  write('Nome do arquivo de pesos = ');
  Readln(NomeArqPesos);
  NomeArqPesos:= 'Pesos.dad';
  Assign(Arq,NomeArqPesos);
  Reset(Arq);
  Readln(Arq,Comentario);
  For i:= 1 to NrCandidatas do begin
    Read(Arq,Cand);
    Readln(Arq,Peso[Cand]);
  end;
end;

```

```

-----}

procedure LeNomeCandidatas;
var
  Arq: Text;
  i: byte;
  CodCand: byte;
begin
  write('Nome do arquivo do Nome do Municipios = ');
  Readln(NomeArqNomeCandidatas);
  NomeArqNomeCandidatas := 'Municipi.dad';
  Assign(Arq,NomeArqNomeCandidatas);
  Reset(Arq);
  Readln(Arq,Comentario);
  For i:= 1 to NrCandidatas do begin
    Read(Arq,CodCand);
    Readln(Arq,VetString[CodCand]);
  end;
end;

```

```

-----}

procedure VerificaSoma(menorValor:real);
var
  i,j,k: word;
  soma: real;
  aux: TVetorWord;
begin
  Assign(ArqSommas,NomeArqSommas);
  Reset(ArqSommas);
  Assign(ArqComb,NomeArqComb);
  Reset(ArqComb);
  NrSolucoes:= 0;
  for i:= 1 to NrComb do begin
    for j:= 1 to NrMedianas do {le uma combinacao}
      Read(ArqComb,VetComb[j]);
      readln(ArqSommas,Soma);
      if soma <= MenorValor*Taxa then begin {so existem
        valores maiores ou iguais a MENORVALOR}
        NrSolucoes:= NrSolucoes + 1;
      end;
    for k:= 1 to NrMedianas do begin
      Solucoes[NrSolucoes,K] := VetComb[K];
      Aux[k] := Solucoes[NrSolucoes,K];
    end;
  end;
  VetSommas[NrSolucoes] := Soma;
end;
end;

```

```

Close (ArqSommas);
Close (ArqComb);
end;

```

```

-----}

procedure AtribuicaoDasCidades (VetComb:TVetorWord;
                               var NovoPeso,NovaDist:TVetorReal);
{cidades alocadas a escolhida}
var
  i,j,k:byte;
  MenorDist: real;
  SomaParcialDist,
  SomaTotalDist,
  SomaParcialPeso,
  SomaTotalPeso,
  SomaMultiParcial,      {soma do peso pela distancia}
  SomaMultiTotal: real;
  NrAtrib: byte;
  Atrib: TVetorWord;
  MaiorDistParcial,MaiorDistTotal: Real;
begin
  for i:= 1 to NrCandidatas do begin
    MenorDist:= MatDist[i,VetComb[1]];
    Atrib[i]:= VetComb[1];
    for k:= 2 to NrMedianas do begin
      if MatDist[i,VetComb[k]] < MenorDist then begin
        Atrib[i]:= VetComb[k];
        MenorDist:= MatDist[i,VetComb[k]];
      end;
    end;
  end;
  writeln (ArqSolucao);
  writeln (ArqSolucao, 'Atribuicao das Cidades');
  SomaTotalDist:= 0; {soma total das distancias}
  SomaTotalPeso:= 0;
  SomaMultiTotal:= 0;
  MaiorDistTotal:= 0;
  for i:= 1 to NrMedianas do begin
    writeln (ArqSolucao, ' >>>', VetString[VetComb[i]]:23,
            'Peso':32, 'Distancia':14);
    SomaParcialDist:= 0;
    SomaParcialPeso:= 0;
    SomaMultiParcial:= 0;
    MaiorDistParcial:= 0;
    NrAtrib:= 0;
    for j:= 1 to NrCandidatas do begin
      if Atrib[j] = VetComb[i] then begin
        Inc(NrAtrib);
        writeln (ArqSolucao, VetString[j]:30, Peso[j]:30:2,
                MatDist[j,Atrib[j]]:10:2);
        SomaParcialPeso:= SomaParcialPeso + Peso[j];
        SomaParcialDist:= SomaParcialDist + MatDist[j,Atrib[j]];
        if MaiorDistParcial < MatDist[j,Atrib[j]] then
          MaiorDistParcial:= MatDist[j,Atrib[j]];
        SomaMultiParcial:= SomaMultiParcial + Peso[j] *
                          MatDist[j,Atrib[j]];
        {soma para a media}
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

writeln(ArgSolucao, ' ':33, '-----':26, '-----':10); 86
writeln(ArgSolucao, ' ':30, SomaParcialPeso:30:2,
        SomaParcialDist:10:2);
writeln(ArgSolucao);
writeln(ArgSolucao, ' Distancia Media percorrida por pessoa (km)
        SomaParcialDist/NrAtrib:20:1);
writeln(ArgSolucao, ' Distancia Media percorrida na mediana (km)
        SomaMultiParcial/SomaParcialPeso:20:1);
writeln(ArgSolucao, ' Maior distancia percorrida (km) = ',
        MaiorDistParcial:20:1);
writeln(ArgSolucao);
SomaTotalDist:= SomaTotalDist + SomaParcialDist;
SomaTotalPeso:= SomaTotalPeso + SomaParcialPeso;
SomaMultiTotal:= SomaMultiTotal + SomaMultiParcial;
NovoPeso[i]:= SomaParcialPeso; {Soma o peso de todas as cidades
                                associada a mediana i}
NovaDist[i]:= SomaMultiParcial/SomaParcialPeso; {diagonal da
                                                matriz reduzida}
if MaiorDistTotal < MaiorDistParcial then
    MaiorDistTotal:= MaiorDistParcial;
end;
writeln(ArgSolucao);
writeln(ArgSolucao, ' DISTANCIA MEDIA TOTAL percorrida
        por pessoa (km) = ', SomaTotalDist/NrCandidatas:20:1);
writeln(ArgSolucao, ' DISTANCIA MEDIA TOTAL percorrida
        na solucao (km) = ', SomaMultiTotal/SomaTotalPeso:20:1);
writeln(ArgSolucao, ' MAIOR DISTANCIA PERCORRIDA(km) = ',
        MaiorDistTotal:20:1);
writeln(ArgSolucao);
end;

```

```

-----}

function EhMediana(vet: TVetorWord; NrMedianas, i: word): Boolean;
var
    k: word;
begin
    EhMediana:= False;
    for k:= 1 to NrMedianas do begin
        if Vet[K] = i then begin
            EhMediana:= True;
            K:= NrMedianas; {Maneira de sair do For}
        end;
    end;
end;

```

```

-----}

Procedure GeraDados(Vet: TVetorWord);
var
    i, j, k: word;
    Mat: TMatrizReal;
    StrVet: TVetorString;
begin
    {Mat:= MatDist;
    for i:= 1 to NrCandidatas do
    for j:= 1 to NrCandidatas do
    if (Not EhMediana(Vet, NrMedianas, i)) or (Not EhMediana
                                                (Vet, NrMedianas, j)) then
        Mat[i, j] := oo
    }

```

```

else
  Mat[i,j]:= MatDist[i,j];
{ for i:= 1 to NrCandidatas do begin
  for j:= 1 to NrCandidatas do
    write(Mat[i,j]:4:0);
    writeln;
  end; }
  for i:= 1 to NrMedianas do
    StrVet[i]:= VetString[Vet[i]];
  MedianasFixas(NrCandidatas,NrMedianas,MatDist{Mat},
    MatDist,Vet,Peso,VetString);
End;

```

```

-----}

procedure CalculaMedianas;
var
  i,j,k: word;
  ArqComb: Text;
  MenorDist: real;
  Vet: TVetorWord; {Vetor com a melhor solucao}
  MenorValor, ValorCorrente: extended;
  IndComb: word;
begin
  Assign(ArqSommas, NomeArqSommas);
  Rewrite(ArqSommas);
  Assign(ArqComb, NomeArqComb);
  Reset(ArqComb);
  MenorValor:= 1E999;
  for i:= 1 to NrComb do begin
    ValorCorrente:= 0;
    for j:= 1 to NrMedianas do {le uma combinacao}
      Read(ArqComb, VetComb[j]);
      for j:= 1 to NrCandidatas do begin
        MenorDist:= MatDist[j, VetComb[1]]; {assume a distancia do
          primeiro vertice do conjunto 1
          para o vertice 1 como a menor
          distancia}
        for k:= 2 to NrMedianas do begin{verifica se nao existe uma
          distancia que seja menor que a
          definida acima}
          if MatDist[j, VetComb[k]] < MenorDist then
            MenorDist:= MatDist[j, VetComb[k]];
          end;
          ValorCorrente:= ValorCorrente + MenorDist*Peso[j];
        end;
        {nesse ponto o valor corrente eh a soma da linha ja ponderada}
        writeln(ArqSommas, ValorCorrente:30:10);
        if MenorValor > ValorCorrente then begin
          Vet:= VetComb;
          IndComb:= i;
          MenorValor:= ValorCorrente;
        end;
      end;
    end;
  Close(ArqComb);
  Close(ArqSommas);
  CalculaTempoPassado(H, M, S, C, TempoPas);
  gettime(H, M, S, C);
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);

```

```

writeln('---> Hora Final (hh:mm:ss:cc) = ',H:2,',:',M:2,',':88
      S:2,',:',C:2);
writeln(ArqSolucao,'---> Hora Final (hh:mm:ss:cc) = ',H:2,',:',
      M:2,',:',S:2,',:',C:2);
writeln;
writeln(ArqSolucao);
writeln('---> Tempo Processamento (hh:mm:ss:cc) =',TempoPas);
writeln(ArqSolucao,'---> Tempo Processamento (hh:mm:ss:cc) =',
TempoPas);
writeln(ArqSolucao);
writeln;

{nesse ponto o processo ja acabou. Falta apenas escrever os
  resultados}

VerificaSoma(menorValor);
{Verifica se existe outras cidade (ou combinacao) que tenha a
  mesma soma }

for j:= 1 to NrSolucoes do begin
  writeln('*****');
  writeln(ArqSolucao,'*****');
  writeln('Solucao Nr. ',j:2,' de ',NrSolucoes:2,' Solucao(s)');
  writeln(ArqSolucao,'Solucao Nr. ',j:2,' de ',NrSolucoes:2,
    ' Solucao(s)');
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);
  writeln('Valor = ',VetSomas[j]:10:2);
  writeln(ArqSolucao,'Valor = ',VetSomas[j]:10:2);
  writeln('Localizar a(s) ',NrMedianas,' mediana(s) no(s)
    vertice(s):');
  writeln(ArqSolucao,'Localizar a(s) ',NrMedianas,
    'mediana(s) no(s) vertice(s):');
  for i:= 1 to NrMedianas do begin
    writeln(Solucoes[j,i]:4,' - ',VetString[Solucoes[j,i]]);
    writeln(ArqSolucao,Solucoes[j,i]:4,' - ',
      VetString[Solucoes[j,i]]);
    VetComb[i] := Solucoes[j,i];
  end;
  AtribuicaoDasCidades(VetComb,NovoPeso,NovaDist);
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);
  if j < NrSolucoes then begin
    writeln('<ENTER> para continuar ...');
    readln;
  end
  else begin
    writeln('*****');
    writeln(ArqSolucao,'*****');
  end;
end;

{Escreve novamente o melhor resultado }
writeln('<ENTER> para continuar ...');
readln;
writeln;
writeln(ArqSolucao);
writeln('\////////////////////////////////////');

```



```
writeln(ArqSolucao,'Nome do arquivo do Nome do Municipios = ',
        NomeArqNomeCandidatas);
writeln(ArqSolucao,'Nome do arquivo de pesos = ',
        NomeArqPesos);
writeln(ArqSolucao,'Nome do arquivo de distancias = ',
        NomeArqMatDist);
writeln(ArqSolucao,'Numero de Medianas = ',NrMedianas);
writeln(ArqSolucao,'Percentual de tolerancia = ',TAXA:4:2);
writeln('Percentual de tolerancia = ',TAXA:4:2);
writeln(ArqSolucao);

writeln;
gettime(H,M,S,C);
writeln('---> Hora Inicial (hh:mm:ss:cc) = ',H:2,':',M:2,
        ':',S:2,':',C:2);
writeln(ArqSolucao,'---> Hora Inicial (hh:mm:ss:cc) = ',H:2,
        ':',M:2,':',S:2,':',C:2);
writeln;
writeln(ArqSolucao);

Combinar;
CalculaMedianas;

writeln;
writeln(ArqSolucao);
writeln(ArqSolucao,'FIM');
Close(ArqSolucao);
end;
writeln;
write('Recalcular para outro Numero de Medianas com ',
      NrCandidatas,'Candidatas (S/N) ?');
Readln(Repetir);
ClrScr;
until UpCase(Repetir) <> 'S';
end.
```

```

Unit MedUnit;
interface
const
  Taxa = 1.03; { 3%}
  NrMaxMedianas = 20;
  NrMaxCandidatas = 30;
  NrMaxSolucoes = 100;
  oo = 999;

type
  TVetorWord = array[1..NrMaxMedianas] of word;
  TVetorReal = array[1..NrMaxSolucoes] of real;
  TVetorString = array[1..NrMaxCandidatas] of string;
  TMatrizReal = array[1..NrMaxCandidatas,1..NrMaxCandidatas]
    of real;
  TMatrizWord = array[1..NrMaxSolucoes,1..NrMaxMedianas] of word;

Procedure CalculaTempoPassado(Var HoraIni,MinIni,SegIni,
                              CentIni: word;Var TempoPas: String);

procedure MedianasFixas(var NrCandidatas,NrMedianasFixas: word;
                        var MatDist,Mat:TMatrizReal;
                        var VetSolucao: TVetorWord;
                        var Peso: TVetorReal;
                        var VetString: TVetorString);

implementation
uses Crt,Dos;
const
  NomeArqComb = 'COMBINA2.TXT'; {lista do conjunto das combinacoes}
  NomeArqSommas = 'SOMAS2.TXT'; {lista a soma de cada linha da
                                matriz ponderada}

var
  H,M,S,C: word; {variaveis para mostrar o tempo hora,
                 minuto, segundo, centesimo}
  TempoPas: String;
  ArqComb: Text; {Lista das combinacoes geradas}
  ArqSommas: Text;
  ArqSolucao: Text;
  NomeArqSolucao: string;
  NomeArqMatDist: String[80]; {matriz de distancias minimas entre
                              as cidades candidatas}
  NomeArqNomeCandidatas: string;
  NomeArqPesos: String[80];
  NrComb, {Numero de combinacoes geradas}
  NrMedianas: Word; {Numero de medianas a serem determinadas}
  VetComb: TVetorWord; {Guarda uma combinacao
                       (conjunto de vertices)}
  VetSommas: TVetorReal;

  Solucoes: TMatrizWord;
  NrSolucoes: longint;
  Comentario: String;
  Repetir: Char;

```

```

Procedure TempoPassado (VAR HoraIni, MinIni, SegIni, CentIni,
                       HoraFim, MinFim, SegFim, CentFim,
                       HoraPas, MinPas, SegPas, CentPas : word;
                       VAR Tempo:Real);

```

```

Var

```

```

    Temp, Passado, Inicio, Para : Real;

```

```

Begin

```

```

    Inicio:=HoraIni*60;           {minutos}
    Inicio:=Inicio+MinIni;       {minutos}
    Inicio:=Inicio*60;           {segundos}
    Inicio:=Inicio+SegIni;       {segundos}
    Inicio:=Inicio*100;          {centessimos}
    Inicio:=Inicio+CentIni;      {centessimos}

```

```

    Para:=HoraFim*60;           {minutos}
    Para:=Para+MinFim;          {minutos}
    Para:=Para*60;              {segundos}
    Para:=Para+SegFim;          {segundos}
    Para:=Para*100;
    Para:=Para+CentFim;

```

```

    Passado:=Para-Inicio;        {centessimos}

```

```

    CentPas := (Trunc(Passado) Mod 100);
    Passado := Int(Passado/100);
    Tempo:=Int(Passado/60);      {minutos}
    Tempo:=Tempo/60;            {horas}
    HoraPas:=Trunc(Tempo);       {horas}
    Temp:=HoraPas*60;            {minutos}
    Temp:=Temp*60;              {segundos}
    Passado:=Passado-Temp;       {segundos}
    MinPas:=Trunc(Passado/60);   {minutos}
    Passado:=Passado-(MinPas*60); {segundos}
    SegPas:=Trunc(Passado);      {segundos}

```

```

End;                               {conta o tempo passado}

```

```

Procedure CalculaTempoPassado(Var HoraIni, MinIni, SegIni,
                               CentIni: word; Var TempoPas: String);

```

```

Var

```

```

    HoraFin, MinFin, SegFin, CentFin,
    HoraPas, MinPas, SegPas, CentPas : word;
    Hp, Mp, Sp, Cp, T                 : String[3];
    Tempo                             : Real;
    ArqTempo                           : Text;

```

```

Begin

```

```

    GetTime(HoraFin, MinFin, SegFin, CentFin);
    TempoPassado(HoraIni, MinIni, SegIni, CentIni, HoraFin,
                 MinFin, SegFin, CentFin, HoraPas, MinPas, SegPas,
                 CentPas, Tempo);

```

```

    Str(HoraPas:2, Hp);
    Str(MinPas:2, Mp);
    Str(SegPas:2, Sp);
    Str(CentPas:2, Cp);
    Str(Tempo, T);
    TempoPas := ' ' + Hp + ' ' + Mp + ' ' + Sp + ' ' + Cp + ' ' ;

```

```

End;

```

```

-----}
procedure MedianasFixas(var NrCandidatas, NrMedianasFixas: word;
                        var MatDist, Mat: TMatrizReal;
                        var VetSolucao: TVetorWord;
                        var Peso: TVetorReal;
                        var VetString: TVetorString);

```

```

procedure ImprimeCombinacao;
{grava uma combinacao no arquivo de combinacoes}
var
  i: byte;
begin
  inc(NrComb);
  for i:= 1 to NrMedianas do
    write(ArqComb, VetSolucao[VetComb[i]]:4);
  writeln(ArqComb);
end;

```

```

-----}
procedure Move(k:byte);
var
  j: byte;
begin
  while (VetComb[k] - k) + 1 < (NrMedianasFixas - NrMedianas) do
    begin
      VetComb[k] := VetComb[k] + 1;
    for j:= k+1 to NrMedianas do
      VetComb[j] := VetComb[j-1] + 1;
    ImprimeCombinacao;
    for j:= NrMedianas downto k + 1 do
      Move(j);
    end;
    VetComb[k] := VetComb[k] + 1;
    ImprimeCombinacao;
  end;
end;

```

```

-----}
procedure Combinar2;
var
  i: word;
begin
  NrComb := 0;
  Assign(ArqComb, NomeArqComb);
  Rewrite(ArqComb);
  for i:= 1 to NrMedianasFixas do
    VetComb[i] := i;
  ImprimeCombinacao;
  if NrMedianas < NrMedianasFixas then
    for i:= NrMedianas downto 1 do
      move(i);
  close(ArqComb);
end;

```

```

procedure VerificaSoma(menorValor:real);
var
  i,j,k: word;
  soma: real;
  aux: TVetorWord;
begin
  Assign(ArgSomas, NomeArqSomas);
  Reset (ArqSomas);
  Assign(ArgComb, NomeArqComb);
  Reset (ArqComb);
  NrSolucoes:= 0;
  for i:= 1 to NrComb do begin
    for j:= 1 to NrMedianas do {le uma combinacao}
      Read (ArqComb, VetComb[j]);
      readln (ArqSomas, Soma);
      if soma <= MenorValor*Taxa then begin {so existem valores
                                                maiores ou iguais a MENORVALOR}
        NrSolucoes:= NrSolucoes + 1;
        for k:= 1 to NrMedianas do begin
          Solucoes[NrSolucoes, K] := VetComb[K];
          Aux[k] := Solucoes[NrSolucoes, K];
        end;
        VetSomas[NrSolucoes] := Soma;
      end;
    end;
  end;
  Close (ArqSomas);
  Close (ArqComb);
end;

```

```

-----}
procedure AtribuicaoDasCidades(VetComb:TVetorWord;
                               MatDist:TMatrizReal);
{cidades alocadas a escolhida}
var
  i,j,k:byte;
  MenorDist: real;
  SomaParcialDist,
  SomaTotalDist,
  SomaParcialPeso,
  SomaTotalPeso,
  SomaMultiParcial, {soma do peso pela distancia}
  SomaMultiTotal: real;
  NrAtrib: byte;
  Atrib: TVetorWord;
  MaiorDistParcial, MaiorDistTotal: Real;
begin
  for i:= 1 to NrCandidatas do begin
    MenorDist:= MatDist[i, VetComb[1]];
    Atrib[i] := VetComb[1];
    for k:= 2 to NrMedianas do begin
      if MatDist[i, VetComb[k]] < MenorDist then begin
        Atrib[i] := VetComb[k];
        MenorDist:= MatDist[i, VetComb[k]];
      end;
    end;
  end;
end;
writeln (ArqSolucao);
writeln (ArqSolucao, 'Atribuicao das Cidades');

```

```

SomaTotalDist:= 0;{soma total das distancias}
SomaTotalPeso:= 0;
SomaMultiTotal:= 0;
MaiorDistTotal:= 0;
for i:= 1 to NrMedianas do begin
  writeln(ArqSolucao, ' >>>', VetString[VetComb[i]]:23, 'Peso':32,
    'Distancia':14);
  SomaParcialDist:= 0;
  SomaParcialPeso:= 0;
  SomaMultiParcial:= 0;
  MaiorDistParcial:= 0;
  NrAtrib:= 0;
  for j:= 1 to NrCandidatas do begin
    if Atrib[j] = VetComb[i] then begin
      Inc(NrAtrib);
      writeln(ArqSolucao, VetString[j]:30, Peso[j]:30:2,
        MatDist[j, Atrib[j]]:10:2);
      SomaParcialPeso:= SomaParcialPeso + Peso[j];
      SomaParcialDist:= SomaParcialDist + MatDist[j, Atrib[j]];
      if MaiorDistParcial < MatDist[j, Atrib[j]] then
        MaiorDistParcial:= MatDist[j, Atrib[j]];
      SomaMultiParcial:= SomaMultiParcial + Peso[j] *
        MatDist[j, Atrib[j]];
      {soma para a media}
    end;
  end;
  writeln(ArqSolucao, ' ':33, '-----':26, '-----':10);
  writeln(ArqSolucao, ' ':30, SomaParcialPeso:30:2,
    SomaParcialDist:10:2);
  writeln(ArqSolucao);
  writeln(ArqSolucao, ' Distancia Media percorrida por
    pessoa (km) = ', SomaParcialDist/NrAtrib:20:1);
  writeln(ArqSolucao, ' Distancia Media percorrida
    na mediana (km) = ', SomaMultiParcial/SomaParcialPeso:20:1);
  writeln(ArqSolucao, ' Maior distancia percorrida (km) = ',
    MaiorDistParcial:20:1);
  writeln(ArqSolucao);
  SomaTotalDist:= SomaTotalDist + SomaParcialDist;
  SomaTotalPeso:= SomaTotalPeso + SomaParcialPeso;
  SomaMultiTotal:= SomaMultiTotal + SomaMultiParcial;
  if MaiorDistTotal < MaiorDistParcial then
    MaiorDistTotal:= MaiorDistParcial;
end;
writeln(ArqSolucao);
writeln(ArqSolucao, ' DISTANCIA MEDIA TOTAL percorrida
  por pessoa (km) = ', SomaTotalDist/NrCandidatas:20:1);
writeln(ArqSolucao, ' DISTANCIA MEDIA TOTAL percorrida
  na solucao (km) = ', SomaMultiTotal/SomaTotalPeso:20:1);
writeln(ArqSolucao, ' MAIOR DISTANCIA PERCORRIDA (km) = ',
  MaiorDistTotal:20:1);
writeln(ArqSolucao);
end;
-----}

Procedure GeraDados;
begin
  {Gerar os dados e repetir o processo, talvez com uma unit }
End;

```

```

-----}

procedure CalculaMedianas;
var
  i,j,k: word;
  ArqComb: Text;
  MenorDist: real;
  Vet: TVetorWord;
  MenorValor, ValorCorrente: extended;
  IndComb: word;
begin
  Assign(ArqSommas, NomeArqSommas);
  Rewrite(ArqSommas);
  Assign(ArqComb, NomeArqComb);
  Reset(ArqComb);
  MenorValor := 1E999;
  for i := 1 to NrComb do begin
    ValorCorrente := 0;
    for j := 1 to NrMedianas do {le uma combinacao}
      Read(ArqComb, VetComb[j]);
    for j := 1 to {NrMedianasFixas} NrCandidatas do begin
      MenorDist := MatDist[j, VetComb[1]]; {assume a distancia
        do primeiro vertice do conjunto 1 para o
        vertice 1 como a menor distancia}
      for k := 2 to NrMedianas do begin {verifica se nao existe uma
        distancia que seja menor que a
        definida acima}
        if MatDist[j, VetComb[k]] < MenorDist then
          MenorDist := MatDist[j, VetComb[k]];
        end;
        ValorCorrente := ValorCorrente + MenorDist * Peso[j];
      end;
      {nesse ponto o valor corrente eh a soma da linha ja ponderada}
      writeln(ArqSommas, ValorCorrente:30:10);
      if MenorValor > ValorCorrente then begin
        Vet := VetComb;
        IndComb := i;
        MenorValor := ValorCorrente;
      end;
    end;
  end;
  Close(ArqComb);
  Close(ArqSommas);
  CalculaTempoPassado(H, M, S, C, TempoPas);
  gettime(H, M, S, C);
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);
  writeln('----> Hora Final (hh:mm:ss:cc) = ', H:2, ':', M:2, ':',
    S:2, ':', C:2);
  writeln(ArqSolucao, '----> Hora Final (hh:mm:ss:cc) = ', H:2, ':',
    M:2, ':', S:2, ':', C:2);
  writeln;
  writeln(ArqSolucao);
  writeln('----> Tempo Processamento (hh:mm:ss:cc) = ', TempoPas);
  writeln(ArqSolucao, '----> Tempo Processamento (hh:mm:ss:cc) = ',
    TempoPas);
  writeln(ArqSolucao);
  writeln;
  {nesse ponto o processo ja acabou. Falta apenas escrever

```





## BIBLIOGRAFIA

- [ 1 ]ALMEIDA, Lourdes W. ; GONÇALVES, Mirian Buss. Um Estudo Sobre Modelos de Localização e Alocação e Critérios de Equidade para Serviços Públicos. Anais do X ANPET, 1996.
- [ 2 ]BEAUMONT, Jonh R., Location - Allocation Models and Central Place Theory. Spatial Analysis and Location - Allocation Models, pp 21-54, 1987.
- [ 3 ]BERLIN, Geoffrey N. and LIEBMANN, Jon C. Mathematical Analysis of Emergency Ambulance Location. Socio-Econ.Sci, vol 8- 1974.
- [ 4 ]BERRY, Brian J.L., Geography of Market Centers and Retail Distribution. Pretic - Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1967.
- [ 5 ]BROWN, P. J. B., HIRSCHILD A. and BUNDRED P. The Spatial Analysis of Community Healt Services on Winal Using Geographics Information Systems. Journal of the Operational Research Society, vol 26-nº 2- 1995.
- [ 6 ]BUCKWALTER, Donald W. Diverse Retail Structure and Christaller's Separation Principle in Medium-Sized Metropolitan Areas. Growth and Change, Spring 1990.
- [ 7 ]CADERNO II. Regionalização da Saúde - A Descentralização Técnico-administrativa da Saúde no estado de Santa Catarina. Florianópolis, agosto 1993.
- [ 8 ]CARBONE, R. Public Facilities Location under Stochastic Demand. INFOR 12: 201 Oct. 1974.
- [ 9 ]CARTER, Grace M., CHAIKEN, Jan M. and IGNALL, Edward. Reponse Areas for two Emergency Units. Operation Research, 1972.
- [10]CHAJED, Dilip and LOWE, Timoth J. m-median and m-center problems with mutual communication: solwable special cases. Oper. Res., vol 40 - 1992.
- [11]CHRISTOFIDES, N. e VIOLA, P. The Optimum Location of multi-Centers on a Graph, Operat. Res. Quart. , vol 22, pp 145 -154, 1971.
- [12]CHRISTOFIDES,N : Graph Teory, an Algorithm mic Approach. Academic Press, New York, 1975.

- [13]CHURCH, R. and REVELLE, C., The Maximal Covering Location Problem. Paper of the Regional Science Association 32: pp. 101 - 118, 1974.
- [14]CHURCH, Richard L., ROBERTS, Kenneth L., Generalized Coverage Models and Public Facility Location. Twenty - Ninth North American Meetings of the Regional Science Association. pp 117-135. vol. 53, 1983.
- [15]CORRÊA, Roberto Lobato, A Rede Urbana. São Paulo. Editora Ática S. A., 1989.
- [16]DAGANZO, Carlos F. The Length of Tours in Zones of Different Shapes. Transp. Res. vol 18, nº 2- 1984.
- [17]JEL - SHAIEB, A New Algorithm for Location Sources Among Destinations. Manage Sci 20: 221, Oct, 1973.
- [18]GALVÃO, Bioberto Diégues, Modelos e Algoritmos para Problemas de Localização em Redes. Pesquisa Operacional. vol 1, nº 1 pp 3-22, Out 1981.
- [19]GARFINKEL, R., WEEBE A., and ROVO M. An Algorithm for the m-median plant location problem. Transp. Sci 8:217 Aug.1974.
- [20]GERSHENBERG, Irving and HASKELL, Mark A. The Distribution of Medical Services in Uganda. Soc. Scie. e Med. vol 6- 1972.
- [21]GOLDBERG, Jeffrey, DIETRICH, Robert, CHEN, Jen Ming and MITWASI, George. Validating and applying a Model for locating emergency medical vehicles in Tucson, AZ. European Journal of Operational Research 49 - 1990.
- [22]HAKIMI, S.L., Recent Developments in Location Theory, International Symposium on Locational Decisions, Banff, Alberta. Canadá, 1978.
- [23]HAKIMI, S.L., Optimum Location of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph, Opns. Res. , vol 12, pp. 450-459, 1964.
- [24]HAKIMI, S.L., Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and some Related Graph Theoretic Problems, Opns. Res., vol 13, pp. 562-475, 1965.
- [25]HANDLER, G.Y. , Minimax Network Location Theory and Algorithms. Report FTL - R 74-7, Flight Transportation Laboratory, M.I.T. 1974.

- [26]HARVEY, Milton E., HUNG, Ming-Shing, BROWN, Randle J. The Application of a p-median Algorithm and Growth Center. Economic Geography. vol 50, nº 3- 1974.
- [27]HILLSMAN, E. L. The p-median Structure as a Unified linear model for location-allocation analysis. Environment and Planning, vol 16- 1984.
- [28]HILLSMAN, Edward L. and RUSHTON, G. The p-median problem with maximum distance constraints: A comment. Research Notes and Comments
- [29]HODGART, R. L. Optimizing access to Public Services: a review of problems models and Methods of Locating Central facilities. Progress in Human Geography2 pp 17-48, 1978.
- [30]HOTTE, Ruth. Walter Christaller . Annals of the Association of American Geographers, 73 (1), pp51-54, 1983.
- [31]JARDANOVSKI, Elio e GUIMARÃES, Paulo Cesar. Eqüidade e Modelos de Saúde: subsídios para discussão do caso brasileiro. Revista Saúde em Debate ano 42, março 1994.
- [32]JARVINEN, P., J. RAJALA and H. SINERVO. A Branch - and - Bound Algorithm for Seeking the p-median. Oper. Res. 20:173 jan-Feb.,1972.
- [33]JUNQUEIRA, Luciano A. Prates. Organização e Prestação Pública dos Serviços de Saúde. Cadernos FUNDAP. São Paulo. Ano 7, nº 13. pags 52-56 abr. 1987.
- [34]KARIV, O. and HAKIMI S. L. An Algorithmic Approach to Network Location Problems II : the p-medians. Society for Industrial and Applied Mathematics. vol 37, nº 3 - 1979.
- [35]KEENEY, Ralph L. A Method for Districting Among Facilities. Operation Research, 1971.
- [36]KHUMAWALA, B. An Efficient Algorithm for the p-median Problem with Maximum Distance Constraints. Geogr. Anal 5 : 309 Oct. 1973.
- [37]KLEIN, Rudolf. Performance, Evaluation and the NHS: A Case Study in Conceptual Perpletity and Organizational Complexity. Public Administration vol 60, nº 4-1982.

- [38]LAGO, Paulo Fernando. Gente da terra catarinense: desenvolvimento e educação ambiental. Florianópolis. Ed. UFSC/ FCC. Edições/Ed. Lunandeli/UEDESC, 1988.
- [39]LAPOLLI, E. M. Escolha de Rotas em Centrais de Informações de Fretes. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1988.
- [40]LARSON, Richard C., ODoni, Amed R. , Urban Operations Research. Prentice Hall, 1981.
- [41]LARSON, Richard C. and STEVENSON Keith A. On Insensitivities in Urban Redistricting and Facility Location. Operation Research.pp. 595-612, 1972.
- [42]MARANZANA, F. , On the Location of Supply Points to Minimize Transport Costs. Oper. Res. Q. 15: 261 sept. 1964.
- [43]MELLIGAN, Gordon F. Equality Measures and Facility Location. Regional Science Association International, vol 4- 1991.
- [44]MINIEKA, E., The m-centrs Problem. Stam Review, vol 12, 138 -139 , 1970.
- [45]MULLER, Christopher C. and INMAN, Crist.,The Geodemographics of Restaurant Development. Cornell H. R. A. Qualtely, vol.35, Iss: 3, pp 88-95, june 1994.
- [46]MULLIGAN, Gordon F., Equality Measures and Facility Location. Regional Science the Journal of the RSAI 70 - 1991.
- [47]NETO, José Binfaré, Método para Localização de uma Sede Móvel na Realização de Inventário Florestal. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- graduação de Engenharia de Produção. UFSC, 1993.
- [48]NOVAES, A. G. e ROSSETO, C. F., Localização de Depósitos numa Rede Logística com Auxílio de Gis. VIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte. São Paulo, 1993.
- [49]NOVAES, Antonio Galvão e ALVARENGA, Antonio Carlos, Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição Física. ed. Pioneira. São Paulo, 1994.

- [50]NOVAES, Antonio Galvão, Sistemas Logísticos: Transporte, Armazenagem e Distribuição Física de Produtos. São Paulo. Editora Edgard Blücher LTDA, 1989.
- [51]PARKER, Barnett R. and SRINIVASAN V., A Consumer Preference Approach to the Planning of Rural Primary Health-care Facilities. Operations Research, vol 24, nº 5- 1970.
- [52]PIZZOLATO, Nelio Domingues. Uma Proposta de Sistemática para Localização de Escolas nas Regiões Metropolitanas. Anais do VIII ENEGEP. São Carlos - USP, Setembro 1988.
- [53]PIZZOLATO, Nelio Domingues e SILVA, Hamilton Bezerra F. Proposta Metodológica de Localização de Escolas do Caso de Nova Iguaçu. Revista de Pesquisa Operacional. vol 14, nº 2 ,dez 1993.
- [54]RABUSKE, Márcia Aguiar, Introdução a Teoria dos Grafos. editora da UFSC, 1992.
- [55]RENNZ, Luiz Carlos, Um Algoritmo para a Roteirização com Restrições de Tempos de Viagens e de Trabalho. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em engenharia de Produção. Universidade Federal de SC, Fpolis, SC, 1994.
- [56]REVELLE, C., BIGMAN, D., SCHILLING, D., COHON, J. and CHURCH, R., Facility Locations: a Reew of Context - free and EMS Models. Health Services Research 12,2: pp. 129 -146, 1977.
- [57]REVELLE, C. and SWAIN R., Central Facilities Location. Geogr. Anal 11:30 Jan. 1970.
- [58]REVELLE, Charles S. and CHURCH, Richard L. Theoretical and Computational Links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem. Geographical Analysis, vol VIII-1976.
- [59]ROSING, K.E., REVELLE C. S. and VOGELAR-ROSING H. The p-median and its Linear Programming Relaxation: an approach to large problems. J. Opl. Res.Soc., vol 30, nº9 - 1979.
- [60]SAMPAIO, Gilberto de Mesquita, PARENTE, Laura Ibiapina e WOHLAND, Milan. Uma Experiência de Descentralização em Administração Pública. CadernosFUNDAP - São Paulo- Ano 7- nº13- pp 23-26- abr.1987.
- [61]SAÚDE PARA TODOS. I Conferência Municipal da Saúde de Florianópolis. Edição especial. Florianópolis, nov. 1995.

- [62]SHIRABAYASHI, Mari. Administração Pública de Serviços de Saúde - implementação de novas diretrizes. Cadernos FUNDAP - São Paulo- Ano 7- nº 13 pp 44-51- abr./1987.
- [63]SOUSA, João Carlos. Dimensionamento, Localização e Escalonamento de Serviços de Atendimento Emergencial. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, UFSC, 1996.
- [64]SOUSA, João Carlos, NOVAES, Galvão Antonio e GONÇALVES, Mírian Buss, Distribuição Espacial de Equipamentos em Sistemas para Atendimentos de Emergências. Anais do X ANPET, 1996.
- [65]SOUSA, João Carlos, NOVAES, Galvão Antonio e GONÇALVES, Mírian Buss, Distribuição Espacial de Viaturas para Atendimentos Emergenciais. Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. pp 660-665, 1996.
- [66]SWAIN, R. A Parametric Decomposition Approach for the Solution of Uncapacitated location problems. Manage Sci 21: 189 Oct., 1974.
- [67]SVOVELAND, C., UYENO D., RETINSKY I., and VICKSON R. Ambulance Locations: A Probabilistic Enumeration Approach. Manage Sci 20: 687 Dec. 1973.
- [68]TAKET, A. R. Equity and Access: Exploring the Effects of Hospital Location on the Population Served - A Case Study in Strategic Planning. J. O. Res. Soc. vol 40, nº 11 - 1989.
- [69]TEITZ, M. B. and BART, P. Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph, Operations Research, vol 16 p.955-961, 1968.
- [70]TIEN, M. James, EL-TELL, Khalaf and SIMONS, Gene R. Improved Formulations to the Hierarchical Health Facility Location-Allocation Problem. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol SMC-13, nº 6 - Dez 1993.
- [71]TOREGAS, C. and REVELLE, C. Optimal Location under Time or Distance Constraints. Paper of the Regional Science Association 28: pp. 133-143, 1972.
- [72]TOREGAS, C., R. Swain. C. Revelle, and BERGMAN L. The Location of Emergency Service Facilities. Oper Res 19: 1363, Oct 1971.

[73]ZIMMERMAN, Joseph F. Health Administration in Ireland: Aspects of Reorganisation. Journal of the Institute of public administration of Ireland, vol 29, n° 2 - 1981.