



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

UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE  
ESTACIONAMENTO UTILIZANDO ANÁLISE DIFUSA E  
SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO

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

CARMEN DOLORES DE FREITAS DE LACERDA

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO 1989

UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE  
ESTACIONAMENTO UTILIZANDO ANÁLISE DIFUSA E  
SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO

CARMEN DOLORES DE FREITAS DE LACERDA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO.



Prof. Ricardo Miranda Barcia


ORIENTADOR



Prof. Ricardo Miranda Barcia

Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

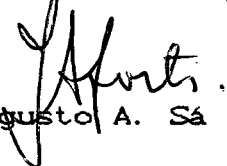


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Presidente



Prof. Sérgio Fernando Mayerle, M.Eng.



Prof. José Augusto A. Sá Fortes, Dr.

Ao Paulo

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Ricardo Miranda Barcia pela orientação e oportunidade da realização deste trabalho.
- Ao Prof. Sérgio Fernando Mayerle pela valiosa coorientação, e pela tranquilidade e confiança obtidas durante este trabalho.
- Ao meu esposo Paulo pelo constante apoio, pelas valiosas críticas e pelo auxílio prestado.
- Aos amigos, Elizabeth, Maria Marta, Clara e Leandro pela companhia e compreensão.
- Às minhas filhas Ana Paula e Marina, cujos sorrisos me fizeram companhia constante.
- A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

## ÍNDICE

RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2 - ESTACIONAMENTO.....	4
2.1. Introdução.....	4
2.2. Definição.....	4
2.3. Importância do Estacionamento.....	5
2.4. Demanda de Estacionamento.....	5
2.5. Modelos de Alocação de Demanda em Sistemas de Transporte.....	9
2.6. Métodos Convencionais Empíricos para Dimensionamento de Vagas de Estacionamentos.....	10
2.7. Comentários.....	15
2.8. Conclusões.....	17

CAPÍTULO 3 - SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO.....	19
3.1. Introdução.....	19
3.2. Inteligência Artificial.....	19
3.3. Sistemas Baseados em Conhecimento.....	21
3.4. Representação de Variáveis Qualitativas.....	23
3.5. O Motorista como o Informante.....	23
3.6. Conclusões.....	24

CAPÍTULO 4 - PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁ- RIOS DE ESTACIONAMENTO.....	25
4.1. Introdução.....	25
4.2. Delimitação da Área de Estudo.....	25
4.3. Retirada da Informação.....	26
4.3.1. Plano de Coleta.....	29
4.3.2. Instrumento de Avaliação.....	30
4.4. Identificação das Variáveis.....	30
4.5. Representação do Conhecimento.....	33
4.5.1. Fatos e Regras.....	34
4.5.2. Conceitos em Análise Difusa.....	35
4.5.2.1. Conjunto Difuso.....	35
4.5.2.2. Funções de Pertinência.....	36
4.5.2.3. Número Difuso.....	38
4.5.2.4. Comparação de Números Difusos.....	39
4.6. Análise de Cenários.....	40
4.7. Comparação entre Cenários.....	42

4.7.1. Ordenação de Cenários.....	44
4.7. Conclusões.....	46
CAPÍTULO 5 - UM ESTUDO PARA A CIDADE DE FLORIANÓPOLIS.....	47
5.1. Introdução.....	47
5.2. Delimitação da Área de Estudo e Identificação das Unidades Analisadas.....	47
5.3. Coleta da Informação.....	48
5.4. Identificação das Variáveis.....	50
5.5. O Processo Decisório do Usuário.....	53
5.5.1. Elaboração dos Perfis Comportamentais dos Usuá- rios.....	53
5.5.2. Representação da Percepção dos Usuários.....	55
5.6. Análise de Cenários .....	56
5.7. Comparação entre Cenários.....	61
5.8. Ordenação de Cenários.....	63
5.8.1. Elaboração do Grafo de Ordenação.....	63
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	70
APENDICE 1.....	74

APENDICE 2..... 76

APENDICE 3..... 78



## RESUMO

No planejamento de sistemas de transportes, áreas destinadas à estacionamentos são necessárias, devido a continuidade do uso do transporte individual, mantida pelas condições de oferta dos serviços de transportes coletivos atualmente existentes.

Este trabalho apresenta uma metodologia de análise de ofertas de estacionamento, com o objetivo de auxiliar no planejamento de sistemas de transportes, como também verificar a viabilidade do tratamento de variáveis que dependam do comportamento e atitudes humanas, visto que, esta metodologia está assentada na percepção que os usuários tem daquilo que lhes é ofertado.

São apresentadas também neste trabalho noções de Sistemas Baseados no Conhecimento e de Análise Difusa, as quais respectivamente, permitiram a representação do comportamento do usuário, e a análise comparativa entre ofertas de estacionamento, denominadas cenários, possibilitando a obtenção de uma priorização entre estes cenários.

## ABSTRACT

This work presents a methodology for analysing parking lot offers, which takes into account variables that measure human behavioral components contrary to previous work in this field.

The proposed methodology is mainly based on the users perception of the supply.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

O hábito enraizado do uso do automóvel e a precariedade dos transportes de massa, tenderão a manter a continuidade do uso do transporte individual em áreas urbanas, pelo menos nos próximos anos.

No planejamento de sistemas de transportes urbanos, a não existência ou a "baixa oferta" de espaços destinados a áreas de estacionamento, causam problemas para o sistema viário como um todo.

Modelos matemáticos já existentes, que tratam de alocação, dimensionamento, otimização de estacionamentos, envolvem variáveis quantitativamente mensuráveis, que apresentam relação de causa e efeito.

Estudos recentes [FÉLEX,83], demonstram que a opinião da comunidade, até então não levada em conta em seus "desejos" e "tomadas de decisão" tem um peso muito importante, apresentando alto grau de explicabilidade para as variáveis envolvidas nos eventos associados dos meios de transportes.

Neste mesmo estudo foi verificada a falta de tradição no tratamento de variáveis que dependam do comportamento e atitudes humanas, entre os técnicos de transporte.

Estas variáveis denominadas comportamentais e atitudinais

serão consideradas, neste trabalho para a análise de ocupação de uma oferta de estacionamento fechado.

Este trabalho visa apresentar uma metodologia de análise entre ofertas de estacionamentos fechados para centro de cidades, considerando as aspirações dos usuários frente aquilo que lhes é ofertado.

Inicialmente, no Capítulo 2, são apresentadas algumas características gerais de estacionamento, como também tipos básicos de Modelos de Formação de Demanda, e alguns Métodos Empíricos utilizados para dimensionamento de vagas.

Ainda é exposto neste capítulo, a validade da utilização de variáveis advindas do usuário para que estes estudos, envolvendo estacionamento, sejam realizados.

No Capítulo 3 é feita uma apresentação de Sistemas Baseados no Conhecimento com destaque para a representação do conhecimento do usuário através de variáveis que o mesmo utiliza para decidir entre opções distintas de estacionamento.

Uma proposta de metodologia de Análise de Ofertas de estacionamento é descrita no Capítulo 4, utilizando a Análise Difusa como ferramenta.

Também é exposto neste capítulo o processo de comparação entre ofertas de estacionamento, através de comparações entre números difusos, onde uma ordenação entre estes estacionamentos é determinada, levando em consideração o quanto os mesmos atendem aos anseios dos usuários.

No Capítulo 5 é apresentado um estudo de caso para a cidade de Florianópolis, com o objetivo de verificar a viabilidade da

metodologia desenvolvida.

Conclusões, vantagens e limitações da metodologia apresentada, como também propostas de possíveis melhorias para estudos futuros, estão contidas no Capítulo 6, encerrando este estudo.

## CAPÍTULO II

### 2. ESTACIONAMENTO

#### 2.1. - Introdução:

Neste capítulo será apresentada a definição de estacionamento, bem como serão vistos os principais fatores que devem ser levados em conta no seu dimensionamento. Serão também abordados alguns métodos que são utilizados para este dimensionamento.

Serão efetuadas considerações sobre como os fatores que influenciam a demanda de estacionamento são considerados nestes métodos.

#### 2.2. - Definição:

Pode-se definir estacionamento como sendo um local exclusivamente destinado para terminar viagens feitas de carro.

Os modelos matemáticos relacionados com a análise e planejamento de sistemas de estacionamento, classificam estes em, basicamente, dois tipos:

- a. Estacionamento na via pública
- b. Estacionamento fechado (fora da via pública)

Estes modelos, por sua vez, podem ser subdivididos em dois grupos: os modelos denominados estáticos, que partem do princípio que a ocupação de vagas se dá de maneira uniforme durante um período típico, e os modelos denominados dinâmicos, que levam em consideração o processo de utilização das vagas durante este período.

### 2.3. - Importância do estacionamento:

A racionalização da utilização do espaço urbano é necessária, assim como também o é a operação de um sistema de estacionamento.

Sabe-se que um automóvel passa grande parte de sua vida útil estacionado, portanto, os locais destinados a este fim devem existir.

O número de vagas em excesso, como também a sua insuficiência provocam situações não desejáveis no sistema de transporte, repercutindo negativamente na comunidade, quer pelo custo excessivo, quer pelo mau atendimento ao usuário.

### 2.4. - Demanda de estacionamento

A demanda de estacionamento reflete a necessidade de locais para terminar as viagens feitas de carros, desejadas pelos

motoristas, que se deslocam para a área em estudo.

Pode-se fazer referência a dois tipos de demanda identificadas em um sistema de transportes:

- a. demanda reprimida: que pode ser ativada com a melhoria do sistema de estacionamento,
- b. demanda excessiva: que pode ser restringida por meio de medidas, como por exemplo, o controle tarifário.

Diversos fatores influenciam a demanda de estacionamento, tais como:

- a. Tamanho da população da cidade
- b. Propósito da viagem
- c. Características socio-econômicas da população
- d. Localização das vagas
- e. Quantidade ofertada de vagas
- f. Tarifa, etc.

A influência do tamanho da população da cidade em relação à demanda de estacionamento, pode ser constatado na medida em que o crescimento da população, associado a centralização das atividades, na maioria das cidades, na chamada área central, faz com que os terrenos aí disponíveis sejam mais intensamente disputados.

Em decorrência disto, um maior aproveitamento vertical se torna necessário, o que por sua vez gera um maior número de atividades, que também por sua vez geram um aumento no número de viagens para esta área. Logo, o número de vagas para terminar estas viagens deve ser aumentado.



Quanto ao propósito da viagem, este está intimamente ligado ao tipo e intensidade de uso do solo, sendo que cada uso do solo apresenta características próprias, o que especificará se o usuário fará a viagem, com que necessidade ela será feita, em que horário, onde o usuário gostará de estacionar seu carro, etc. Para cada uso do solo espera-se uma demanda de estacionamento.

Pode-se citar como características sócio-econômicas básicas da população que afetam a demanda, a frota de veículos, a idade das pessoas, a renda familiar, o tamanho médio das famílias, a densidade habitacional, etc.

Considera-se por exemplo, que nos dias de hoje, existe um percentual bastante alto de jovens dirigindo, o que não acontecia a alguns anos atrás. Também a renda familiar, está bastante relacionada com a demanda por estacionamento, pois percebe-se, nos dias atuais, a tendência de cada membro da família possuir um carro próprio, especialmente onde a renda familiar é mais alta.

Aliado a isto existe também a consciência de que a tendência da utilização do automóvel em relação as outras alternativas de transporte ocorre nestas famílias de renda familiar mais alta.

Já a densidade habitacional influi na demanda de estacionamento, devido ao fato de ocorrer nas áreas de baixa densidade habitacional, um atendimento menos eficiente, por parte dos meios de transporte coletivo, fazendo com que a utilização do veículo particular ocorra devido a uma necessidade e não a uma opção.

A influência que a localização das vagas apresenta, em relação a demanda de estacionamento, está no fato desta encorajar

os motoristas a viajarem de carro para o local e lá estacionarem, já que os mesmos tem em mente a minimização da distância entre o estacionamento e o destino final, bem como o conforto e a segurança que este local pode oferecer, tanto para o carro, como para o próprio usuário.

Também a facilidade de acesso, a facilidade de locomoção a pé após estacionar o carro, a vista panorâmica que envolverá o usuário na sua caminhada, são fatores ligados diretamente com a localização da vaga, e que influenciam o usuário.

A relação da quantidade ofertada de vagas com a demanda de estacionamento reside no fato de que, a oferta de vagas encoraja as pessoas a viajarem de carro, enquanto que o número insuficiente de vagas provoca o efeito contrário.

Estas demandas, já citadas anteriormente, são denominadas respectivamente de demanda excessiva e demanda reprimida.

A demanda de estacionamento e a tarifa estão intimamente relacionadas visto que a segunda é utilizada para controlar a demanda, sendo que, em locais onde a tarifa é elevada, espera-se uma diminuição da demanda, e vice-versa. Isto ocorre, porque o usuário quando decide fazer a viagem de carro, já decidiu quanto está disposto a gastar com a taxa de estacionamento. Se sua decisão limitou este valor de gasto, então, como conhecedor dos preços dos locais destinados a estacionar na área central, não parte em busca de uma vaga nos locais cujas taxas lhe sejam proibitivas.

Devido a isto é que a afirmação vista anteriormente pode ser colocada, ou seja, a tarifa de estacionamento é utilizada para

controlar a demanda.

## 2.5 Modelos de Alocação de demanda em sistemas de transporte

Uma etapa fundamental na análise de sistemas de transportes é a identificação e a quantificação da demanda.

Pode-se especificar o horizonte de estudo acerca da demanda em três níveis diferentes:

- a. a curto prazo
- b. a médio prazo
- c. a longo prazo

Pode-se, ainda, envolver nestes estudos, os efeitos das atividades sócio-econômicas e uso do solo. Os métodos então utilizados, podem evoluir até situações onde uma análise mais aprofundada é efetuada, envolvendo transportes e planejamento urbano e regional.

Na definição do processo de formação de demanda classificam-se três tipos básicos de modelos:

- a. Modelos convencionais empíricos
- b. Modelos comportamentais
- c. Modelos atitudinais.

A grande maioria dos estudos de transportes realizadas até hoje se utilizam dos modelos convencionais empíricos. Nestes modelos segue-se a clássica sequência de geração de viagens, distribuição, divisão modal e alocação dos fluxos à rede de

transportes.

Segundo [Novaes,86] "os modelos comportamentais procuram estabelecer relações de causa e efeito entre os atributos principais dos sistemas de transporte, e as decisões possíveis a serem adotadas pelo usuário", isto é, admite a elaboração de um modelo comportamental dos usuários, supondo que os mesmos terão um comportamento padronizado.

Também segundo [Novaes,86], " os modelos atitudinais por sua vez, são mais detalhados e visam identificar reações dos usuários, não captadas através dos modelos convencionais e comportamentais". Ou seja, procura-se captar nestes modelos a percepção que o indivíduo tem daquilo que lhe é ofertado, e como este mesmo indivíduo reage frente a esta oferta.

Existe uma diferença bastante sutil entre comportamento e atitude de um indivíduo, pois enquanto aquele pode ser modelado, ou seja representado através de um modelo, a atitude ocorre de acordo com o sentimento momentâneo do indivíduo.

## 2.6 Métodos convencionais empíricos para dimensionamento de vagas de estacionamento

Vários métodos tem sido utilizados para estimar a demanda de estacionamento na área central de uma cidade. Segundo [O'Flaherty,74] definir o número de vagas de estacionamento em centro de cidade é a tarefa mais difícil em um planejamento. Isto ocorre devido a dificuldade de definir o efeito exato de alguns

fatores que podem influenciar o movimento dentro da cidade. Estes fatores são considerados como sendo: a capacidade do sistema viário na área central, a qualidade do sistema de transporte público, a relação entre o acúmulo de pico nos estacionamentos e o número total de vagas existentes, a rotatividade, a proporção de viagens geradas pela área central (incluindo trabalho, negócios, comércio, educação, etc), etc.

Diz ainda que, se existe a necessidade de uma avaliação realista das futuras necessidades de estacionamento, a análise não pode ser isolada do planejamento de todo o sistema de transportes.

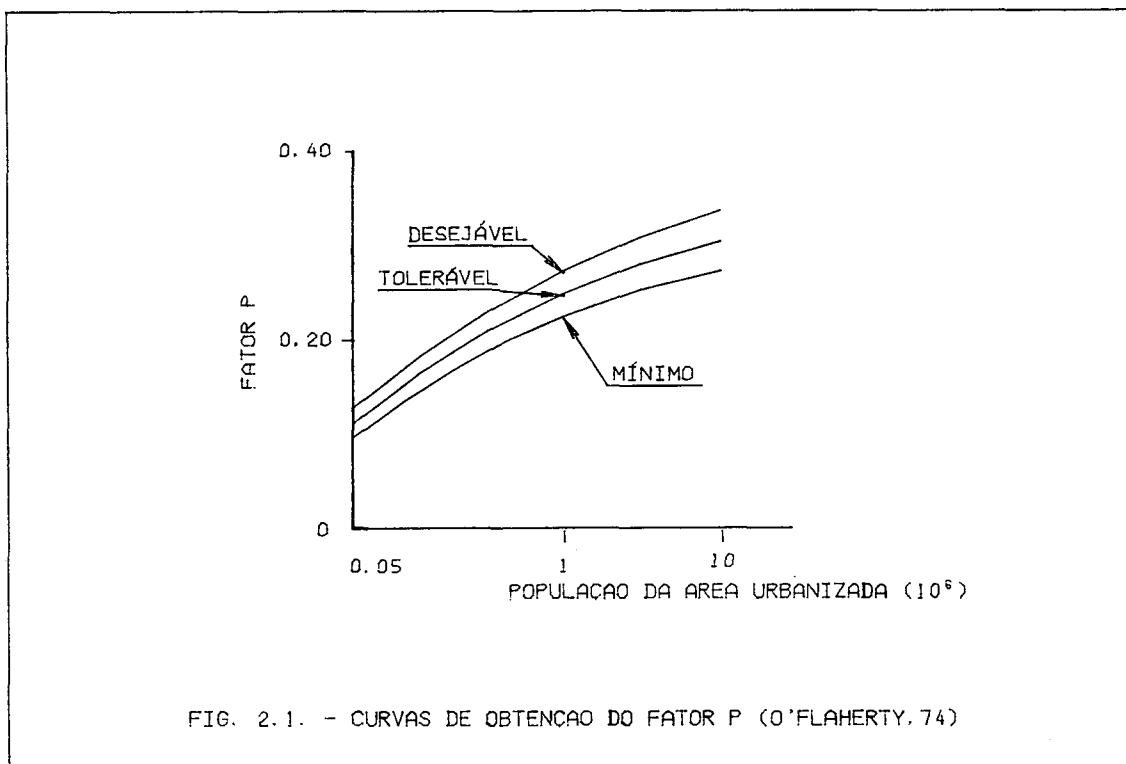
Os métodos citados por [O'Flaherty,74] como os mais importantes, são todos apropriados a um alto grau de motorização da população e podem, quando aplicados a cenários distintos, apresentar respostas diferentes, de modo que as circunstâncias particulares de cada cenário deverão ser levadas em consideração quando da opção entre um ou outro método. A seguir serão descritos alguns destes métodos.

#### MÉTODO 1

É um procedimento que relaciona o total de viagens para a área (centro da cidade) com a população da área de influência. Este método utiliza-se de curvas que são mostradas na figura 2.1.

Em função da população da cidade e do nível de serviço que se deseja trabalhar, tem-se um valor para P.

O número de vagas necessárias para a área central é obtido multiplicando-se este fator P pelo número diário de viagens de carro.



Para a construção do gráfico apresentado na FIG. 2.1. são considerados os seguintes fatores:

- a. ocupação por veículo
- b. eficiência do uso da vaga
- c. proporção de viagens diárias envolvidas na área central entre 7:00 e 19:00 horas
- d. taxa de pico para o tempo total de estacionamento.
- e. fator de pico sazonal
- f. fator de ajustamento local, que reflete a concentração da demanda no cálculo da área central.

## MÉTODO 2

Este método relaciona o número de veículos que desejam estacionar dentro da área central durante o período de pico da demanda de estacionamento, com o número total de veículos registrados na cidade.

Obtém com esta relação o que chama de taxa proporcional de estacionamento.

Com dados temporais, coletados nos Estados Unidos, observou-se que para pequenos centros urbanos esta taxa é em torno de 17%; nos centros com mais de 500.000 e menos que um milhão de habitantes, a taxa cai para 10% e quando a população é maior que um milhão de habitantes, a taxa é de 6%.

Pode-se observar que esta taxa proporcional de estacionamento é obtida através de séries temporais, e devido as

características próprias, como geografia, idade, tamanho, etc, que cada cidade particularmente apresenta. Cuidados especiais devem ser adotados quando da sua aplicação para cenários diferentes daqueles que as cidades americanas. Para cidades européias, por exemplo, o crescimento da motorização ocorreu de maneira mais acelerada, que para cidades americanas, visto que aquelas cidades já se encontravam instaladas.

### MÉTODO 3

Este método considera os polos geradores de tráfego e estima o número necessário de estacionamentos pela soma destas necessidades individuais.

Este método apresenta a desvantagem de que o número de vagas requerido por cada tipo de polo gerador não coincide ao longo do dia. Além disso, uma outra desvantagem, é o fato de que existe um desentendimento sobre as necessidades reais geradas por cada tipo de polo gerador quanto ao número de vagas de estacionamento.

Pode-se observar que os valores das vagas geradas pelos diferentes polos, diferem de país para país, e até mesmo de região para região.



#### MÉTODO 4

Neste método, o número de vagas de estacionamento é determinado subtraindo-se da capacidade das vias arteriais que levam para a área central, o volume de tráfego direto, durante o período de pico.

A esta diferença acrescenta-se um número adequado de vagas extras, com o objetivo de permitir a entrada de veículos na área central, após o período de pico.

Pode-se observar neste método, a necessidade de se utilizar a "capacidade das vias arteriais" como referencial do número de vagas necessário; e pode-se observar também que, dependendo das características de cada cidade, esta capacidade pode estar sendo sub-utilizada ou estar saturada.

Pode-se associar a este enfoque o fato de que ao longo de um período típico a utilização das vias se dá de modo diverso, ou seja, a identificação do volume de tráfego direto é dificultada.

Além disso um outro cuidado a ser tomado na utilização deste método é o número de vagas extras, ou folga, que deve ser adotado, pois este depende de um bom conhecimento do comportamento da cidade como um todo.

#### 2.7. Comentários

Tem sido feitas afirmações [FELEX,83] que os políticos, técnicos e representantes comunitários tem sido os únicos

envolvidos no processo de decisão sobre os serviços de transportes, e que esta participação unilateral tem provocado desequilíbrios e distorções no tratamento do ponto de vista dos usuários.

Em estudos realizados na Grande São Paulo, envolvendo estacionamento, mais precisamente o estacionamento denominado de "zona azul", verificou-se que as decisões tomadas, referentes a este sistema, reserva-se aos técnicos, aos políticos e representantes comunitários.

Cabe aos técnicos a escolha do processo científico aplicável aos estudos da quantificação, e a análise estatística adequada.

Resta então a estes a tarefa de fornecer aos políticos e representantes da comunidade os subsídios necessários para a tomada de decisão referentes aos serviços prestados pelos equipamentos de transporte, tanto a nível qualitativo quanto quantitativo.

Alterações nos serviços de equipamentos acessórios aos meios de transporte, são no final, implementados e operados a partir de decisão, apenas e tão somente, tomadas pelos administradores públicos.

Caso estas pessoas considerassem em suas tomadas de decisão, os pontos de vista da comunidade, as chances de que as ações daí oriundas produzissem a maximização do atendimento quanto a quantidade e qualidade dos serviços dos equipamentos de transportes, seriam bastante aumentadas [Félex,83].

Utilizando o método Delphi [Dalkey,62], a opinião de técnicos

e representantes comunitários foi verificada quanto a consideração de significância das opiniões dos usuários nos estudos efetuados na zona azul [Félex,83], e pode-se constatar que a maioria deles foi unânime em afirmar que os pontos de vista dos usuários não são significativos nestes estudos, sendo que 87,6% deles afirmou que a opinião dos usuários tem nenhuma ou pouca significância.

Nestes mesmos estudos pode-se verificar que as variáveis características dos pontos de vista dos usuários de equipamentos acessórios ao sistema de transporte, tais como estacionamento, quando analisadas conjuntamente com as variáveis características do equipamento em estudo, são úteis para fornecer parâmetros e explicações aos técnicos nos transportes. Estes parâmetros e explicações podem auxiliar nas análises do comportamento destes acessórios, e em consequência, fornecer aos administradores públicos elementos de orientação para as tomadas de decisão referentes a implantação, operação ou alteração destes equipamentos.

Este estudo serviu para mostrar que a falta de tradição entre os técnicos de transportes no tratamento de variáveis que dependam do comportamento humano, faz com que os mesmos as considerem de pouca ou nenhuma significância.

## 2.8. Conclusão

Mostrou-se neste capítulo que os métodos existentes para

determinação do número necessário de vagas de estacionamento, se utilizam de fatores que procuram captar as necessidades da cidade, ou ainda, do cenário em estudo.

As variáveis ou fatores utilizados nestes estudos, são em alguns casos de difícil identificação, e em outros, de limitada aplicação.

Devido a importância que determinadas variáveis, relacionadas às atitudes dos usuários, apresentam em relação a escolha do estacionamento, é que se está propondo uma metodologia que incorpora a consideração destas variáveis, como descrever-se-á nos capítulos seguintes.

## CAPÍTULO III

## 3. SISTEMAS BASEADOS EM CONHECIMENTO

## 3.1. Introdução

Neste capítulo serão apresentados alguns conceitos de Inteligência Artificial.

Serão abordados os sistemas baseados em conhecimento, bem como será analisada sua diferenciação com sistemas convencionais.

Serão também tecidos comentários sobre variáveis denominadas "comportamentais e atitudinais", e sobre aqueles que detêm conhecimentos sobre as mesmas.

## 3.2. Inteligência Artificial

Segundo [BARR,81], a Inteligência Artificial é a ciência que se preocupa com a criação de sistemas que possuam características normalmente associadas à inteligência humana, tais como a compreensão da linguagem, aprendizagem, raciocínio baseado em processos de indução, dedução, e escolha entre alternativas de solução para um determinado problema.

A fim de melhor entender a abrangência da Inteligência Artificial, pode-se representá-la segundo uma estrutura composta de dois grandes grupos:

- a. Grupo das Atividades de Base
- b. Grupo das Aplicações de Inteligência Artificial

No grupo das atividades de base encontram-se as áreas de desenvolvimento de recursos que permitem a implementação de sistemas em Inteligência Artificial.

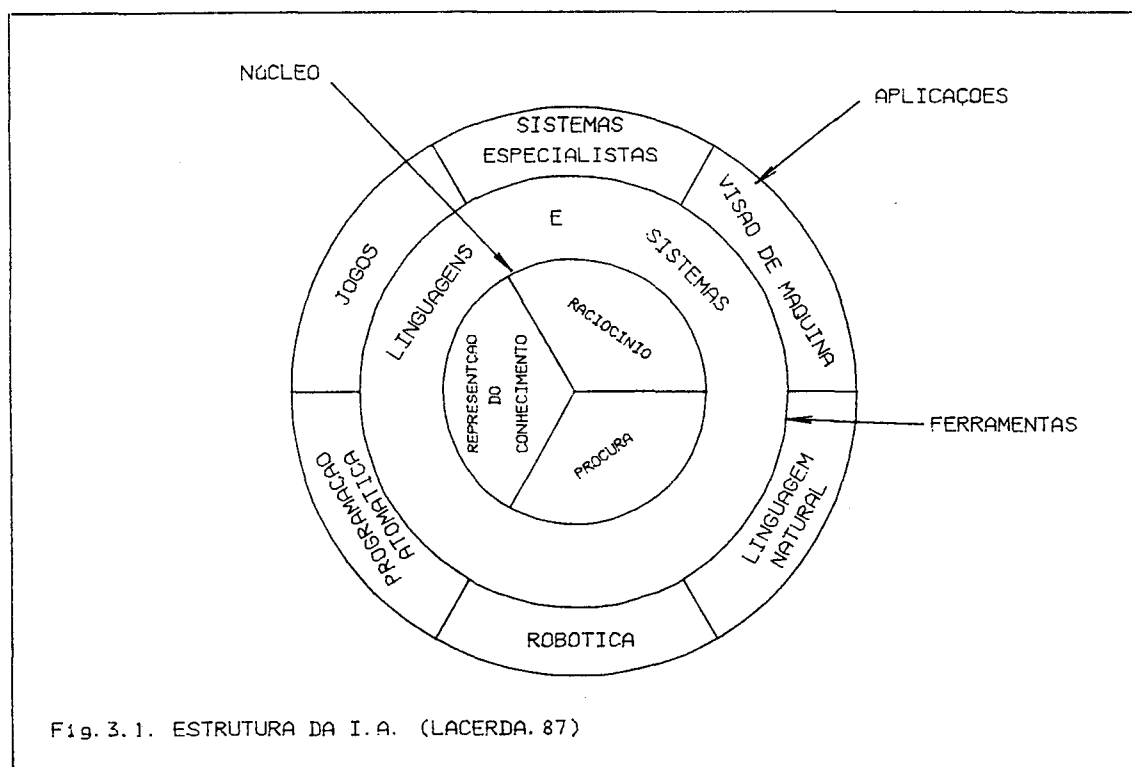
Entre elas, as principais são:

- a. Representação do conhecimento
- b. Raciocínio
- c. Busca
- d. Linguagens e ferramentas.

O grupo das aplicações de Inteligência Artificial corresponde às áreas de aplicação efetiva das técnicas de Inteligência Artificial, sendo as principais:

- a. Sistemas Especialistas
- b. Linguagem Natural
- c. Visão de Máquina
- d. Robótica.

Esta estrutura está representada na figura 3.1.



### 3.3. Sistemas Baseados em Conhecimento

São denominados Sistemas Baseados em Conhecimentos (SBC), os programas que utilizam o conhecimento de alto nível, e a experiência de um especialista sobre um domínio considerado, permitindo chegar a uma solução de problemas pertencente a este domínio.

A definição acima poderia ser feita para qualquer programa que resolva um problema específico ou genérico. O que difere um

sistema denominado Sistema Baseado em Conhecimento, de um Sistema Convencional é o fato de que no primeiro o conhecimento é separado do controle (processo de busca e decisão), o que permite retirar, incluir ou modificar conhecimentos sem que isso cause qualquer alteração na estrutura de controle do programa.

Já um programa que utiliza uma estrutura dita convencional, possui o conhecimento disseminado ao longo de toda a sua estrutura, o que torna muito difícil distinguir o que é controle do que é conhecimento.

Se a estes programas precisarem ser acrescentados novos conhecimentos, todo o programa deverá ser analisado para que as novas informações sejam adequadamente inseridas.

Este inter-relacionamento, ou seja, esta dispersão do conhecimento através do programa inteiro, entrelaçada com o processo algorítmico computacional é que faz com que estes programas tenham sua manutenção e atualização de difícil realização.

Poder-se-ia então dizer que SBCs são projetados para superar estas dificuldades, apresentando um processador do conhecimento, denominado de máquina de inferência, que determina quando, como, e onde aplicar cada informação individualmente, separado do conhecimento, e que torna a manutenção destes sistemas bastante simples.



### 3.4. Representação de Variáveis Qualitativas

Uma das maneiras mais utilizadas para se representar o conhecimento dentro de um SBC, é o uso de fatos e regras.

Esta forma de representação possibilita o tratamento de variáveis, que apresentam grande dificuldade de serem representadas através de símbolos matemáticos.

Pode-se citar, como exemplo, o seguinte pensamento de um motorista: " o estacionamento é mal localizado e de difícil acesso ". Esta afirmação, que vem reforçar a aceitação ou não do referido estacionamento pelo motorista, pode ser representada em uma base de conhecimentos através de um simples fato, e como tal ser considerada durante a execução do referido programa.

Esta possibilidade de representação de variáveis qualitativas, aliadas as vantagens vistas anteriormente, torna a utilização de SBCs adequada para solucionar problemas que envolvam grande quantidade de conhecimento empírico.

### 3.5. O motorista como o informante

Uma característica básica de um SBC é que sua base de conhecimentos deve ser criada utilizando-se informações obtidas através de especialistas dentro de um domínio considerado.

Viu-se no capítulo 2 que a opinião dos usuários de equipamentos de transporte tem pouco ou nenhum peso nos estudos referentes a estes equipamentos. A fim de suprir esta

deficiência, e também devido ao fato de ser ele, o usuário, o maior conhecedor ou especialista em seus hábitos e atitudes quando da procura de um local para estacionar, é que ele será considerado como fonte de informações, ou melhor dizendo, será o fornecedor do conhecimento para a elaboração da base de conhecimentos.

Quando procurando um estacionamento, um usuário, estará sujeito, ao ambiente externo, e suas atitudes serão influenciadas de diversas maneiras por este ambiente, ou seja, suas atitudes serão o reflexo daquilo que ele "percebeu" ou "interpretou", de acordo com seus parâmetros próprios de referência.

### 3.6. Conclusão

Neste capítulo apresentou-se conceitos básicos de Inteligência Artificial, fazendo-se referência a Sistemas Baseados em Conhecimentos.

Definiu-se também o usuário de estacionamento como detentor do conhecimento sobre seu comportamento decisório na aceitação de um local para estacionar.

Estes conceitos, aqui apresentados servirão de base teórica para o desenvolvimento apresentado nos próximos capítulos.

## CAPÍTULO IV

### 4. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ESTACIONAMENTO

#### 4.1. Introdução

Neste capítulo será descrito o processo de amostragem que será utilizado para extrair da população as informações que irão formar a base de conhecimentos do sistema em desenvolvimento.

Far-se-ão comentários sobre a identificação das variáveis comportamentais e atitudinais do usuário, bem como tais variáveis serão representadas através de fatos e regras, e também como estas variáveis serão tratadas como variáveis difusas.

Será descrito uma proposta de análise de cenários como também um processo de comparação entre estes.

#### 4.2. Delimitação da área de estudo

Buscar-se-á captar nesta pesquisa, o comportamento do usuário de estacionamento fechado em centro de cidade, quando este está procurando uma vaga para estacionar seu automóvel.

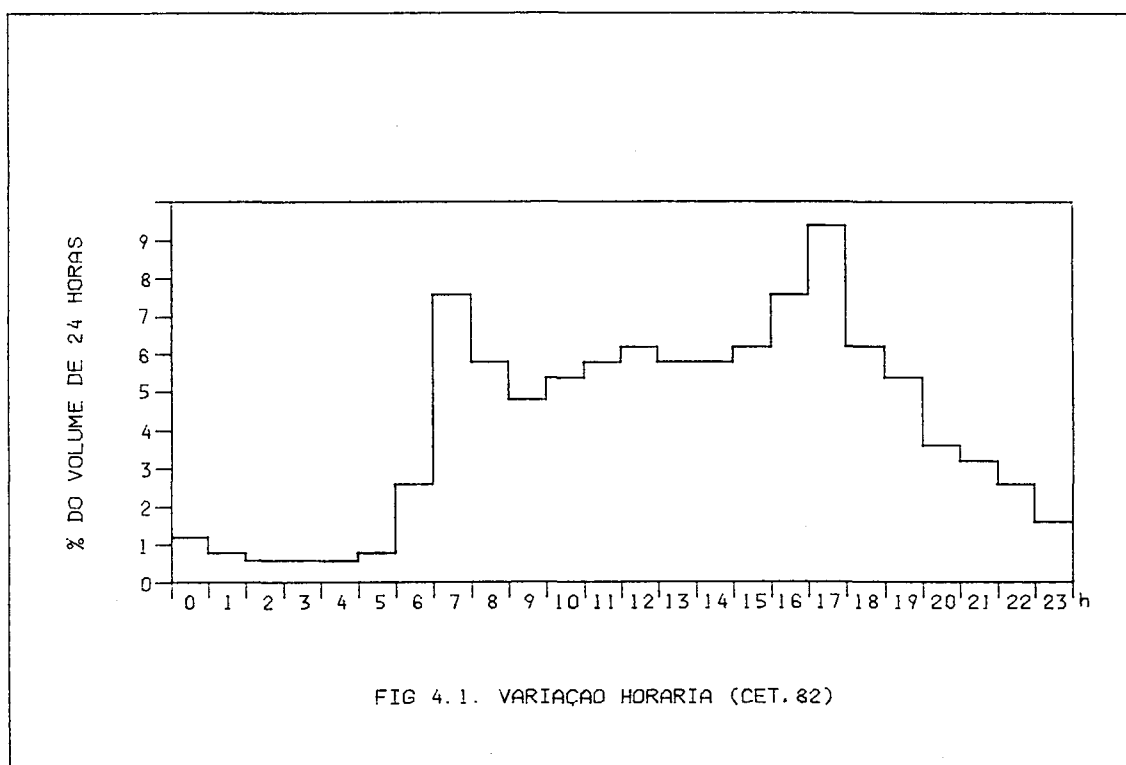
Define-se uma área de estudo através de uma delimitação denominada de cordão externo.

Devido a este estudo ser direcionado para centros de cidade, a área de estudo deverá ser delimitada considerando a definição política existente para a área central da cidade, podendo esta delimitação ser expandida a áreas circunvizinhas, onde novos setores, comerciais ou de atendimento geral ao público, foram instalados, gerando por sua vez volumes de tráfego e de pedestres, semelhantes aos já existentes na área central.

#### 4.3. Retirada da Informação

Em pesquisas realizadas em cidades brasileiras [CET,82] pode-se constatar a existência de um comportamento do fluxo de veículos dentro da variação horária ao longo do dia e também dentro da variação semanal.

Estas variações refletem os diversos modos de agir e pensar dos usuários sendo, por exemplo, a variação ao longo do dia um reflexo das atividades destes usuários. Verificou-se que esta variação apresenta pontos máximos e mínimos em horários específicos, como pode-se verificar na fig 4.1.



A variação semanal é devida ao fato de que o tráfego de um dado dia útil não ser igual a de outro dia útil, sendo também bastante diferente do tráfego de um dia de fim de semana, como pode-se observar na fig 4.2.

Estes dois tipos de variações existentes, devem ser consideradas no processo de retirada da informação.

Com o objetivo de controlar as duas fontes de variações descritas anteriormente, como também, expandir a pesquisa sobre mais de um estacionamento, optou-se por utilizar um planejamento em quadrado latino [PETERSEN,86].

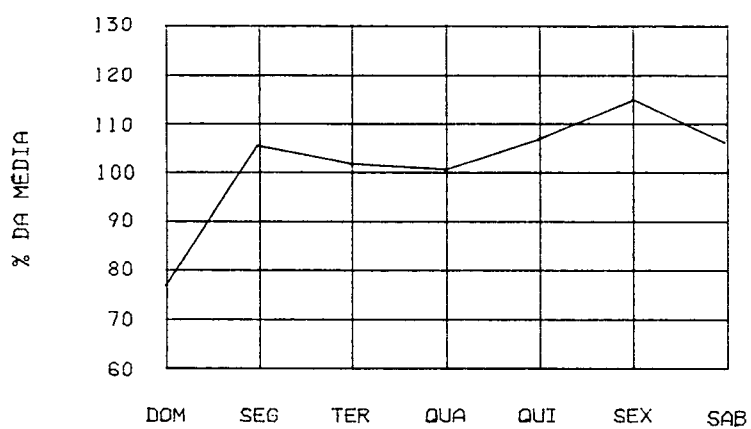


FIG. 4.2. VARIAÇÃO SEMANAL (CET. 82)

As coletas de informações deverão ocorrer dentro de uma semana considerada típica (sem qualquer fator que iniba ou gere tráfego extra, interferindo no comportamento habitual dos motoristas), e em horários distintos durante cada dia.

## 4.3.1. Plano de Coleta

O plano de coleta, baseado num modelo de quadrado latino, pode ser representado pelo esquema abaixo; sendo que nas linhas, faz-se o controle da variação horária, e nas colunas controla-se a variação ao longo da semana, tendo-se nas caselas especificado as unidades de análise, qual sejam, os estacionamentos, responsáveis pela terceira fonte de variação dos dados.

(Veja Quadro 4.1)

P L A N O   D E   C O L E T A			
Horário	Dia da Semana		
	3 <sup>o</sup>	4 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>
Pico da Manhã	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Pico da Tarde	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>
Fora de Pico	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>

QUADRO 4.1

Os horários de coleta especificados buscam captar os momentos de acomodação do fluxo de tráfego nos estacionamentos existentes na área de estudo, nos horários de pico que ocorrem em dois momentos ao longo do período tipo, (das 7:00 as 8:30 horas e das 12:30 as 14:00 horas) e nos horários fora de pico, (meio da manhã e meio da tarde).

#### 4.3.2. Instrumento de avaliação

A retirada da informação, deve ser efetuada através de entrevista estruturada, segundo o plano de coleta, onde o motorista responderá as questões formuladas pelo pesquisador, no instante do estacionamento.

Esta coleta da informação deverá ocorrer em dois momentos distintos, quais sejam, uma primeira etapa, onde serão identificadas as variáveis que os usuários utilizam para a sua tomada de decisão em relação a aceitar ou não uma oferta de estacionamento, e uma segunda etapa que deverá ser efetuada para definir as percepções que os usuários apresentam em relação as variáveis identificadas na etapa anterior.

#### 4.4. Identificação das variáveis

Quando da aplicação da entrevista estruturada, obter-se-á um conjunto de variáveis que caracterizam o comportamento decisório dos motoristas.

Nem todas estas variáveis terão o mesmo peso, ou o mesmo nível de importância para estes motoristas em sua decisão, ou seja, uma determinada variável poderá apresentar grau de importância máxima para determinados motoristas, indo até o caso oposto de não ser importante na decisão de outros. Como isto ocorre para todas as variáveis, surge a necessidade de identificar-se uma prioridade entre elas. Pode-se aplicar um



procedimento de comparações múltiplas, denominado LSD [PETERSEN,86], através do qual, verifica-se a existência ou não de uma diferenciação entre estes níveis de prioridade ou de importância.

Este procedimento trata de uma aplicação de um teste de comparações múltiplas entre as médias dos grupos de escores, sendo cada grupo correspondente a uma específica variável citada pelo usuário, quando ordenadas de forma decrescente de suas frequências.

Através do erro médio quadrático (4.2), define-se o valor do LSD (4.1), (least significant difference).

$$\text{LSD} = t_{\alpha} \cdot \sqrt{(2 \cdot \text{MSE}) / (n)} \quad (4.1)$$

onde:

$$\text{MSE} = \frac{\sum (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{n - p} \quad (4.2)$$

onde:

- LSD = menor diferença significativa
- MSE = variância conjunta de todos os grupos
- $t_{\alpha}$  = valor crítico da distribuição t a um

nível  $\alpha$  de significância, para um teste bilateral.

- $p$  = número de grupos de escores testados  
 $n$  = tamanho da amostra  
 $\bar{x}_i$  = média obtida para cada grupo de escores  
 $x_{i,j}$  = um particular valor da variável

Identificar-se-á a diferença entre cada par de médias, obtendo-se valores, os quais serão utilizados para o teste.

Para um nível de confiança pré determinado, o teste aceita a igualdade entre duas médias quando o LSD for maior que a diferença identificada acima.

O valor de LSD comparado diretamente com os valores das diferenças entre as médias dos grupos de escores fornecerá os pares destas, consideradas como tendo o mesmo grau de importância, como também os pares de médias dos grupos de escores em que o grau de importância seria distinto. Cada grupo de escores corresponde a uma específica variável citada pelo usuário. Portanto ao identificar-se distinção no tratamento dado pelos usuários, aos grupos de escores, estar-se-á identificando um tratamento diferenciado para as variáveis a que estes grupos de escores correspondem.

Conseqüentemente, analisa-se estes pares de médias de escores, de modo a considerar através das variáveis a que eles correspondem, quais mais fortemente influenciam os usuários.

#### 4.5. Representação do Conhecimento

Na representação do comportamento de um usuário de estacionamento através de regras, é necessário fazer-se uma distinção entre variáveis comportamentais e variáveis atitudinais, pois embora a primeira vista possam parecer iguais, carregam diferenças entre si.

O comportamento de um usuário, por exemplo, pode ser "modelado", pois supõe-se que o indivíduo tenha conhecimento adequado das características de tudo aquilo que lhe é ofertado e de todas as alternativas possíveis, levando, assim, a uma escolha final. Estas variáveis podem indicar um certo "esquema" de decisão, o que poderá ser, como já dito, representado.

O que se pode verificar na prática, é que, embora estes comportamentos sejam modelados, ocorrem situações diferentes das previstas, isto em decorrência da atitude do usuário, proveniente da interpretação pessoal e momentânea daquilo que lhe é oferecido. Em outras palavras, as percepções individuais que os usuários tem dos diversos fatores que os envolvem são distintas.

#### 4.5.1. Regras e Fatos

O comportamento de cada usuário poderá ser apresentado através de uma regra que envolva as variáveis por ele utilizadas, sendo estas regras do tipo SE → ENTÃO.

Por exemplo:

REGRA: SE

o motivo da viagem ao centro da cidade é saúde

E

a distância a percorrer a pé após estacionar

é pequena

E

o preço do estacionamento é razoável

ENTÃO

aceita o estacionamento. [X%]

Os percentuais associados a estas regras serão obtidos em amostragens de identificação comportamental efetuadas na população, como descrito no item 4.3.

Também far-se-á necessária a definição de fatos para a identificação de uma oferta de estacionamento, que será caracterizada por variáveis identificadas na amostragem.

Por exemplo:

FATO:

O preço do estacionamento é Y.

Deve-se observar que o fato descrito acima será absorvido pelos usuários de maneiras diferenciadas, já que alguns poderão considerá-lo um preço baixo, outros um preço razoável, e já outros, um preço alto.

Devido a estas diferentes percepções, as variáveis características aqui utilizadas serão tratadas como variáveis difusas.

#### 4.5.2. Conceitos em Análise Difusa

A Lógica Difusa difere da convencional, pelo fato de tratar grandezas que podem não representar verdades absolutas, mas sim grandezas que apresentam uma distribuição de possibilidades em função do ponto de vista pelo qual tal grandeza é analisada.

##### 4.5.2.1. Conjunto Difuso

De acordo com [Zadeh,65], o termo conjunto difuso é usado em situações em que um conjunto  $A$ , definido sobre um universo  $\mathcal{U}$ , não apresenta seus limites bem definidos:

- i) para aqueles elementos que com certeza pertencem ao conjunto  $A$  é atribuído um grau de pertinência igual a 1.
- ii) para os elementos que com certeza não pertencem ao

conjunto  $A$  é atribuído um grau de pertinência igual a 0.

iii) para os elementos os quais não se pode afirmar com certeza se pertencem ou não ao conjunto  $A$ , é atribuído um valor intermediário, tendendo para 1, quanto maiores forem as razões que se tem para incluir este elemento no conjunto  $A$ .

#### 4.5.2.2. Funções de Pertinência

Seja  $X$  um conjunto de objetos, chamado universo com seus elementos denotados por  $x$ . A função de pertinência de um elemento  $x$  de um subconjunto  $A \subseteq X$  é uma função característica  $\mu_A(x) : X \rightarrow \langle 0,1 \rangle$ , tal que :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{sse } x \notin A \\ 1 & \text{sse } x \in A \end{cases}$$

onde  $\langle 0,1 \rangle$  é denominado de conjunto de avaliação. Se o conjunto de avaliação é o intervalo real  $[0,1]$ , então  $A$  é um conjunto difuso.

As funções de pertinência descrevem o grau de pertinência que cada valor da variável tem de pertencer ou não a um dado conjunto difuso. Pode-se definir grau de pertinência como sendo a intensidade que um determinado elemento pertence a um conjunto difuso.

Para a construção das funções de pertinência das diversas variáveis envolvidas neste estudo, utilizar-se-á o Método da Exemplificação, [Zadeh,72].

O Método da Exemplificação consiste no questionamento a vários respondentes sobre um determinado valor de uma variável, sendo que estes respondentes teriam algumas opções como resposta.

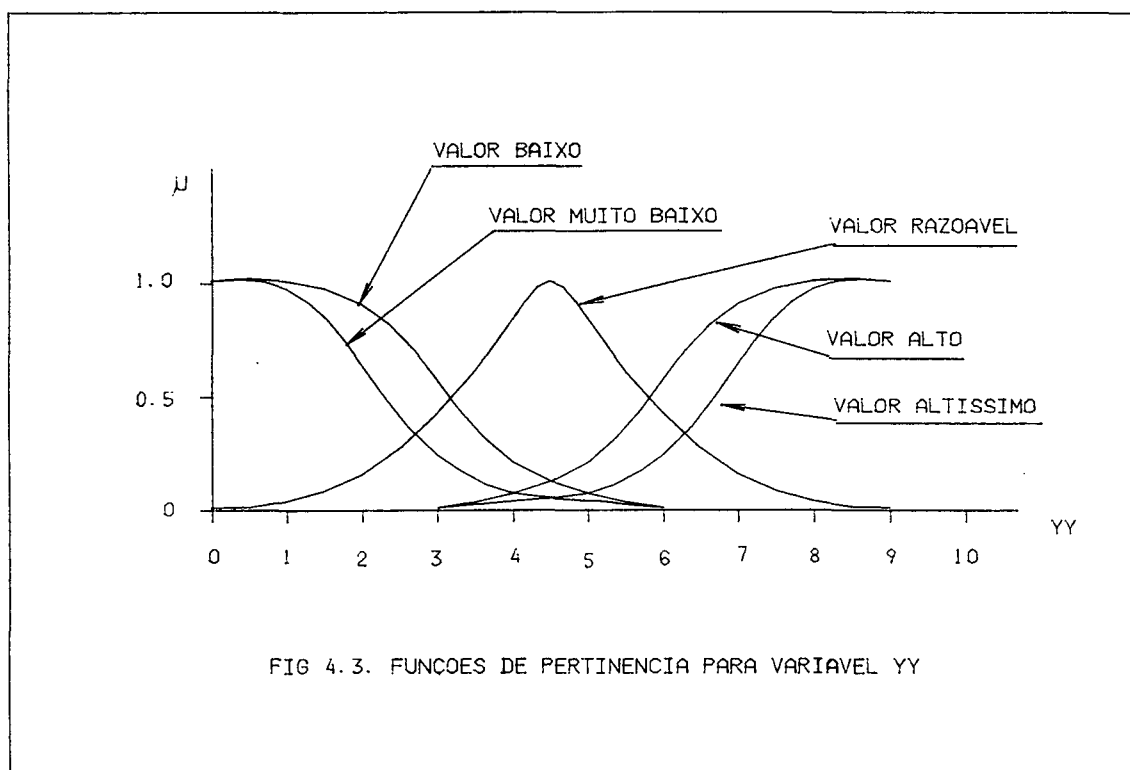
Por exemplo: A variável YY apresenta:

- ( ) valor muito baixo
- ( ) valor baixo
- ( ) valor razoável
- ( ) valor alto
- ( ) valor altíssimo

Para cada valor da variável teríamos as frequências obtidas por cada opção.

Numa representação gráfica apresentada através de frequências versus valores da variável, teríamos curvas representando a percepção pelos usuários, dos diversos valores da variável. Estas curvas quando normalizadas, nos forneceria as funções de pertinência da variável para cada opção, como mostrado na figura 4.3.

O processo para identificação do grau de pertinência para variáveis discretas é basicamente o mesmo que para variáveis contínuas, diferenciando somente na etapa de normalização, onde ao invés de uma curva de frequências, teríamos valores percentuais de frequência relativa.



Com a normalização destas frequências relativas, obter-se-ia o grau de pertinência da variável para cada opção percebida pelos usuários.

#### 4.5.2.3. Número Difuso

Um número difuso é um conjunto difuso convexo normalizado  $A$ , [Zadeh,65], definido sobre  $\mathbb{R}$ , tal que  $\exists x_0 \in \mathbb{R} \mid \mu_A(x_0) = 1$ ,



denominado de valor mais provável, e com uma função de pertinência contínua  $\mu_A$ . O conjunto de números difusos será denotado por  $R$ .

#### 4.5.2.4. Comparação de números difusos.

Quando comparam-se números difusos, o objetivo é determinar qual é o maior ou o menor deles. Dado  $M, N \in R$  queremos determinar o grau de possibilidade de  $M \geq N$ .

Usando uma expansão do princípio da extensão, [Dubois,80], tem-se:

$$\mu(M \geq N) = \sup_{\substack{x \geq y \\ x \in M \\ x \in N}} \min \left( \mu_M(x), \mu_N(y) \right) \quad (4.3)$$

Deve-se observar que, se  $\mu(M \geq N) = 1$  isto não implica que  $\mu(M < N) = 0$ .

Existirá um valor para  $\mu(N \geq M)$  que será obtido, através da equação (4.3), e que poderá ser diferente de zero.

Quando os valores obtidos para  $\mu(M \geq N)$  e  $\mu(N \geq M)$  forem bastante distintos, isto levará a uma clareza na interpretação de suas prioridades, ou grau de importância. Quando isto não ocorrer, isto é, quando estes valores forem próximos o suficiente um do outro, acarretará uma certa dificuldade em se assumir que um é definitivamente maior que o outro.

#### 4.6. Análise de cenários

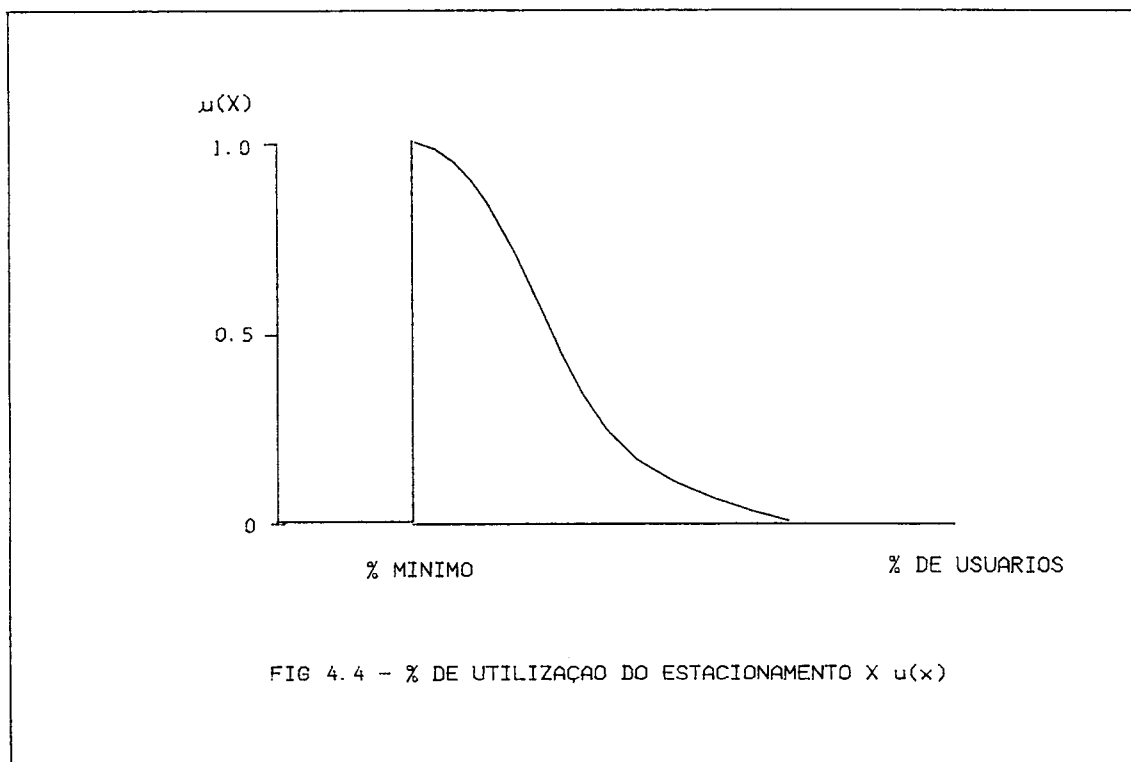
Denominar-se-á análise de cenários ao processo de confrontar uma oferta de estacionamento, através de parâmetros característicos, com as percepções que os usuários tem daquilo que lhes é ofertado.

Para que esta análise seja efetuada existe a necessidade do conhecimento das variáveis características do estacionamento, citadas em 4.5.1., como também faz-se necessária a identificação de funções de pertinência que caracterizam as percepções da população, citadas em 4.5.2.2.

Para um determinado grau de pertinência, uma parcela ou percentual da população se sentirá atraída a utilizar este estacionamento.

Variando-se sistematicamente o grau de pertinência, pode-se ter, então, uma visão global do comportamento da população frente a oferta apresentada.

Transportando-se esta análise para uma representação gráfica obter-se-á uma curva de possíveis valores de percentuais de utilização do estacionamento, para maiores ou menores graus de pertinência, como mostrado na fig.4.4.



Nesta figura a probabilidade de utilização do estacionamento é apresentado sob a forma de um número difuso [ZADEH,65].

De posse desta curva, poderá ser analisada a ocupação de um estacionamento, ou seja, poderá ser inferida uma faixa de intensidade de utilização do mesmo com um determinado grau de pertinência.

#### 4.7. Comparação entre Cenários

Considerando que a análise de cenários poderá ser efetuada para diversas ofertas distintas de estacionamento, a análise entre cada duas destas ofertas possibilitará escolher a melhor, ou seja, aquela que vai atender a uma parcela maior da população.

Esta análise comparativa será efetuada através da comparação entre as possibilidades de utilização das diversas ofertas, ou seja, através da comparação entre números difusos, como descrito em 4.5.2.4.

Cada oferta de estacionamento terá, como descrito em 4.6, uma curva de utilização.

Diversas ofertas poderão ser analisadas conjuntamente, sendo que, para cada duas, através de suas curvas de utilização, (fig.4.5) e de acordo com a equação (4.3), pode-se afirmar:

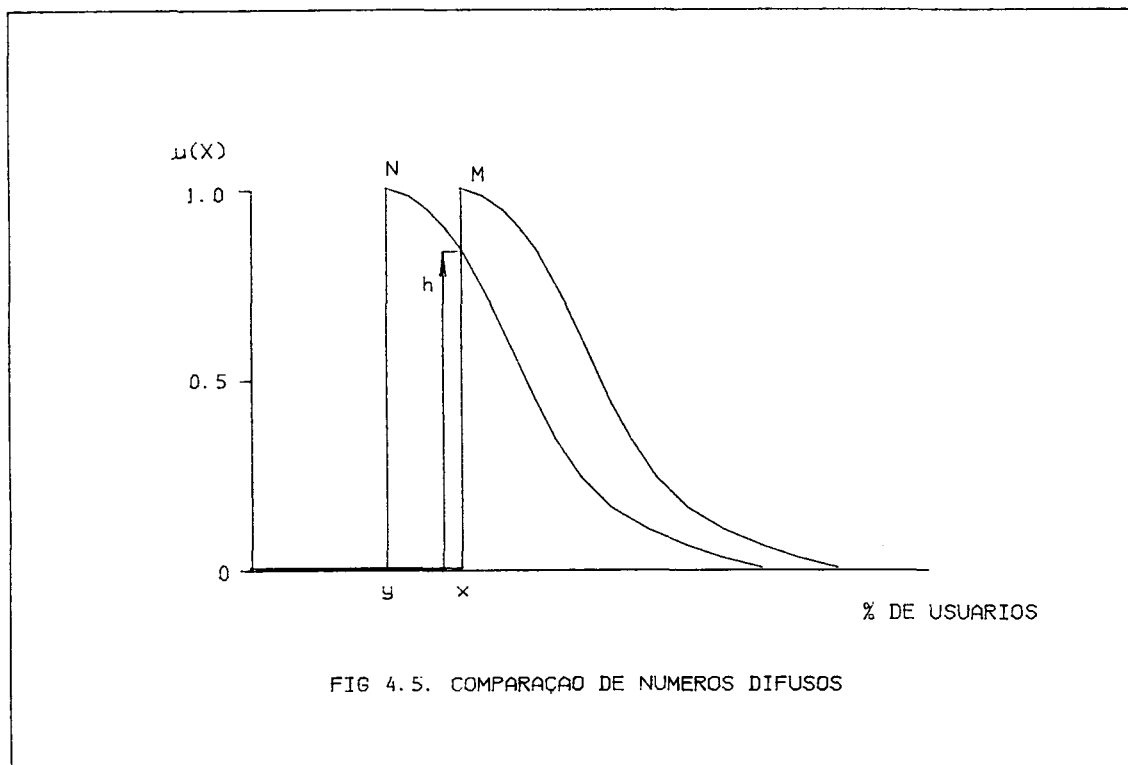
$$\mu(M \geq N) = \sup_{\substack{x \geq y \\ x \in M \\ y \in N}} \min \left( \mu_M(x) ; \mu_N(y) \right)$$

$$\mu(M \geq N) = 1$$

e

$$\mu(N \geq M) = \sup_{\substack{y \geq x \\ x \in M \\ y \in N}} \min \left( \mu_N(y) ; \mu_M(x) \right)$$

$$\mu(N \geq M) = h$$



Poder-se-á efetuar esta comparação para todos os cenários em estudo, e construir-se uma matriz de apresentação destes resultados.

$i \setminus j$	Cenário 1	Cenário 2	...	Cenário n
Cenário 1	1	$\mu(C_1 \geq C_2)$	...	$\mu(C_1 \geq C_n)$
Cenário 2	$\mu(C_2 \geq C_1)$	1	...	$\mu(C_2 \geq C_n)$
...	...	...	1	...
Cenário n	$\mu(C_n \geq C_1)$	$\mu(C_n \geq C_2)$	...	1

Esta matriz, denominada de matriz de concordância, conterá o grau de pertinência associado a afirmação do Cenário  $i$  atender mais aos anseios dos usuários que o Cenário  $j$ . Baseado nestas afirmações, estes cenários poderão ser ordenados.

Deve-se salientar que não existirá, necessariamente, apenas uma ordenação. Poderão ocorrer outras ordenações, quando existirem valores próximos de graus de pertinência.

#### 4.7.1. Ordenação de Cenários

O processo de ordenação de cenários [SISKOS,83], utiliza uma matriz denominada matriz de diferenças.

Esta matriz é formada pela obtenção das diferenças entre  $\mu(C_i \geq C_j)$  e  $\mu(C_j \geq C_i)$ , contidos na matriz de concordâncias, dada pela expressão:

$$d(C_i \geq C_j) = \text{máx} [ 0; \mu(C_i \geq C_j) - \mu(C_j \geq C_i) ]$$

para qualquer  $i \neq j$  (4.4)

O valor da diferença ( $d(C_i, C_j)$ ) explica o grau de certeza da afirmação ( $C_i \geq C_j$ ), ou seja, quanto mais próximo de 1 for o valor da diferença, maior é a certeza que o cenário  $C_i$  é melhor que o cenário  $C_j$ .

O relacionamento existente entre os cenários poderá ser representado através de um grafo, elaborado através da matriz de diferenças.

Este grafo, onde cada vértice ou nó, representa um cenário, e os direcionamentos dos arcos representam a priorização entre eles, será construído para os relacionamentos que apresentam um grau de pertinência igual a 1, ou seja, onde os valores de  $d(C_i, C_j)$  são iguais a 1. Isto poderá implicar que apenas alguns cenários apresentarão relacionamento entre si, e neste caso uma ordenação que explicita qual é o melhor dentre eles deixará de ser identificada.

Deve-se ter em mente que uma ordenação que identifique o melhor dentre eles é o objetivo deste processo. Esta identificação será alcançada quando o grafo de relacionamentos apresentar pelo menos um vértice, como a base do grafo.

Caso isto não venha a ocorrer, o valor do grau de pertinência poderá ser "relaxado", para que novos relacionamentos sejam representados no grafo.

Deve-se observar que este "relaxamento", representado através de uma diminuição do grau de pertinência, não deverá ultrapassar um valor pré-estabelecido, ou seja, um limite aceitável para se continuar acrescentando relacionamentos no grafo.

Pode-se observar que, ainda assim, poderá não existir um cenário identificado como o melhor, e nestes casos, o processo poderá continuar para valores aquém do valor limite aceitável.

Caberá, neste caso, lembrar que a certeza de que os novos relacionamentos que estarão sendo adicionados ao grafo, através da adição ou subtração de arcos, não estarão atendendo aos limites aceitáveis, o que poderá levar a um baixo grau de

convicção no que se refere a identificação do melhor entre eles.

#### 4.8. Conclusões

Neste capítulo foram descritos os processos propostos de retirada de informações do comportamento do usuário, e do tratamento destas informações.

Também foi descrito o processo de análise de cenários, onde ofertas de estacionamento, através de suas variáveis qualitativas são analisadas.

A comparação entre cenários também é descrita como um processo para se obter uma ordenação entre eles em relação aos anseios dos usuários.



## CAPÍTULO V

### 5. UM ESTUDO PARA A CIDADE DE FLORIANÓPOLIS

#### 5.1. Introdução

Neste capítulo será apresentado uma aplicação da metodologia descrita nos capítulos anteriores, na forma de um estudo piloto para a cidade de Florianópolis.

Este estudo tem por objetivo mostrar a viabilidade da utilização da informação obtida através do usuário.

Os resultados aqui obtidos não serão considerados como solução para possíveis problemas existentes envolvendo estacionamento, na cidade de Florianópolis, mas servirão sim, para demonstrar que este equipamento auxiliar de transporte, o estacionamento, pode ter sua análise de implementação auxiliada através da utilização da metodologia proposta.

#### 5.2. Delimitação da área de estudo e identificação das unidades analisadas.

Para a cidade de Florianópolis, foi considerado como área de estudo, o centro da cidade, conforme descrito na fig.5.1,

identificada e expandida a partir de uma delimitação oficial de 1975.

Na área de estudo estão identificados três estacionamentos que foram analisados, os quais foram escolhidos dentre os existentes, em função da similaridade de funcionamento.

### 5.3. Coleta da informação.

Conforme exposto no item 4.3. foram feitas coletas em dias típicos, dentro de uma semana típica, atendendo a um plano de coleta onde a variação diária também foi considerada.

A aplicação da pesquisa estruturada, foi efetuada no instante em que o usuário estacionava seu automóvel.

O questionário utilizado, era composto de questões formuladas, com o intuito de levantar o perfil comportamental e atitudinal de cada usuário de estacionamento, sendo abordadas questões específicas à distância a ser percorrida a pé após estacionar, ao motivo da viagem, ao tempo disponível para procurar estacionamento e ao preço, dando ainda oportunidade aos usuários de fazerem referência a outras variáveis que eventualmente os levaram a escolher o estacionamento.

As variáveis acima mencionadas foram avaliadas de forma qualitativa. Por exemplo, a distância a percorrer a pé do estacionamento ao local de destino foi questionada com as seguintes opções: ( )perto, ( )razoável, ( )longe.

[Ver Apêndice 1]

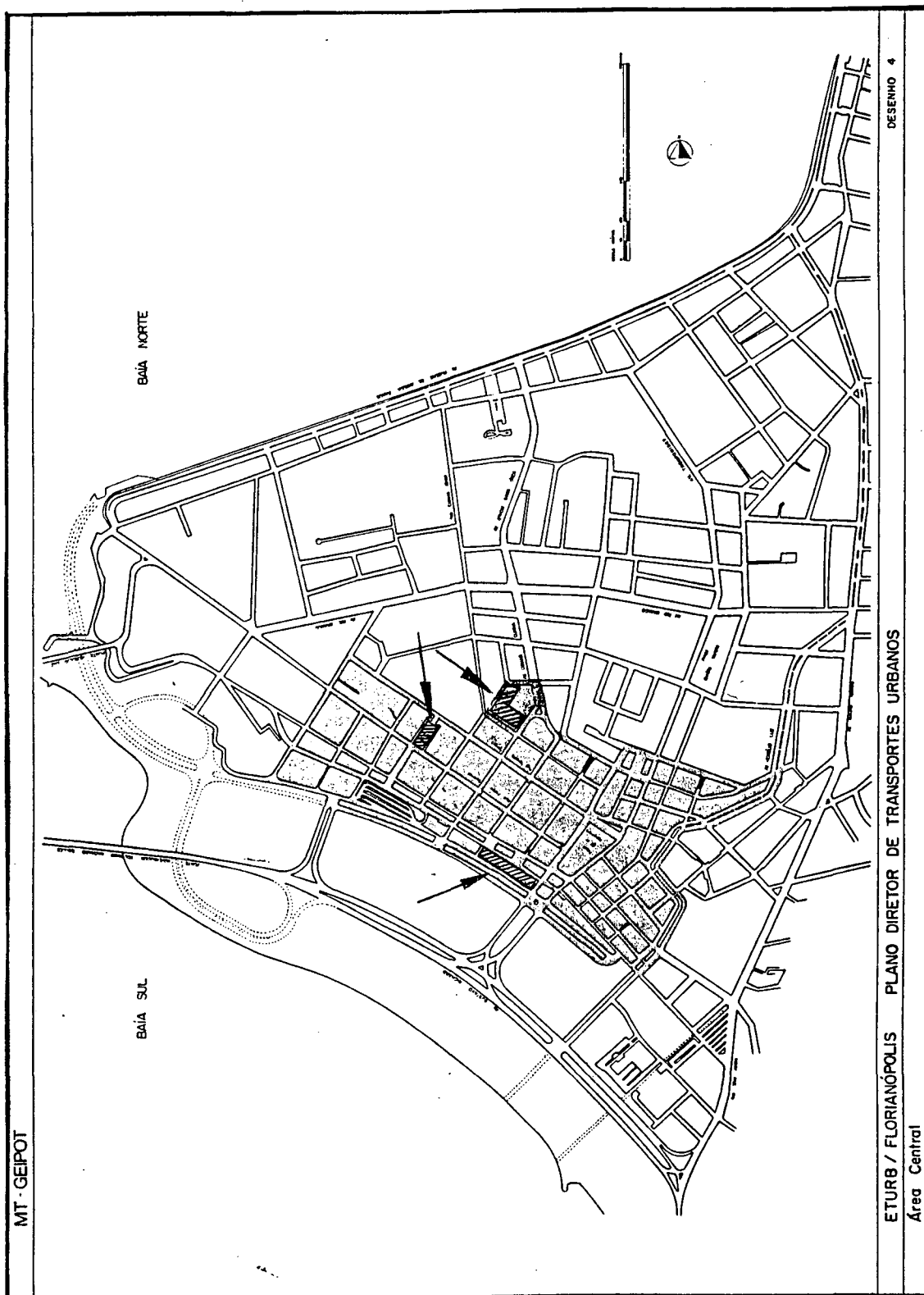


FIG. 5.1 Área de Estudo

#### 5.4. Identificação das variáveis.

Na entrevista estruturada efetuada, como exposto no item 4.4, os usuários fizeram referência a um conjunto de 9 variáveis utilizadas por eles para realizar a escolha, ou não, de um estacionamento.

- São elas:
- a. proximidade ao local de destino
  - b. segurança do estacionamento
  - c. preço
  - d. facilidade de conseguir vaga
  - e. localização do estacionamento
  - f. tempo disponível para procurar estacionamento.
  - g. atendimento no estacionamento
  - h. facilidade de acesso
  - i. beleza do estacionamento.

Para possibilitar o estudo e análise do grau de importância destas variáveis para a decisão dos usuários, foi associado a cada uma delas um posto, segundo o nível de prioridade.

Nas análises individuais pode-se observar que um usuário utiliza no máximo quatro variáveis para tomar a sua decisão, sendo que o conjunto de todas estas é que forneceu o grupo de nove variáveis já mencionado.

Assim sendo, atribuiu-se posto 4 para a primeira variável citada pelo usuário, posto 3 para a segunda variável citada,

posto 2 para a terceira variável citada e posto 1 para a quarta variável citada. Quando a variável não era mencionada pelo usuário respondente, a ela era associado um posto 0.

Pode-se assim obter um posto médio para cada uma delas em função do conhecimento da frequência com que as mesmas foram citadas. [Ver Apêndice 2]

A tabela 5.1 apresenta a classificação obtida, de forma decrescente.

A variável proximidade ao destino final apresentou o maior posto médio, significando um alto grau de importância na decisão dos usuários, sendo percebida por estes como mais importante que as demais. Isto não significa que as outras variáveis não sejam consideradas importantes, apenas que não apresentam o mesmo grau de importância que a variável proximidade ao destino final.

Aplicando o procedimento de comparações múltiplas (LSD), como descrito em 4.4., obtém-se a um nível de 1%, um valor para o LSD de 0,71. Efetuadas as diferenças entre os postos médios apresentados na tabela 5.1. pode-se observar a existência de uma diferença significativa entre a primeira variável e a segunda, pois a diferença entre os postos da primeira e segunda variável, que é 2,53, é superior ao valor do LSD. As demais variáveis não são significativamente diferentes entre si, visto que os valores das diferenças entre seus postos médios é inferior ao valor do LSD.

Variável	Posto Médio	Diferença Entre Postos Médios
-Proximidade ao Destino	3,29	
-Segurança	0,76	2,53
-Facilidade de Acesso	0,65	0,11
-Preço	0,52	0,13
-Facilidade de Vaga	0,51	0,01
-Tempo Para Procura	0,27	0,24
-Localização	0,05	0,22
-Atendimento	0,04	0,01
-Beleza do Estacionamento	0,008	0,032

TABELA 5.1.

Isto leva a aceitar que a variável proximidade ao destino final após estacionar, além de um posto médio bastante alto na escala de grau de importância, também apresenta-se diferenciada das outras variáveis no que concerne à percepção dos usuários.

De acordo com os valores obtidos e a análise efetuada, pode-se considerar que os usuários nutrem um sentimento diferenciado quanto a distância que devem percorrer após estacionar, que não apresentam pelas demais variáveis.

Pode-se dizer que, estatisticamente, o sentimento que os usuários nutrem pelas demais variáveis é praticamente o mesmo. Aliado a isto, a ordem de prioridade estabelecida pelo posto médio, permite apenas ordená-las.

## 5.5. O processo decisório do usuário

Denominou-se, neste estudo, processo decisório do usuário, a elaboração dos perfis comportamentais dos mesmos, representados através de regras de produção, e a representação de suas percepções ao ambiente, através de funções de pertinência.

Atendendo ao exposto no item 4.5., descreve-se a seguir estes dois processos.

### 5.5.1. Elaboração dos perfis comportamentais dos usuários

Conhecidas as variáveis mais significativas, ou mais importantes na opinião dos usuários, foram elaborados seus perfis comportamentais. Para esta elaboração, foi considerada neste estudo piloto, a variável distância ao destino final após estacionar, devido ao fato de a mesma ter recebido um tratamento diferenciado por parte dos usuários, como exposto em 5.4.

Utilizou-se também para este estudo a variável preço cobrado no estacionamento, dentre todas as demais variáveis que receberam um tratamento considerado igualitário por parte dos usuários.

Convém salientar que este estudo se resume em verificar a aplicação da metodologia e exemplificá-la, e não ser considerado uma solução para problemas envolvendo estacionamento.

É importante salientar, ainda, que a variável motivo da viagem, apesar de não ser uma variável característica do estacionamento, foi incluída no perfil de decisão do usuário,

devido ao fato de a mesma ter influência sobre a percepção, por parte do usuário, nas demais variáveis.

Assim sendo, foram consideradas as seguintes variáveis com os respectivos atributos:

1. MOTIVO DA VIAGEM : compras  
trabalho  
bancos ou negócios  
saúde  
outros

2. DISTANCIA AO DESTINO : perto  
razoável  
longe

3. PREÇO DA TARIFA : baixo  
razoável  
alto

Os usuários foram descritos por um conjunto de regras englobando todas as combinações das variáveis através de seus atributos. A cada regra foi atribuído um peso, decorrente da frequência com que a referida regra foi utilizada pelos usuários.

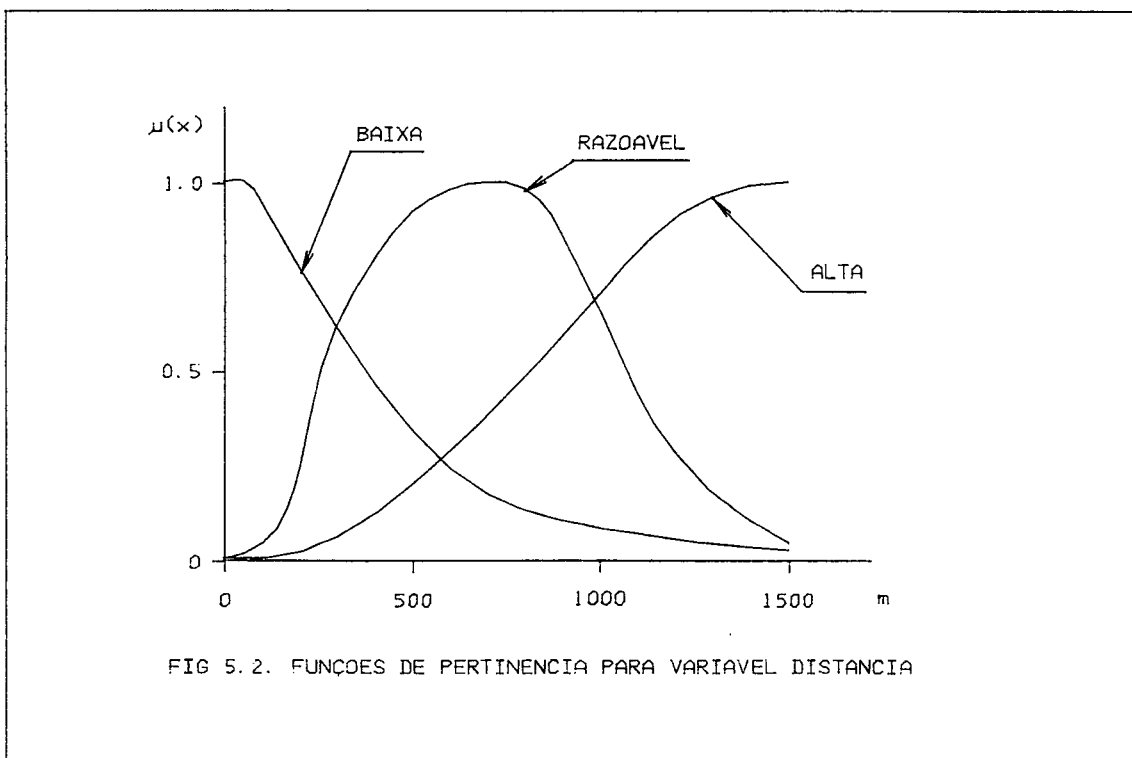
Este conjunto de regras, que descreverá os diferentes comportamentos dos usuários, juntamente com os fatos que caracterizarão uma oferta de estacionamento, formam a base de conhecimentos do sistema.



### 5.5.2. Representação da percepção dos usuários

A percepção dos usuários do ambiente externo, foi representada através de funções de pertinência construídas como descrito em 4.5.2.3., para as variáveis distância ao destino final e preço da tarifa.

Através das informações coletadas quanto a percepção da distância obteve-se as funções de pertinência apresentadas na figura 5.2.

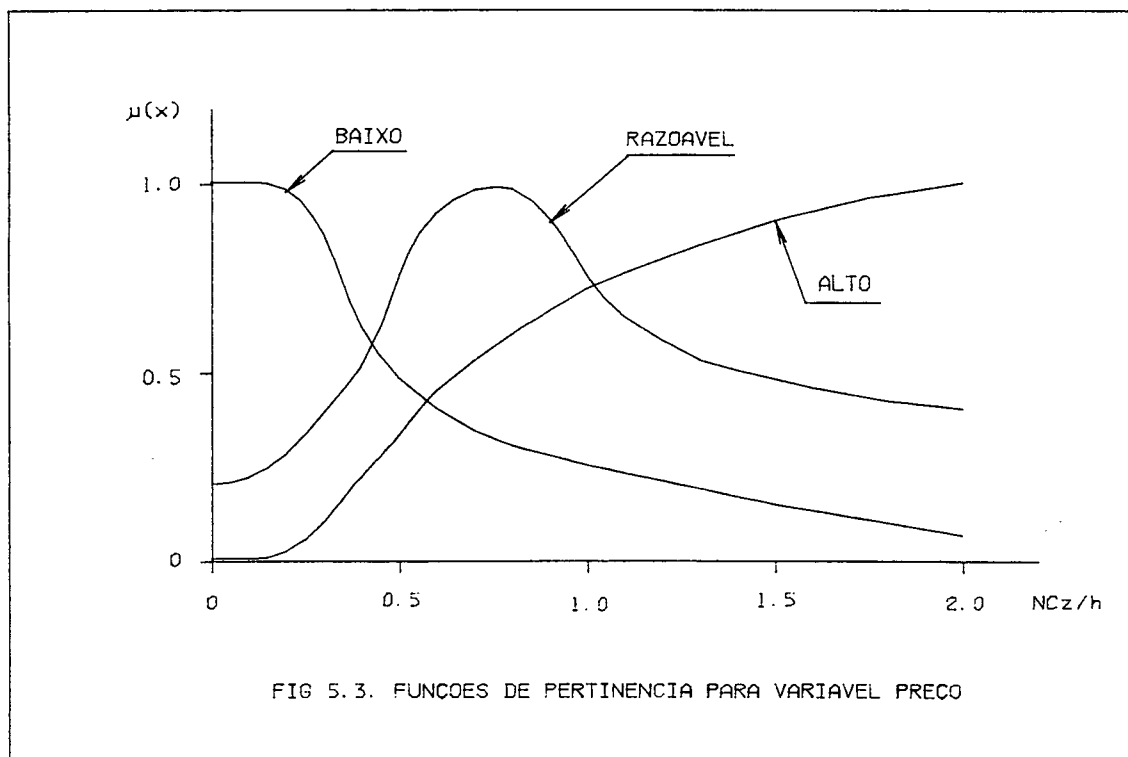


Para a variável preço foram encontradas as funções de pertinência apresentadas na figura 5.3.

Convém salientar que a realização da entrevista estruturada ocorreu no mes de junho de 89. Portanto, os preços aqui citados estão condizentes com aquela data.

Devido a instabilidade da economia, e também devido a inflação a que o país está submetido, esta variável exige atualização, ou seja, deverá ser pesquisada quando for utilizada no sistema.

O mesmo não ocorre para as demais variáveis identificadas neste estudo.



## 5.6. Análise de Cenários

Para verificar a viabilidade da metodologia exposta em 4.6., caracterizou-se 3 cenários distintos, ou seja, 3 estacionamentos foram ofertados aos usuários, através de fatos, envolvendo as variáveis distância a percorrer a pé após estacionar e preço cobrado por hora no estacionamento.

Foram eles:

### Cenário 1

Fato1 : a distância até um centro comercial é 30m.

Fato2 : a distância média a centros médicos é 100m.

Fato3 : a distância média a bancos é 100m.

Fato4 : a distância média a locais de trabalho é 30m.

Fato5 : o preço cobrado por hora é de NCz\$ 0,75.

### Cenário 2

Fato1 : a distância até um centro comercial é 700m.

Fato2 : a distância média a centros médicos é 500m.

Fato3 : a distância média a bancos é 500m.

Fato4 : a distância média a locais de trabalho é 700m.

Fato5 : o preço cobrado por hora é de NCz\$ 0,75.

### Cenário 3

Fato1 : a distância até um centro comercial é 700m.

Fato2 : a distância média a centros médicos é 1000m.

Fato3 : a distância média a bancos é 1000m.

Fato4 : a distância média a locais de trabalho é 1000m.

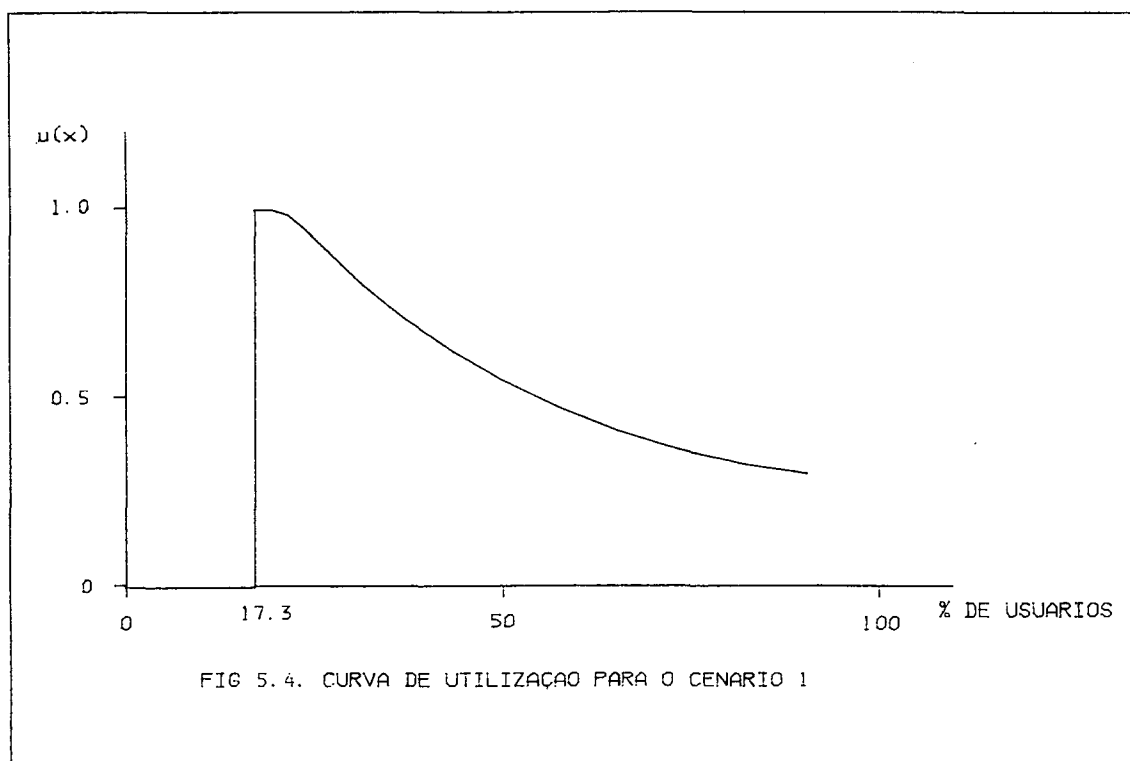
Fato5 : o preço cobrado por hora é > NCz\$ 1,00.

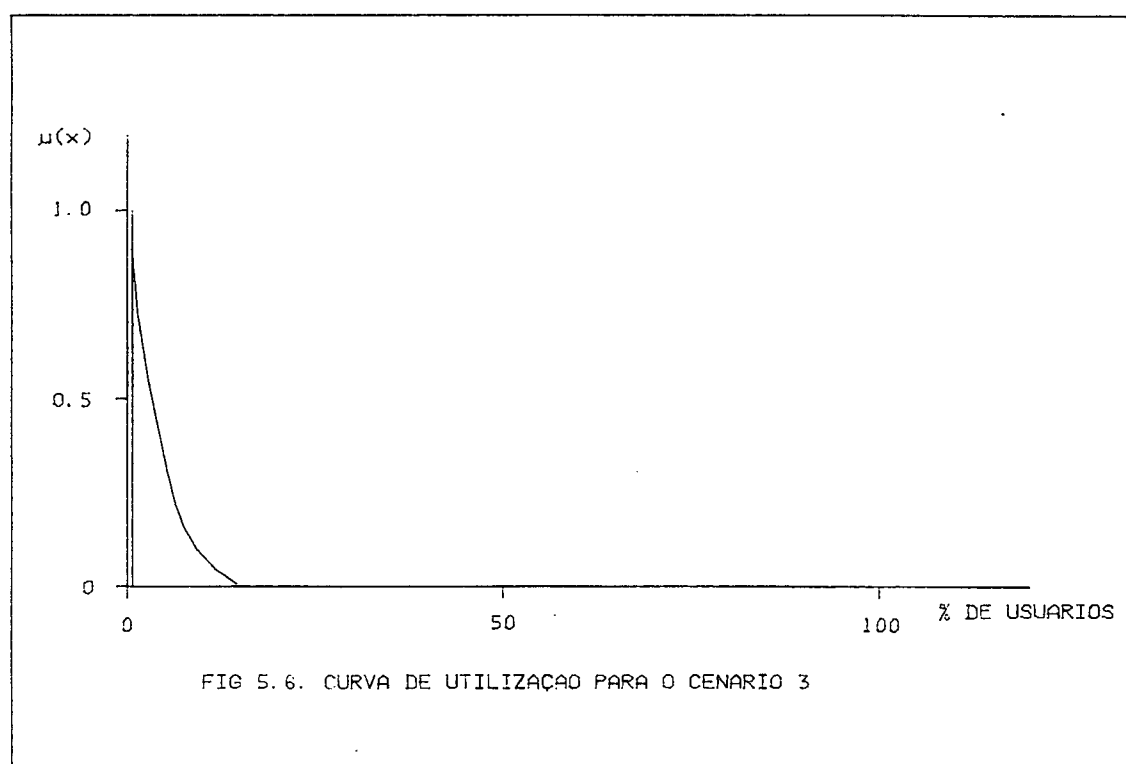
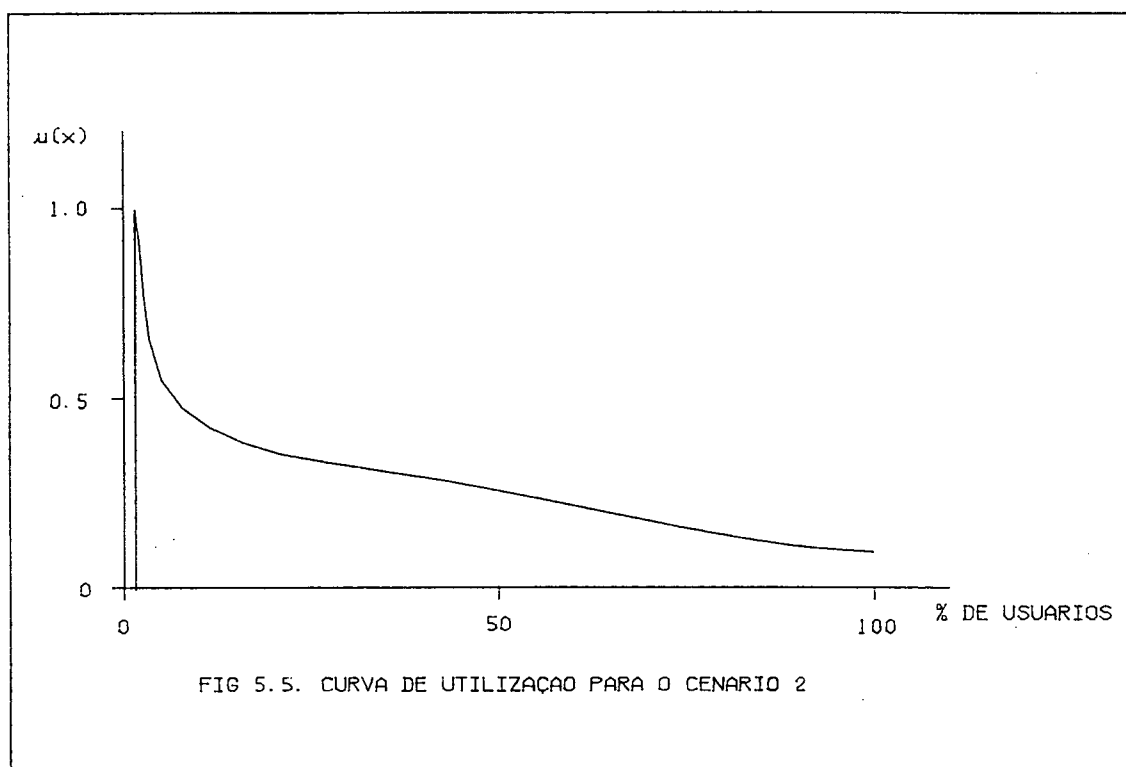
Confrontando estas ofertas com as curvas de percepções dos usuários para preço e distância, obtém-se os atributos das variáveis que os usuários percebem para um determinado grau de pertinência.

De posse destes atributos, pode-se, através das regras de produção [Apêndice 3], determinar os percentuais que atendem a estas condições.

Variando-se sistematicamente o valor do grau de pertinência, poderá ser construída uma curva de percentuais de utilização do estacionamento.

Para os tres cenários em análise, foram obtidas as curvas descritas nas figuras 5.4., 5.5. e 5.6. para os cenários 1, 2 e 3 respectivamente.





### 5.7. Comparação entre cenários

O processo de comparação entre cenários deve ser realizado para se obter uma análise conjunta de todos os cenários.

Através da análise de cenários, observou-se que o Cenário 1 apresenta, para um grau de pertinência igual a 1, um valor do percentual de utilização superior aos demais cenários, verificando-se assim que para um grau de pertinência 1 este cenário é melhor que os demais.

Não deve-se esquecer que existe também a possibilidade dos demais cenários serem melhores que o Cenário 1 para outros graus de pertinência.

Isto poderá ser verificado e analisado na comparação entre estes cenários. Para esta comparação, através da equação (4.3) determina-se o valor de  $\mu(C_i \geq C_j)$  para todos os cenários envolvidos.

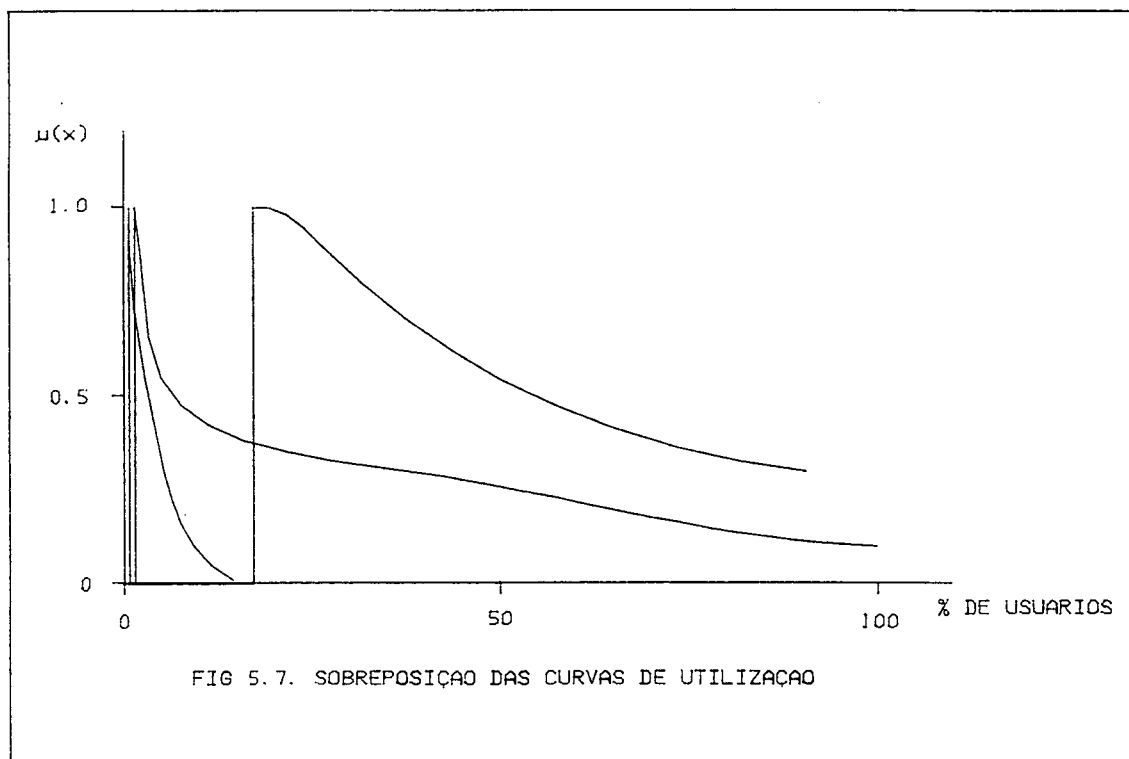
Os valores obtidos estão na matriz de concordâncias, abaixo:

$i \setminus j$	Cen. 1	Cen. 2	Cen. 3
Cen. 1	1	1	1
Cen. 2	0.32	1	1
Cen. 3	0	0.64	1

Pode-se observar (fig.5.7), que o Cenário 1 é melhor que o Cenário 2 para um grau de pertinência 1, pois  $\mu(C_1 \geq C_2) = 1$ , e também melhor que o Cenário 3, pois  $\mu(C_1 \geq C_3) = 1$ .

Mas existe a possibilidade do Cenário 2 ser melhor que o Cenário 1, já que  $\mu(C_2 \geq C_1) = 0,32$ , não existindo porém, possibilidade do Cenário 3 ser melhor que o Cenário 1, pois  $\mu(C_3 \geq C_1) = 0..$

Em relação aos cenários 2 e 3, pode-se verificar que o Cenário 2 é melhor que o Cenário 3 para um grau de pertinência 1, pois  $\mu(C_2 \geq C_3) = 1$ , sendo que o Cenário 3 pode ser melhor que o Cenário 2 para um grau de pertinência 0,64.





## 5.8. Ordenação de cenários

Para a determinação de uma ordenação entre os cenários em análise, determinou-se a matriz das diferenças, formada pelos valores das diferenças ( $d(C_i, C_j)$ ), obtidos como descrito em 4.7.1.

Esta matriz está apresentada a seguir.

$i \setminus j$	Cen.1	Cen.2	Cen.3
Cen.1	1	0.68	1
Cen.2	0	1	0.36
Cen.3	0	0	1

### 5.8.1. Elaboração do Grafo de Ordenação

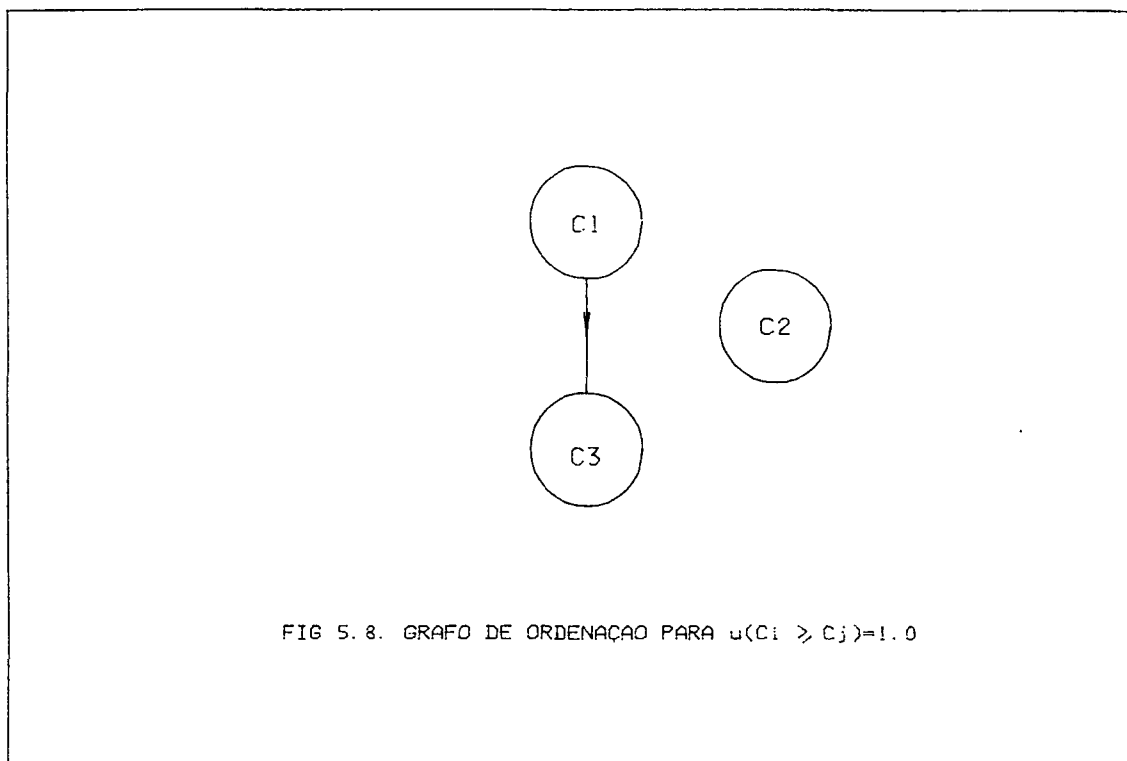
Para um grau de pertinência igual a 1, construiu-se um grafo representando a hierarquização ou ordenação existente entre estes cenários.

Para este estudo, obteve-se grau de pertinência igual a 1 apenas na afirmação  $\mu(C_1 \geq C_3)$ .

Isto possibilitou a elaboração de um grafo com apenas uma orientação, como mostrado na figura 5.8.

Como o objetivo desta análise é criar a ordenação entre todos os cenários, deve-se adotar um novo limite aceitável para o

grau de pertinência e verificar a possibilidade de inclusão de novos relacionamentos no grafo.



Diminuindo o valor do grau de pertinência para 0,68, pode ser incluído neste grafo a nova relação:

$$\mu(C_1 \geq C_2) = 0,68$$

Acrescentando este relacionamento ao grafo já existente, fica-se com o grafo demonstrado na figura 5.9. onde o arco  $C_1 \rightarrow C_2$  foi adicionado.

Neste momento, no processo de ordenação, obteve-se um nó, como base do grafo, ou seja, o Cenário 1 aparece como melhor que o Cenário 2 e o Cenário 3.

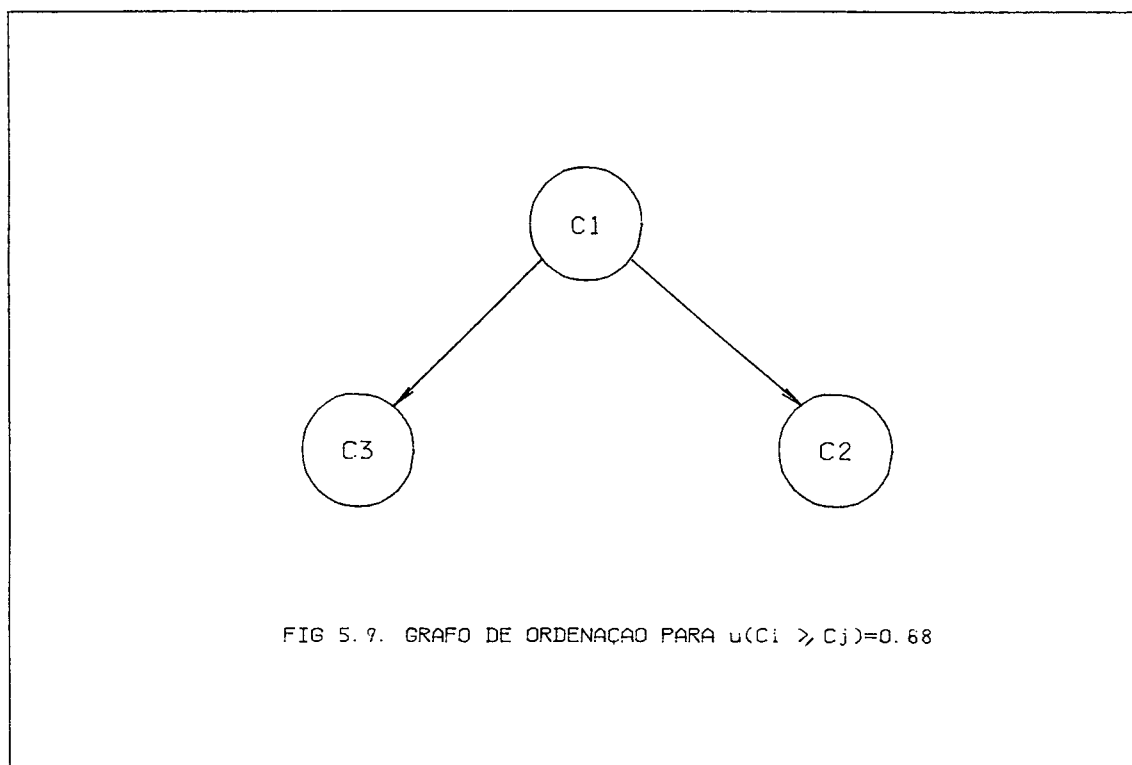


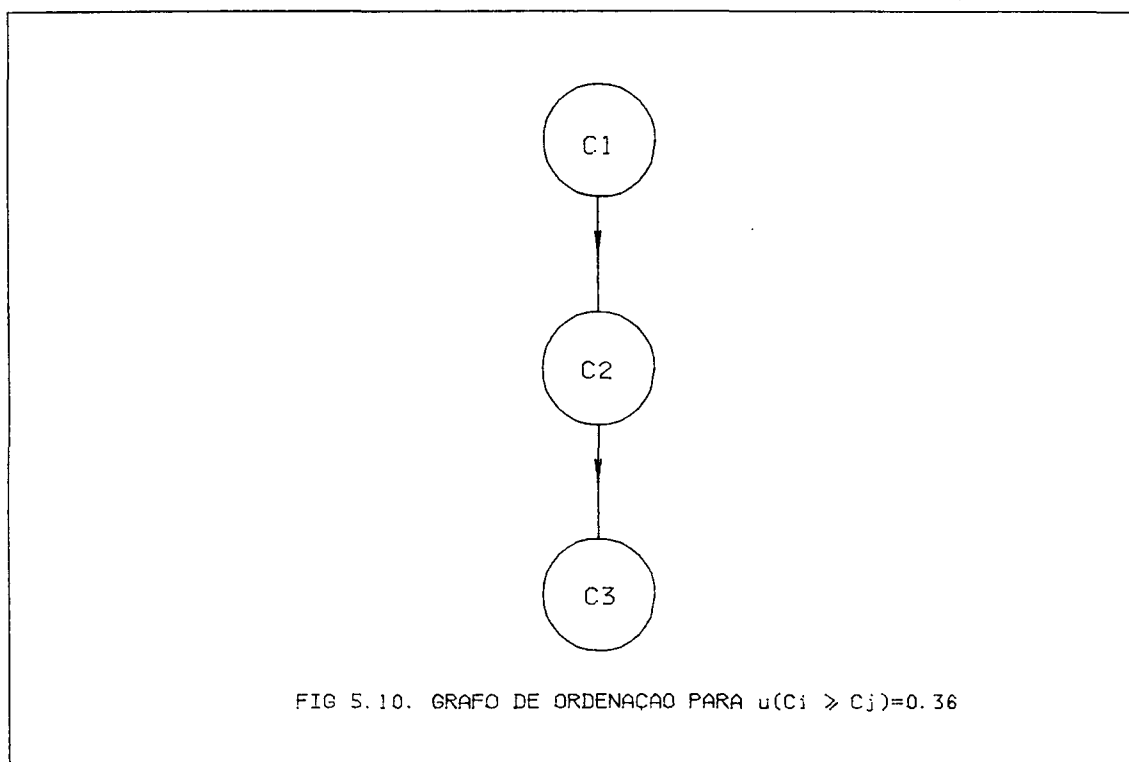
FIG 5.9. GRAFO DE ORDENAÇÃO PARA  $u(C_i > C_j)=0.68$

O processo poderia cessar, e para um grau de certeza 0,68 poder-se-ia afirmar que o Cenário 1 é melhor que o Cenário 2 e o Cenário 3.

Para que seja possível fazer alguma afirmação referente a

uma ordenação envolvendo os tres cenários, deve-se diminuir o grau de pertinência para 0,36, para que o relacionamento  $\mu(C_2 \geq C_3)$  seja incluído.

Ao acrescentar-se este relacionamento ao grafo, o arco  $C_1 \rightarrow C_3$  é suprimido, e o arco  $C_2 \rightarrow C_3$  é adicionado, sendo que os arcos  $C_1 \rightarrow C_2$  e  $C_2 \rightarrow C_3$  em conjunto, atuam como o arco  $C_1 \rightarrow C_3$ , como mostrado na figura 5.10.



O processo cessa, visto que, todos os cenários envolvidos no estudo estão relacionados e que apenas 1 deles aparece como base do grafo, (  $C_1$  ).

Pode-se assim concluir, para um grau de pertinência 0,36, que o Cenário 1 é melhor que o Cenário 2, e que este é melhor que o Cenário 3, ou seja, que o Cenário 1 atende mais aos anseios dos usuários que o Cenário 2 e que este por sua vez atende mais aos anseios dos usuários que o Cenário 3.

## CAPÍTULO VI

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia apresentada neste trabalho, visa basicamente, servir como elemento de orientação àqueles que detem o poder para as tomadas de decisão, referentes a implantação, operação ou alteração de estacionamentos fechados em centros de cidade, visto que esta metodologia está assentada na percepção, ou pontos de vista que os usuários tem daquilo que lhes é ofertado.

Os estudos efetuados ( Cap. 2 ), demonstraram que pouca ou nenhuma importância é dada ao desejo de atendimento, tanto a nível de qualidade, quanto de quantidade, que o usuário de equipamentos assessorios de transporte apresenta.

Busca-se com esta proposta, se não suprir, pelo menos reduzir esta distância entre o poder de decisão e os anseios do usuário.

Verificou-se neste estudo a viabilidade desta proposta, onde demonstrou-se que os anseios dos usuários podem ser representados na sua integralidade, e como tal serem considerados nos estudos e análises efetuadas.

Convém salientar que, uma vez identificados os perfis comportamentais, através das regras de produção, e as percepções através das funções de pertinência, dos usuários, para uma determinada região, novos estudos e análises poderão ser

efetuados, sem que para isto tenha que ser novamente pesquisada a população, acarretando redução de custos, tempo e pessoal envolvido.

Como recomendações para estudos futuros, ou aperfeiçoamento desta metodologia, pode-se verificar que neste estudo não foram considerados dados quantitativos, e neste sentido, recomenda-se que sejam abordadas questões como dimensionamento de vagas, rotatividade, ou outros parâmetros que poderiam vir a complementar esta proposta.

Outra sugestão, seria um maior detalhamento na elaboração dos perfis comportamentais, proporcionando desta forma uma melhoria no modelo atitudinal do usuário, gerando por sua vez uma metodologia mais detalhada para a retirada da informação.

Pode-se recomendar também, a aplicação desta metodologia para um caso real, onde seria possível uma maior abrangência na elaboração dos anseios dos usuários, acarretando com isto um ajuste ainda maior no modelo.

## BIBLIOGRAFIA

[ AOR, 84 ]

AOR, Antônio Sérgio Pinto

Modelo Probabilístico Aplicável à Alocação de Vagas de Estacionamento em Comunidades Fechadas.

PUC/RJ-Tese de Mestrado. 1984.

[ BARR, 81 ]

BARR, A. / FEIGENBAUN, E. A.

The Handbook of Artificial Intelligence

William Kaufmann, Inc. 1981.

[ BRUTON, 79 ]

BRUTON, Michael J.

Introdução ao Planejamento de Transportes

Interiência-USP. 1979.

[ CET, 79 ]

Um Estudo sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos.

Companhia de Engenharia de Tráfego.

Boletim Técnico nº 21. 1979.

[ CET, 82 ]

Pesquisas e Levantamento de Tráfego.

Companhia de Engenharia de Tráfego.

Boletim Técnico nº 31. 1982.



[DALKEY, 62]

DALKEY, Norman/HELMER, Olaf

An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts.

United States Air Force. 1962.

[DUBOIS, 80]

DUBOIS, Didier J./PRADE, Henri

Fuzzy Sets and Systems-Theory and Applications

Academic Press U.S.A. 1980.

[EDI PUC, 87]

Equilíbrio Demanda-Performance na Alocação de Vagas de Estacionamento.

PUC - RJ. 1987.

[FELEX, 83]

FELEX, José Bernardes

O Usuário: Um Instrumento de Avaliação.

UFSCar/USP-Tese de Mestrado. 1983.

[GEIPOT, 78]

Estudos de Transportes Urbanos da Grande Florianópolis.

Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. GEIPOT.

[GENARO, 86]

GENARO, Sérgio

Sistemas Especialistas: o Conhecimento Artificial.

Livros Técnicos e Científicos Ed. SP. 1986.

[ GOMES, 80 ]

GOMES, Antônio Claret Silva.

Um Modelo Normativo para Alocação Ótima de Vagas de Estacionamento.

PUC/RJ-Tese de Mestrado. 1980.

[ LACERDA, 87 ]

LACERDA, Paulo Neves de.

Protótipo de um Sistema Especialista para Auxílio à Operação de Subestações de Alta Tensão.

UFSC-Tese de Mestrado. 1987.

[ LEVINE, 88 ]

LEVINE, Robert I. / DRANG, Diane E. / EDELSON, Barry.

Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas.

McGraw-Hill SP. 1988.

[ NOVAES, 86 ]

NOVAES, Antônio Galvão

Sistemas de Transportes-Análise de Demanda. Vol.1

Editora Edgard Blücher Ltda. 1986.

[ O'FLAHERTY, 74 ]

O'FLAHERTY, C. A.

Highways and Traffic. Vol.1

Edward Arnold Publishers Ltda. 1974.

[ PEREIRA, 84 ]

PEREIRA, Antônio Costa

Introdução às Técnicas de Inteligência Artificial.

IV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.

[ PETERSEN, 86 ]

PETERSEN, Roger G.

Design and Analysis of Experiments.

Marcel Dekker Inc. NY. 1986.

[ PORTUGAL, 80 ]

PORTUGAL, Licínio da Silva.

O Estacionamento nas Áreas Urbanas: Princípios e Procedimentos.

COPPE/UFRJ-Tese de Mestrado. 1980.

[ SISKOS, 83 ]

SISKOS, J. / HUBERT, Ph.

European Journal of Operational Research, 13, pp 278-299

North-Holland, 1983.

[ WATERMAN, 86 ]

WATERMAN, Donald Arthur

A guide to Expert Systems.

Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1986.

[ ZADEH, 65 ]

ZADEH, L. A.

Fuzzy sets.

Inf. Control 8, pp 338-335, 1965.

[ ZADEH, 72 ]

ZADEH, L. A.

Fuzzy languages and their relations to human and machine intelligence.

Man Comput. Proc. Int. Conf., Bordeaux, pp 130-165,

S. Karger, Basel. 1970.

## APÊNDICE 1

## ENTREVISTA ESTRUTURADA

ESTACIONAMENTO: \_\_\_\_\_ HORÁRIO: \_\_\_\_\_

1. É o primeiro estacionamento procurado?  sim  não
2. Qual o motivo da sua viagem ao centro?
  - trabalho regular  saúde
  - compras  outros \_\_\_\_\_
  - bancos ou negócios
3. Que motivos lhe fizeram utilizar este estacionamento?
  - tempo  proximidade ao destino final
  - preço  facilidade de acesso
  - segurança  outros \_\_\_\_\_
4. O local para onde você vai é:  perto  longe  
ou está a uma  distância razoável daqui?
5. Após estacionar você deve andar a pé até o seu local de destino. Quantos metros a ser percorrido a pé, você chamaria de perto? \_\_\_\_ .  
Quantos metros você chamaria uma distância de razoável? \_\_\_\_  
E a partir de quantos metros você consideraria longe? \_\_\_\_  
 sem noção de distância.
6. Dos preços abaixo quais você considera (B)baixo, (R)razoável, ou (A)alto a ser pago por hora para estacionar?  
até NCz 0,2  NCz 0,5  NCz 1,0 ou mais

Observações:

1. O motorista do automóvel, apenas respondia as questões a ele formuladas, não sendo dada a este, a oportunidade de ler o questionário.

2. No item 3, era feita apenas a pergunta ao usuário, sendo que as opções constantes no questionário serviam apenas para facilitar o trabalho do entrevistador, que apenas anotava no espaço correspondente a uma opção quando esta era citada.

Desta forma, quando um usuário citava um motivo que não constava na lista de opções, sua citação era anotado no espaço disponível, juntamente com a ordem em que foi citada; e quando o usuário citava, por exemplo, a segurança como primeiro motivo que lhe fez escolher o estacionamento, se assinalava o número 1 em ( )segurança.

3. Devido ao fato desta entrevista estruturada servir de estudo piloto, a mesma foi efetuada em apenas uma etapa, onde as variáveis e as percepções dos usuários foram colhidas simultaneamente, e não em dois instantes distintos como proposto.

## APÊNDICE 2

## PESQUISA PILOTO

## Quadro demonstrativo

O quadro abaixo contém as frequências com que cada variável foi citada, e em que ordem de preferência foi mencionada pelos usuários.

A amostragem piloto abrangeu 256 usuários de estacionamento fechado no centro de Florianópolis.

Var. i	POSTO				
	4	3	2	1	0
1	185	31	4	2	34
2	15	38	10	2	191
3	28	4	3	0	221
4	10	24	9	2	211
5	3	15	6	1	231
6	11	35	9	0	201
7	1	2	0	0	253
8	3	0	0	0	253
9	0	0	1	0	255

As variáveis mencionadas pelos usuários foram as seguintes:

Variável 1 -Proximidade ao destino final

Variável 2 -Segurança

Variável 3 -Facilidade de vaga

Variável 4 -Preço

Variável 5 -Tempo disponível para procurar estacionamento

Variável 6 -Facilidade de acesso

Variável 7 -Atendimento

Variável 8 -Localização

Variável 9 -Beleza do estacionamento

## APÊNDICE 3

Como descrito no Capítulo 5, os perfis dos usuários podem ser representados através de regras do tipo SE - ENTÃO, as quais formaram a base de conhecimentos, que descreve o processo de decisão dos usuários na sua escolha de uma oferta de estacionamento.

Afim de facilitar o processo de captação destes perfis comportamentais, foi desenvolvido um sistema informatizado que automaticamente gera as regras a partir das variáveis envolvidas na análise e de seus respectivos atributos, bem como dos dados levantados na pesquisa estruturada.

Este sistema, escrito na linguagem PROLOG, aceita qualquer número de variáveis, bem como qualquer número de atributos para cada uma destas variáveis.

Como visto, cada regra representa um processo de decisão do usuário. Associado a cada uma existe um valor percentual que descreve a frequência com que esta regra foi usada pelos usuários durante a pesquisa.

Uma vez que a base de conhecimento esteja pronta, quaisquer informações sobre esta poderão ser facilmente obtidas, com a finalidade de construir as curvas de utilização de um referido estacionamento.

A seguir é mostrada a base de conhecimentos do exemplo tratado no Capítulo 5.



```
lista_de_variaveis(["PRECO", "DISTANCIA", "MOTIVO"])  
var("PRECO", "BAIXO")  
var("PRECO", "RAZOAVEL")  
var("PRECO", "ALTO")  
var("DISTANCIA", "PEQUENA")  
var("DISTANCIA", "RAZOAVEL")  
var("DISTANCIA", "GRANDE")  
var("MOTIVO", "TRABALHO")  
var("MOTIVO", "SAUDE")  
var("MOTIVO", "COMPRAS")  
var("MOTIVO", "BANCOS")  
var("MOTIVO", "OUTROS")  
conta_ficha(276)
```

quant (277)

arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "OUTROS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 0, 0)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 7, 0.025362318841)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 2, 0.0072463768116)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 88, 0.31884057971)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 38, 0.13768115942)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 28, 0.10144927536)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 5, 0.018115942029)  
 arvore([[ "MOTIVO", "TRABALHO"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 5, 0.018115942029)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 9, 0.032608695652)  
 arvore([[ "MOTIVO", "SAUDE"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 20, 0.072463768116)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 2, 0.0072463768116)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 5, 0.018115942029)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 9, 0.032608695652)  
 arvore([[ "MOTIVO", "COMPRAS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 2, 0.0072463768116)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "RAZOAVEL"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 2, 0.0072463768116)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "GRANDE"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 1, 0.0036231884058)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "BAIXO" ]], 15, 0.054347826087)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "RAZOAVEL" ]], 16, 0.057971014493)  
 arvore([[ "MOTIVO", "BANCOS"], [ "DISTANCIA", "PEQUENA"], [ "PRECO", "ALTO" ]], 16, 0.057971014493)