

CARLOS ALBERTO FARIA

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DO
TRANSPORTE COLETIVO URBANO SOB
O PONTO DE VISTA DO USUÁRIO :
O ENFOQUE MULTIVARIADO

Tese apresentada à Escola
Politécnica da USP para a
obtenção do título de
Doutor em Engenharia

CONSULTA
FT-588

São Paulo, 1991

FT-588

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Antonio Galvão Naclério Novaes do Departamento de Transportes da EPUSP pela orientação, estímulo e confiança em mim depositada.

Ao Prof. Dr. Adolpho Walter Canton da Faculdade de Economia e Administração da USP pelo apoio recebido para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio recebido.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram na elaboração do presente trabalho.

À minha esposa e filhas
Aos meus pais e irmãos
Aos meus sogros e cunhados

RESUMO

Este trabalho apresenta um novo modelo de avaliação do Nível do Serviço de sistemas de transporte coletivo. O enfoque deste modelo está baseado na hipótese que o nível de serviço é uma medida da qualidade de operação do transporte coletivo urbano. Como qualidade é um conceito subjetivo deve, portanto, ser avaliada por métodos psicométricos.

Este modelo usa uma escala de atitude do tipo Likert no processo de entrevista dos usuários e os dados obtidos são tratados por métodos multivariados (análise fatorial, de cluster e discriminante) para gerar um indicador global que agregue todos os aspectos oriundos do sistema e segundo os diferentes padrões de qualidade dos usuários.

Para a caracterização do usuário em classes homogêneas foi empregado o critério da Associação Brasileira dos Anunciantes e da Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado (ABA/ABIPEME).

ABSTRACT

This paper presents a new model of level of service evaluation for Urban Transport's Systems. This model is based in the idea that the level of service is a measure of the Urban Transportation operation's quality. As quality is a subjective concept, it must be evaluated by psychometric methods.

This model uses a Likert's attitude scaling through user's interview and the data are analyzed with multivariate methods (factor analysis, clustering and discriminant analysis), in order to obtain a global indicator that incorporates all the aspects from the systems perceived by the different users quality pattern's.

The users characterization by homogeneous's categories is done by methods from The Brazilian Association of the Announcer and The Brazilian Association of The Institute of Market's Research.

INDICE

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INDICE	iii
LISTA DE TABELAS, FIGURAS E SIGLAS	iv
CAPITULO 1. INTRODUÇÃO	1
CAPITULO 2. NIVEL DE SERVIÇO	6
2.1 - NS Segundo Botzow	8
2.2 - NS segundo Alter	15
2.3 - NS segundo Bakker	20
2.4 - NS segundo Allen	21
2.5 - NS segundo Fitch	29
2.6 - NS segundo a R.A.T.P.	34
2.7 - Conclusões	38
CAPITULO 3. AVALIAÇÃO DO PONTO DE VISTA DO USUARIO	44
3.1 - Conceitos Gerais	44
3.2 - Sobre o ponto de vista do usuário	53
3.3 - Grupos de referência	59
3.4 - Processo de avaliação	64
CAPITULO 4. ANÁLISE FATORIAL DAS CARACTERÍSTICAS DO NS	72
4.1 - Enfoque histórico	73
4.2 - Modelo matemático	79
4.3 - Metodo das componentes principais	83
4.4 - Estimacão dos parâmetros do modelo	86
4.4.1 - estimativa das comunalidades	88
4.4.2 - rotaçãõ dos fatores	90
4.4.3 - estimativa dos escores fatoriais	92
4.5 - Interpretaçãõ geométrica dos fatores	93
4.6 - Conclusões	94
CAPITULO 5. ANÁLISE DE GRUPOS	96
5.1 - Introduçãõ	97
5.2 - Análise de conglomerados ("cluster")	97
5.3 - Análise discriminante	99
5.4 - Modelo matemático	103
5.5 - Casos especiais	106
5.6 - Funçãõ discriminante canônica	109
5.7 - Analogia com a regressãõ linear múltipla	111
5.8 - Conclusões	113
CAPITULO 6. ESTUDO DE CASO	114
6.1 - Objetivo	115
6.2 - Descrição da pesquisa de campo	115
6.3 - Processamento da pesquisa de campo	118
CAPITULO 7. CONCLUSÕES	130
BIBLIOGRAFIA	134
ANEXOS 1 A 18	140 - 158

LISTA DE TABELAS

2.1 VALORES LIMITES DE CADA CARACTERÍSTICA PARA CADA NS	13
2.2 VALORES PARA PONDERAÇÃO E LIMITES DE CADA FAIXA DO NS	13
2.3 LIMITES DO NS E COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO	19
2.4 LIMITES DO NS	20
3.1 CLASSIFICAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA - SISTEMA ABA/ABIPEME (%)	62
3.2 PROPRIEDADE DE BENS DE CONFORTO FAMILIAR	63
3.3 GRAU DE INSTRUÇÃO DO CHEFE DE FAMÍLIA	64
3.4 CLASSES SOCIAIS	64
6.1 AMOSTRA PESQUISADA	116
6.2 CARACATERÍSTICAS OPERACIONAIS DA LINHA 702 U	117
6.3 COMPOSIÇÃO DOS CLUSTERS	122
6.4 INDICADORES DO NS	126

LISTA DE FIGURAS

2.1 MODELO DE AVALIAÇÃO DO NS	16
3.1 PROCESSO DE AVALIAÇÃO	66
4.1 VARIANCIA TOTAL	81
5.1 PROBABILIDADE DE CLASSIFICAÇÃO ERRADA	108
6.1 ESCALA DE NÍVEL DE SERVIÇO PROPOSTA	128

SIGLAS

ABA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ANUNCIANTES

ABIPEME - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS INSTITUTOS DE PESQUISA DE MERCADO

NS - NÍVEL DE SERVIÇO

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um modelo de avaliação do nível de serviço (NS) do transporte coletivo urbano, sob o ponto de vista do usuário e tem por objetivo determinar um único indicador de qualidade, de caráter global, que incorpore todos os aspectos significativos do sistema.

Para efeito deste trabalho, o nível de serviço (NS) é definido como sendo uma medida da qualidade de operação de um sistema de transporte. Considerando que qualidade é um conceito subjetivo e que incorpora diferentes aspectos, o NS será dado por uma combinação de atributos do sistema que reflitam todos os processos envolvidos na produção do serviço, através de um indicador global.

Este processo de avaliação consta de duas fases, nitidamente distintas, quais sejam, na primeira fase para obtenção de dados é utilizado um método de avaliação subjetivo baseado na teoria psicométrica das escalas de atitudes, em particular, a do tipo Likert. Na segunda fase, para análise dos dados são utilizados os seguintes métodos multivariados: a análise fatorial, a análise de cluster e a análise discriminante.

Um aspecto de singular importância neste processo de avaliação é, sem dúvida, a escolha da população pesquisada. Este enfoque adotado considera a qualidade como um aspecto subjetivo, significa dizer, que existem padrões de qualidade que variam segundo os diferentes padrões sócio-econômicos da população.

Estes conceitos estão incorporados no modelo e lhe atribuem um

caráter especial pois, propicia condições para estabelecer estratégias de ação nas diferentes classes sociais.

Os capítulos seguintes descrevem todas as relações envolvidas neste processo. Os modelos matemáticos estão apresentados e as relações que podem ser estabelecidas são mostradas para caracterizar o enfoque multivariado.

O Capítulo 2 tem por objetivo descrever o tratamento atual atribuído ao tema em questão. Estão apresentados seis métodos de avaliação do Nível de Serviço (NS) em transportes coletivos urbanos e destes, apenas um se destina exclusivamente ao transporte sobre trilhos.

Verifica-se que cada método é desenvolvido segundo uma estratégia prática para a obtenção, quase direta, de um indicador de qualidade de serviço que utiliza variáveis físicas no processo. Prevalece o enfoque direto em que se utilizam os padrões conhecidos em engenharia de transportes para avaliação dos sistemas.

No final deste capítulo está apresentado o conceito multivariado que permitiu dar à este trabalho o enfoque desejado. Este enfoque tem, fundamentalmente, dois aspectos importantes. Por um lado, o sistema de transporte passa a ter um enfoque global, isto é, todo o resultado do sistema como empresa está centrado no seu serviço; por outro lado, quem está percebendo este resultado é o público consumidor (os usuários), portanto, um componente extremamente importante, neste processo.

O Capítulo 3 procura, inicialmente, concentrar esforços em

conceitos que são considerados no decorrer do processo de avaliação. As características do sistema de transporte são avaliadas por seus atributos, e as regras associadas são determinadas de acordo com o método de mensuração utilizado. Neste caso, foi utilizado um método psicométrico de mensuração, de nível ordinal, desenvolvido e aplicado a situações reais em 1985, pelo próprio autor.

Em seguida, é desenvolvido uma estratégia de enfoque da interação usuários/sistema e como isso se verifica segundo seus padrões de avaliação. Neste trabalho foram utilizados os critérios da ABA/ABIPEME (Associação Brasileira dos Anunciantes e Associação Brasileira dos Institutos de Pesquisa de Mercado) para segmentar a demanda do transporte coletivo segundo grupos homogêneos.

A avaliação foi processada segundo estes critérios e na fase de análise multivariada fez-se um estudo mais profundo sobre a homogeneidade destes grupos.

O modelo de avaliação do NS está apresentado no final deste capítulo e reúne todos os conceitos discutidos na parte inicial. Os métodos matemáticos multivariados empregados neste processo de avaliação estão descritos nos capítulos seguintes.

O Capítulo 4 faz a apresentação do modelo fatorial que foi o precursor dos métodos multivariados e que foi utilizado neste trabalho com dupla finalidade. A primeira, caso fosse possível, seria a de analisar as relações de importância das variáveis consideradas neste trabalho; e a segunda, de gerar os escores fatoriais (valores escala) para serem usados como dados de entrada

para o modelo discriminante.

No Capítulo 5 estão apresentados os métodos que foram empregados na análise de grupos, quais sejam, a análise de cluster e a análise discriminante que fazem a agregação dos indivíduos em grupos homogêneos. A análise de cluster dos indivíduos tem por objetivo agregar os indivíduos de acordo com suas similaridades, os quais, em contraposição com os grupos formados pelo critério ABA/ABIPEME determinam indivíduos similares e que pertençam ao mesmo padrão sócio-econômico. Esta análise produziu uma sensível redução na população estudada, mas, em contrapartida, melhorou significativamente os indicadores estatísticos de todo o processo. Nesta amostra reduzida fez-se a análise discriminante dos respectivos escores fatoriais para obter os escores discriminantes que são os valores de referência em uma configuração que permite melhor entendimento intuitivo.

No Capítulo 6 está apresentado um estudo de caso, de caráter ilustrativo, para mostrar a validação de todo o processo. Os resultados não devem ser extrapolados como referência para o sistema todo pois, este estudo de caso resumiu-se à avaliação de uma linha de ônibus do transporte coletivo da Cidade de São Paulo e para uma amostra de 213 indivíduos.

A metodologia adotada mostrou-se em perfeita consonância com os resultados obtidos e como fator de inserção efetiva do indivíduo no tripé do sistema, qual seja, poder concedente/empresas de transporte coletivo/usuários.

CAPITULO 2
NÍVEL DE SERVIÇO

2 - NÍVEL DE SERVIÇO

Diversos autores têm estudado o NS em sistemas de transporte urbano utilizando técnicas diferentes, sem contudo, caracterizar parâmetros comuns. Conforme será observado, cada autor dá um tratamento específico ao problema em função dos parâmetros de medição e da forma de avaliação que lhes parece mais conveniente.

De modo geral, pode-se dizer que existem duas tendências fundamentais para avaliação do NS. A primeira, avalia o NS por apenas um indicador, normalmente a taxa de ocupação por metro quadrado de área interna disponível no veículo. É o método mais empregado atualmente pelos planejadores de transporte urbano por ser de relativa simplicidade e fácil aplicação. A segunda, emprega diversos indicadores, neste caso, não existe um padrão consensual.

Por outro lado, existe um aspecto de singular importância nestes métodos, qual seja, o de empregar critérios exatos apesar de ser de conhecimento geral que existem variáveis de ordem subjetiva no processo.

A alternativa encontrada, neste caso, é dar o mesmo tipo de tratamento que se tem dado às variáveis subjetivas nos modelos comportamentais, utilizando-se métodos indiretos.

A seguir a descrever-se-á os métodos mais difundidos sobre o NS de transporte coletivo urbano e que constam das principais publicações pertinentes à área de transporte público. O objetivo de se fazer a apresentação destes métodos e caracterizar o enfoque que se pretende dar ao tema em questão e permitir um horizonte maior de

raciocínio sobre os processos de avaliação empregados. Verifica-se que não houveram avanços significativos recentes.

2.1 - NS SEGUNDO BOTZOW

BOTZOW [6], em 1974, sugere que a avaliação do transporte coletivo urbano é necessário para identificar e reparar suas deficiências de modo que possam tornar-se mais competitivos com o transporte individual (automóvel), sobretudo porque a tecnologia do automóvel tem avançado constantemente e a do transporte público tem evoluído muito lentamente.

Um sistema de avaliação de NS pode ser usado para avaliação diária e administração dos modos de transportes alternativos, ou para especificar o NS desejado de acordo com os melhoramentos planejados.

Segundo BOTZOW [6], cada modo de transporte possui um conjunto diferente de características físicas, embora todos os modos possuam características de serviço comuns. As características mais importantes de cada sistema são aquelas que os usuários percebem diretamente.

O NS é frequentemente associado com a hora-pico, entretanto, fora do pico o NS também pode ser determinado. Para efeito de análise, pode ser estimado o NS entre pontos de parada, em um mesmo itinerário e uma média ponderada pode refletir o NS do itinerário todo. Desta forma todos os sistemas de transporte coletivo podem ser comparados quanto à qualidade do serviço oferecido.

O método de avaliação proposto é baseado em medidas individuais que são combinadas para determinar um NS global. Tais medidas individuais podem ser facilmente obtidas quando se tratar de características físicas ou de serviço dos sistemas. Por outro lado, as relacionadas com aspectos subjetivos terão alguma dificuldade maior para a sua obtenção.

A seguir passaremos a apresentar as características que o método utiliza na determinação do NS:

1. tempo de viagem: é o tempo decorrido desde a origem até o destino final da viagem incluindo, portanto, os tempos de acesso/egresso, transferências e espera. É uma das características mais importantes na seleção do modo de transporte e depende diretamente da velocidade média do sistema.

2. headway (intervalo): corresponde ao intervalo de tempo entre unidades sucessivas do sistema no mesmo itinerário e sentido. É uma característica que pode desestimular os usuários em realizar suas viagens pelo transporte coletivo quando o tempo decorrido entre passagens sucessivas for excessivamente alto (maior do que 10 minutos no caso das grandes cidades brasileiras).

3. transferências: ocorrem quando o passageiro utiliza dois ou mais modos de transporte até o destino final da viagem. Toda transferência é inconveniente e normalmente, para simplificação do cálculo do tempo de viagem é comum considerar um tempo médio de 5 minutos como forma de

penalização do esforço dispendido.

4. compra de bilhetes: se automatizada representa uma conveniência ao usuário, caso contrário, a espera na compra dos bilhetes e o tempo decorrido para entrar no sistema são os maiores inconvenientes.

5. velocidade: é obtida a partir do tempo de viagem total, o qual constitui a soma dos componentes de tempo que inclui o tempo dentro do veículo, transferência, headway e o tempo gasto na compra dos bilhetes.

6. atrasos: são definidos como aumentos inesperados no tempo normal de viagem. Os atrasos, quando ocorrem, representam uma redução do NS porque a capacidade básica do sistema não está sendo utilizada na sua totalidade.

7. densidade de passageiros: é uma característica que trata essencialmente com o conforto do usuário. Às vezes, o inverso da densidade (a área ocupada por passageiro) é usado para evitar valores fracionados. A área por passageiro varia entre os extremos no trem, com assentos espaçosos e ninguém em pé, até o metrô com poucos assentos e muitos passageiros em pé. Os padrões de Fruin para passageiros em pé nos terminais serve como referencial e constituem uma aproximação bastante razoável para os veículos do transporte público.

8. aceleração/desaceleração: são as variações da velocidade no tempo. As rápidas acelerações e desacelerações

proporcionam um aumento na velocidade média do sistema em prejuízo do conforto do passageiro em pé pois, os sentados toleram mais facilmente estas variações.

9. jerk: corresponde a variação da aceleração por unidade de tempo. O seu efeito é mais perceptível nos passageiros sentados lateralmente e durante a fase final da desaceleração.

10. temperatura: existe um consenso em que as temperaturas maiores que 22.2°C e menores que 24.4°C produzem um estado de conforto térmico. Sistemas de ar condicionado ou equipamento de aquecimento devem estar disponíveis nos transportes coletivos para controlar as variações de temperatura causadas pela transmissão de calor através das paredes e os gerados pelos passageiros, luzes, o próprio motor e pelo ar externo através da ventilação.

11. ventilação: está diretamente associada com a temperatura. O ar exterior e os sistemas de ventilação devem ser utilizados para proporcionar ventilação e conforto adequados aos passageiros no interior do ônibus.

12. ruído: é definido como o ruído percebido pelos passageiros dentro da unidade de transporte. O ruído é universalmente reconhecido como uma característica indesejável de uma sistema de transporte.

13. vibração: também é uma característica indesejável e segundo o "Institute for Rapid Transit" devem ser

eliminadas durante o teste de recebimento e aceitação do equipamento. Vibrações ocasionais podem aparecer durante os testes de aceleração e jerk.

Existem deficiências na escolha e aplicação dos padrões de tolerância das características mencionadas, apesar de que BOTZOW [6] considera que uma característica de conforto tem um impacto mais significativo no usuário do que as demais, ao ponto de causar um julgamento do sistema como completamente insatisfatório.

Os níveis de conforto nos transportes coletivos são influenciados pela temperatura, densidade de passageiros, ventilação, ruído, vibração, jerk e aceleração/desaceleração. Os efeitos produzidos podem ser divididos em três níveis:

- a) limite superior psicológico cuja condição é fisicamente intolerável,
- b) limite a partir do qual o indivíduo sobrevive, mas está em situação desconfortável,
- c) condição psicológica no qual o indivíduo está confortável fisicamente, mas a situação não é agradável.

Na fixação dos níveis mínimos de conforto parece ser mais razoável a segunda condição, entretanto os níveis de conforto devem ser estabelecidos dentro dos limites de conforto psicológico. Por outro lado, pode ser conveniente, em alguns casos, incluir requisitos para características associadas como, por exemplo, o

TABELA 2.1 - VALORES LIMITES DE CADA CARACTERISTICA PARA CADA NS

NS	VELOCIDADE AJUSTADA (Km/h)	DENSIDADE PASSAGEIROS (m ² /pass)	ACELERAÇÃO	
			horiz (m ² /seg)	vert (m ² /seg)
A	> 96	> 1.2	< 0.3	< 0.5
B	56 - 96	0.9 - 1.2	0.3 - 0.6	0.5 - 0.9
C	40 - 56	0.6 - 0.9	0.6 - 0.9	0.9 - 1.4
D	24 - 40	0.3 - 0.6	0.9 - 1.1	1.4 - 1.6
E	10 - 24	0.2 - 0.3	1.1 - 1.2	1.6 - 1.8
F	0 - 10	< 0.2	> 1.2	> 1.8

JERK (m/seg ³)	ATRASSO (min)	TEMPERATURA (°C)	VENTILAÇÃO (m ³ /min/pass)	RUIDO dB
< 0.3	0	22.2 - 24.4	> 0.9	< 60
0.3 - 0.6	0 - 1	20.0 - 25.5	0.8 - 0.9	60 - 75
0.6 - 0.9	1 - 2	17.8 - 26.7	0.7 - 0.8	75 - 85
0.9 - 1.4	2 - 4	14.4 - 28.9	0.5 - 0.7	85 - 90
1.4 - 1.8	4 - 8	10.0 - 32.2	0.4 - 0.5	90 - 95
> 1.8	> 8	<10.0 >32.2	< 0.4	> 95

TABELA 2.2 - VALORES PARA PONDERAÇÃO E LIMITES DE CADA FAIXA DO NS

COEF. DE PONDERAÇÃO	A	B	C	D	E	F
VELOC AJUSTADA	30	24	18	12	6	0
ATRASSO	10	8	6	4	2	0
DENSIDADE	25	20	15	10	5	0
ACELERAÇÃO E JERK	10	8	6	4	2	0
TEMPERATURA	15	12	9	6	3	0
VENTILAÇÃO	5	4	3	2	1	0
RUIDO	5	4	3	2	1	0
TOTAL	100	80	60	40	20	0
LIMITES PARA CADA FAIXA DO NS	100 90	90 70	70 50	50 30	30 10	10 0

controle da umidade do ar.

Os limites das características para cada faixa do NS estão apresentados nas Tabelas 2.1 e 2.2, e são fixados segundo especificações técnicas. O NS global é obtido pela aplicação de coeficientes de ponderação às características segundo os valores observados na operação do sistema e que são consistentes com o conceito do NS. Conforme pode ser visto, nem todos os atributos são igualmente importantes, e é de grande dificuldade a determinação de suas importancias relativas.

Um sistema pode oferecer um nível global de serviço mais alto ou mais baixo do que o NS indicado por uma única característica. Em um mesmo itinerário, um sistema pode apresentar diferentes NS.

O próprio autor do trabalho considera os padrões indicados para as variáveis como sendo uma consequência dos dados disponíveis e que não foram obtidos exclusivamente com o propósito deste estudo. O método proposto, no caso do processo de ponderação, foi resultado da falta de dados. Não obstante, apesar destes inconvenientes terem ocorrido, verificou-se que o NS global obtido produziu resultados consistentes com o conceito proposto de NS.

Os padrões uniformes permitem medir um novo serviço, rápida e facilmente, de forma que este serviço possa ser comparado com os outros existentes, ao longo de rotas estabelecidas, ou mesmo em locais cujo serviço é péssimo.

Este método exige um monitoramento eficaz do sistema, pois a

determinação do NS é realizada por um método exclusivamente matemático cujas variáveis devem ser obtidas por medição ou determinação no próprio sistema. Isto requer um sistema de transporte urbano com um certo nível de sofisticação, o que não é adequado com a nossa realidade.

2.2 - NS SEGUNDO ALTER

Na mesma linha sugerida por Botzow [6], ALTER [2], em 1976, considera que um sistema de transporte deve ser avaliado segundo quatro níveis: de custo, dos impactos produzidos, das quantidades e da qualidade. Estes quatro níveis constituem os elementos primários de serviço.

Os custos do serviço são de grande importância para os usuários do serviço quanto ao poder concedente que regulamenta e controla o NS que é ofertado, procurando atender às necessidades básicas dos usuários. A quantidade de serviço produzida, tanto quanto o impacto, podem ser quantificados e devem ser partes integrantes de um processo de avaliação subjetivo. Por outro lado, a qualidade de serviço tem grande dificuldade em ser determinada sobretudo, porque não existem padrões ou critérios de medição que sejam amplamente aceitos.

Existe, também, o problema da avaliação qualitativa e sua integração com os aspectos quantitativos. O modelo da Figura 2.1 a seguir proporciona este tipo de interrelação.

As medidas de qualidade em transporte público podem ser

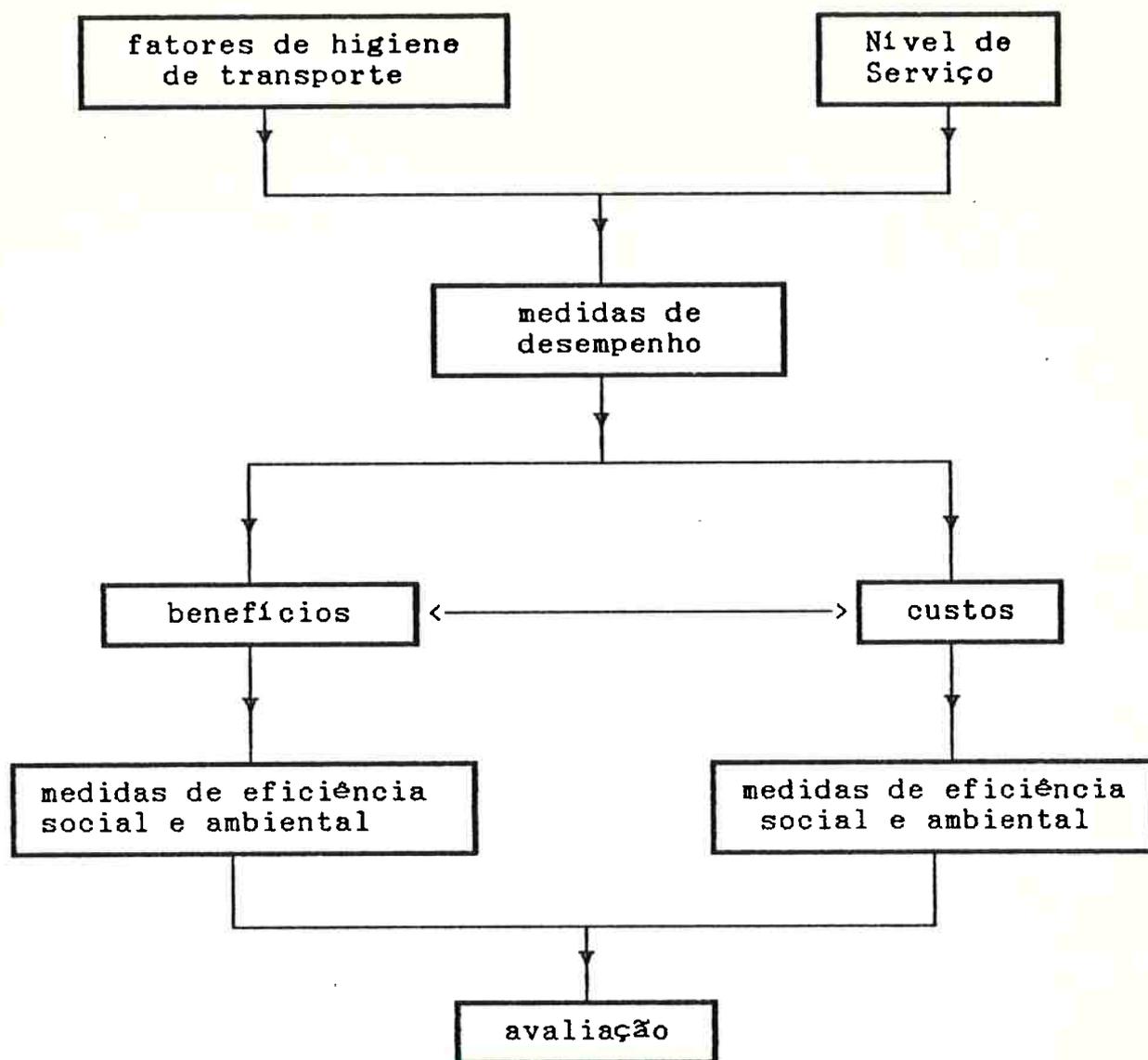


FIGURA 2.1 - MODELO DE AVALIAÇÃO DO NS

classificadas em duas categorias: fatores de higiene em transportes e indicadores do NS. Em particular, este método que utiliza os indicadores do NS parecem ser mais práticos e objetivos.

Se a teoria dos fatores de higiene de motivação ao trabalho fosse estendida à operação de transporte, existirão certos atributos que darão satisfação durante a realização da viagem e na falta de tais atributos pode ocorrer um desestímulo de não

realização da viagem. Isto não significa, porém, uma mudança quanto ao modo de realizar a viagem.

A teoria dos fatores de higiene em transportes tem importância substancial na explicação de sistemas, nos quais, os fatores de higiene são qualidades subjetivas e necessárias, embora, nunca sejam totalmente satisfeitas.

Este método de determinação do NS tem uma concepção muito similar aos métodos empregados em engenharia de tráfego e de movimentação de pedestres. Ele se baseia na determinação de seis indicadores:

1. tempo de acesso/egresso ao transporte coletivo: definido como o tempo necessário para se chegar ao transporte coletivo no início da viagem e do transporte coletivo até o destino final da viagem. É necessário determinar a acessibilidade básica do sistema (indicador 1), conseqüentemente, o tempo de acesso/egresso (indicador 1A) seria um indicador da acessibilidade relativa.

2. tempo de viagem: (indicador 2) dado pela relação entre os tempos de viagem no transporte coletivo e o do automóvel particular.

3. confiabilidade no transporte coletivo: dado pela variação da frequência de serviço em relação ao valor programado (indicador 3). Quanto maior a frequência do serviço, menos importância existe no cumprimento dos

horários. Por outro lado, quanto menor a frequência, maior importância tem a confiabilidade no sistema.

4. ausência de transferências: este indicador se deve ao fato que as pessoas não gostam de realizar transferências. A viagem se torna mais agradável se for realizada por um único modo de transporte. As transferências representam uma penalização no tempo total da viagem (indicador 4).

5. frequência de serviço: (indicador 5) a princípio a frequência é função da demanda que por sua vez está relacionada com a densidade de passageiros em cada viagem.

6. densidade de passageiros: (indicador 6) a princípio a situação desejada pelos passageiros é sempre ter um assento individual disponível. Este indicador é importante no aspecto de criar satisfação ou insatisfação no passageiro, caso seja baixa ou elevada a densidade no interior do veículo.

Após a determinação destes seis indicadores é realizada uma agregação dos mesmos, utilizando-se uma escala de cinco pontos, e cada indicador é ponderado segundo valores que podem ser baseados em técnicas exploratórias de pesquisas. Os valores sugeridos por ALTER [2] estão mostrados na Tabela 2.3.

Cada comunidade deve desenvolver suas próprias faixas de variação dos indicadores baseados em técnicas exploratórias de

pesquisa no sistema existente.

TABELA 2.3 LIMITES DO NS E COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

NS	PONTOS	INDICADOR	COEF. PONDERAÇÃO
A	5	1A	2
B	4	2	3
C	3	3	2
D	2	4	2
E	1	5	1
F	0	6	1

O NS global é obtido multiplicando o número de pontos do NS de cada indicador pelo respectivo coeficiente de ponderação. O número de pontos acumulados é dividido pela somatória dos coeficientes de ponderação. Este valor obtido é posicionado na escala de cinco pontos, fornecendo o NS global do sistema.

Neste método existem duas classes de combinações de fatores e que podem ser diretamente controlados pelos órgãos que monitoram os sistemas de transportes urbano local, quais sejam, os fatores de higiene e os indicadores do NS.

Destes, apenas os indicadores de NS podem motivar potencialmente os usuários de transporte coletivo. Os fatores de higiene causam efeito contrário.

O modelo contém valores subjetivos, no entanto, isto representa, apenas, um ponto de partida para discussão e refinamento posterior. Não obstante, é conveniente lembrar que a maioria dos padrões aceitos começa com conceitos subjetivos e qualquer método de avaliação a ser desenvolvido deverá conter estes conceitos.

2.3 - NS SEGUNDO BAKKER

BAKKER [4], em 1976, partiu do princípio de que os conceitos de capacidade e capacidade máxima são utilizados diferentemente em rodovias e transporte coletivo, portanto, a palavra capacidade pode causar interpretação errônea e o conceito do NS elimina este tipo de inconveniente.

Considerando que na maioria das cidades o transporte público compete com o automóvel, BAKKER [4] sugere usar como indicador de NS um indicador relacionado com o número de assentos. Os valores sugeridos são arbitrários, conforme pode-se ver na Tabela 2.4.

Este método pressupõe que a situação ideal é que cada passageiro tenha um espaço disponível correspondente a um assento duplo (nível A); o nível C é freqüentemente adotado para projeto e, neste caso, todo passageiro deverá ter um assento disponível; o nível D, às vezes, é utilizado como padrão máximo nos transportes coletivos; e o nível E é indesejável. O serviço ofertado é, então, dependente de 3 fatores: da freqüência de serviço, da demanda e da tecnologia disponível.

TABELA 2.4 - LIMITES DO NS

NS	FATOR DE CARGA
A	$0.50 \times (\text{número de assentos})$
B	$0.75 \times (\text{número de assentos})$
C	$1.00 \times (\text{número de assentos})$
D	$1.50 \times (\text{número de assentos})$
E	$2.00 \times (\text{número de assentos}) + 6.25 \text{ passag/m}^2$

A escolha da tecnologia é função direta da produtividade do

trabalho, dos equipamentos disponíveis e da infraestrutura.

Apesar da simplicidade do modelo apresentado, BAKKER [4] julga ser conveniente corrigir o NS obtido por interferência de outros fatores, tal como empregado no "Highway Capacity Manual". Entretanto, estes fatores não são, sequer, mencionados e isto é sugerido que isto seja estudado em um nível de profundidade maior.

Este método, se assim pode ser classificado, procura estabelecer um indicador baseado na comparação da competição com o transporte particular. Isto não significa, que um passageiro sentado esteja viajando em um sistema com um NS adequado.

2.4 - NS SEGUNDO ALLEN

Raramente a avaliação do serviço tem sido o tópico principal dos estudos de transporte, e sim, parte de um estudo maior. O NS já foi definido por atributos como a velocidade, tempo de viagem, headway, taxa de ocupação e envoltórias de especificação do serviço. Para se discutir o NS e seu modo de avaliação não se pode esquecer a parte mais interessada neste processo, qual seja, o usuário.

Segundo ALLEN [1], em 1976, a avaliação do serviço ofertado pode gerar um grande tratamento de informações úteis na formulação de políticas comunitárias. Pode ser citada aqui, como exemplo, a política de subsídio, que se divide em três categorias: para incentivo, de manutenção e de inovação.

Neste momento, é oportuno separar alguns aspectos do conceito

teórico de avaliação em termos de objetivos. Existem níveis de avaliação que devem ser considerados segundo sua complexidade e são os seguintes:

Nível 0: um julgamento intuitivo dos atributos do sistema por uma ou mais pessoas qualificadas.

Nível 1: uma relação de atributos do sistema a serem observados, que são considerados significantes pelas pessoas envolvidas.

Nível 2: uma relação de atributos do sistema mais as medidas de desempenho correspondentes (as medidas de desempenho são características medidas fisicamente e que determinam o desempenho do sistema quanto a cada um dos atributos).

Nível 3: um sistema para fixação dos limites de variação dos atributos, respeitando aqueles valores que são aceitáveis e desprezando aquelas que são nitidamente indesejáveis.

Nível 4: uma lista dos atributos de acordo com suas importâncias (um sistema de prioridades).

Nível 5: um processo global de avaliação independente dos diferentes atributos, determinando um conjunto de coeficientes de ponderação, que mostra a importância relativa dos atributos. Portanto o valor global é dado pela soma ponderada dos valores

de cada atributo.

O nível 2 envolve a enumeração dos atributos e suas correspondentes medidas de desempenho que caracterizam com o NS do transporte coletivo. A consideração mais importante neste processo é que estas medidas reflitam os objetivos do transporte de massa e da comunidade.

Para efeito de avaliação, ALLEN [1] dividiu o NS do transporte coletivo em três grandes componentes: o quantitativo, o qualitativo e a relação custo/receita.

O aspecto quantitativo descreve o nível de oferta do transporte coletivo e sua relação com a demanda. O aspecto qualitativo trata de questões abstratas, isto é, de quanto o serviço é bom. A distinção entre os aspectos quantitativos e qualitativos é importante porque mais ou menos oferta não implica necessariamente em melhor ou pior serviço. E finalmente, a relação custo/receita deve ser considerada, porque trata com fatores econômicos que são dependentes da qualidade e da quantidade de serviço oferecido e portanto, deve ser avaliada separadamente. Estes indicadores estão apresentados a seguir:

1. indicadores de quantidade do serviço

1.a) relacionados com o usuário

		método de medida
- itinerários		
densidade do itinerário =	$\frac{\text{comprimento linear do itinerário}}{\text{área servida em km}^2}$	A,B
distribuição do itinerário =	$\frac{\text{veículos} \times \text{km}}{\text{população da área servida}}$	A,B

$$\text{utilização do veículo} = \frac{\text{veículo km (ou hora) dia}}{\text{número de veículos programados}} \quad \text{A,B}$$

$$\text{área coberta do itinerário} = \frac{0.4 \text{ km} \times \left[\begin{array}{c} \text{comprimento linear} \\ \text{do itinerário} \end{array} \right]}{\text{área servida em km}^2} \quad \text{A,B}$$

$$\text{população coberta pelo itinerário} = \frac{0.4 \text{ km} \times \left[\begin{array}{c} \text{comprimento linear} \\ \text{do itinerário} \end{array} \right]}{\text{população}} \quad \text{A,B}$$

- frequência

$$\text{headway} = \text{tempo médio entre ônibus sucessivos (minutos)} \quad \text{A}$$

- capacidade

$$\text{capacidade do veículo em assentos} = \frac{\text{população}}{\text{assentos totais no transporte coletivo}} \quad \text{A,B}$$

$$\text{capacidade do itinerário} = \frac{\text{número max de passageiros}}{\text{hora}} \quad \text{A}$$

1.b) não relacionados com o usuário

$$\text{congestionamento do itinerário} = \frac{\text{número máximo de ônibus na via}}{\text{hora}} \quad \text{A,C}$$

2. indicadores de qualidade do serviço

2.a) relacionados com o usuário

- velocidade

$$\text{velocidade} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} \quad \text{A}$$

$$\text{taxa de velocidade} = \frac{\text{velocidade média do transp. coletivo}}{\text{velocidade média do automóvel}} \quad \text{A,C}$$

- confiabilidade

$$\text{desempenho no tempo} = \left[\begin{array}{c} \text{porcentagem de ônibus com} \\ \text{1 minuto antes até 4 minutos} \\ \text{após o horário programado} \end{array} \right] \quad \text{C}$$

- conforto

nível de ruído interior = dbA médio dentro do veículo C,D

fator de carga = $\frac{\text{número máximo de passageiros}}{\text{total de assentos}}$ A,C

medido sobre cada itinerário até o máximo carregamento

area de piso = $\frac{\text{área do piso}}{\text{número de passageiro}}$ A,C,D

medido sobre cada itinerário no ponto de mínimo carregamento

[porcentagem da frota com ar condicionado] = $\frac{\text{número de ônibus com ar condicionado}}{\text{número total de ônibus}}$ A

jerk = $\frac{\left[\text{variação da velocidade na unidade de tempo} \right]}{\text{unidade de tempo}}$ C,D

- conveniência

taxa de não transferência = $\frac{\left[\text{número de passageiros com transferências} \right]}{\text{número total de passageiros}}$ A

horas de serviço = horas diárias de operação A

espaçamento dos pontos de parada = distância média entre paradas C

altura do degrau = altura média do degrau meio fio/veículo C

[qualidade da zona de embarque] = [medida subjetiva de adequabilidade dos pontos de parada (por ex. iluminação, proteção contra às intempéries, etc.)] A,C,E

- segurança

acidentes e crimes = $\frac{\left[\text{número de ocorrências de acidentes e crimes no transporte coletivo} \right]}{\text{milhão de veículo x km}}$ A

- serviços especiais e inovações

$$\text{serviço de informação} = \left[\begin{array}{l} \text{medida subjetiva de comunicação entre} \\ \text{a empresa de transporte coletivo e os} \\ \text{usuários (por ex. informações por telefone)} \end{array} \right] \text{A,C,E}$$

medidas subjetivas de implementação de conceitos novos para beneficiar o transporte coletivo relacionado com a comunidade (por ex. tratamento preferencial para os ônibus nas vias urbanas, etc.) A,E

2.b) não relacionados com o usuário

- eficiência do sistema

$$\text{utilização do equipamento} = \frac{\text{veículo/hora programado}}{\text{veículo/hora disponível}} \quad \text{A}$$

$$\text{fator de pico} = \frac{\text{número de ônibus programado na HP}}{\text{número de ônibus na hora média}} \quad \text{A}$$

$$\text{eficiência energética} = \frac{\text{passageiros} \times \text{km}}{\text{combustível consumido}} \quad \text{A,C}$$

- poluição

$$\text{do ar} = \frac{\text{gramas de poluentes/ HP hora}}{\text{número de Ringlemann}} \quad \text{C}$$

$$\text{sonora} = \left[\begin{array}{l} \text{dbA médio fora do veículo medido} \\ \text{a 7.8 ou 15.6 m do veículo} \end{array} \right] \quad \text{C}$$

- demanda

$$\text{divisão modal para viagens ao trabalho} = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{viagens ao trabalho no} \\ \text{transporte coletivo} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \text{número total das} \\ \text{viagens ao trabalho} \end{array} \right]} \quad \text{A,B}$$

$$\text{utilização do serviço} = \frac{\text{número de passageiros ano}}{\text{população}} \quad \text{A,B}$$

$$\text{densidade de passageiros} = \frac{\text{número de passageiros ano}}{\text{área em km}^2} \quad \text{A,C}$$

$$\text{densidade de utilização} = \frac{\text{passageiros} \times \text{km}}{\left[\begin{array}{c} \text{comprimento linear} \\ \text{do itinerário} \end{array} \right]} \quad \text{A,C}$$

$$\text{ocupação do veículo} = \left[\begin{array}{c} \text{número médio de passageiros} \\ \text{ou veículo por hora} \end{array} \right] \quad \text{A,C}$$

$$\text{rotatividade dos assentos} = \frac{\text{número de passageiros ano}}{\text{assentos km por ano}} \quad \text{A,C}$$

$$\left[\begin{array}{c} \text{coincidência dos} \\ \text{desejos de viagens} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{medida subjetiva de quão bem as} \\ \text{linhas de ônibus coincidem com as} \\ \text{linhas de desejo de viagens} \end{array} \right] \quad \text{A,B,E}$$

- produtividade

$$\text{produtividade} = \frac{\text{número de passageiros ano}}{\text{total de empregados}} \quad \text{A}$$

3. indicadores de custo/receita

3.a) relacionados com o usuário

- tarifa

$$\text{tarifa básica} = \text{tarifa normal do transporte coletivo} \quad \text{A}$$

3.b) não relacionados com o usuário

- economia de operação

$$\text{taxa de operação} = \frac{\text{custo de operação}}{\text{receita de operação}} \quad \text{A}$$

$$\text{economicidade dos itinerários} = \frac{\text{custo (receita) de operação}}{\text{veículo} \times \text{km}} \quad \text{A}$$

$$\text{custos de manutenção} = \frac{\text{gastos em manutenção}}{\text{veículos} \times \text{km}} \quad \text{A}$$

$$\text{tarifa média} = \frac{\left[\begin{array}{c} \text{receita devido aos passageiros} \\ \text{(ou custo de operação)} \end{array} \right]}{\text{passageiros total}} \quad \text{A}$$

Os métodos de medidas empregados são os seguintes:

- A - medidas diretamente pelo poder concedente;
- B - obtidas por órgãos de planejamento;
- C - medidas de campo por pesquisadores treinados;
- D - dados fornecidos pelos fabricantes dos veículos;
- E - medida subjetiva realizada por órgão especializado.

As características de serviço recomendadas por ALLEN [1] para avaliação do serviço foram selecionadas com base nas suas contribuições quanto aos indicadores de desempenho. No entanto, não significa dizer que constituem uma lista completa, apesar de que, tem-se certeza que influenciam o NS do sistema.

Algumas características podem ser consideradas parcial ou totalmente irrelevantes em certas situações e algumas relações entre as várias categorias podem dar diferentes perspectivas ao mesmo atributo. A desagregação destas características conforme pode ser observado na respectiva bibliografia deve ser considerada segundo dois aspectos.

Por um lado, todos os pontos de vista relacionados com o sistema devem ser considerados, por isso é que ALLEN [1] divide a análise em dois grupos: usuários e não usuários. Além do mais são utilizados dados levantados pelo poder concedente, por órgãos de planejamento municipal, observador em campo, pelos fabricantes dos equipamentos do sistema e pelo próprio usuário. Por outro lado, as

variáveis devem ser desagregadas por áreas homogêneas na estrutura urbana.

Algumas destas características podem estar parcial ou totalmente fora de controle das autoridades locais, apesar de que foi definido uma estrutura de variáveis de modo a minimizar estes efeitos.

A obtenção dos dados é um grande problema devido ao volume de informações necessárias e, sobretudo ser fundamental que todos os operadores de transporte sendo monitorado, utilizam os mesmos métodos e expressem, também, resultados semelhantes.

2.5 NS SEGUNDO FITCH

Em 1980, FITCH [16], definiu o NS como uma expressão da qualidade de um sistema de transporte, isto é, dos atributos que fazem um sistema ser melhor ou pior do que outro do ponto de vista dos usuários do sistema.

O conceito de qualidade requer indicadores qualitativos do NS para descrição e aplicação analítica. Qualidade tem diferentes aspectos a serem considerados, portanto, o NS é uma combinação de elementos que precisam de indicadores de quantidades e que variam segundo diferentes aspectos dos diversos serviços de transporte.

O NS proporcionado deve ser adequado às necessidades e condições da comunidade na qual o sistema de transporte está inserido, mas também, envolve comparações entre o NS de sistemas de diferentes cidades. Os aspectos de qualidade que fazem um sistema ser mais

atrativo do que outro são os seguintes:

1. acessibilidade física: é um indicador medido pela distância aos pontos de parada da origem e do destino das viagens.

2. freqüência de serviço: é dada pelo número de unidades de serviço por unidade de tempo.

3. confiabilidade no serviço: para o usuário, resume-se em chegar ao destino no tempo programado.

4. velocidade dos veículos: é dado pela relação entre o espaço percorrido e o tempo. Depende de diversos fatores internos e externos ao sistema.

5. transferências: ocorre quando não é possível realizar uma viagem direta. É sempre considerada inconveniente e pode ser evitada pelo planejamento dos itinerários para acomodar tanto quanto possível os desejos de viagens na forma direta.

6. disponibilidade de assento e ausência de aglomeração: é dado pela probabilidade de obter um assento após decorrido um dado tempo de embarque; e pela ausência de condições de aperto no interior do veículo.

7. amenidades no veículo e nos pontos de parada: inclui uma diversidade de fatores, tais como, limpeza, facilidades de embarque, proteção contra às intempéries e outros.

8. suavidade da viagem: depende, sobretudo, das condições do pavimento, da qualidade do veículo, da manutenção e habilidade do operador em dirigir o veículo sem causar grandes solavancos.

9. segurança física: dada pela baixa probabilidade de acidentes e de assaltos.

Na falta de um índice global que sintetize todos estes aspectos, vários indicadores foram analisados e podem ser usados individualmente ou em conjunto para medir os vários aspectos do NS que permitem estabelecer comparações razoáveis de qualidade. Desta forma, FITCH [15] relacionou 14 indicadores divididos em quatro categorias:

1. indicadores relacionados com a oferta: normalmente relacionados com a capacidade do sistema.

$$\text{densidade dos itinerários} = \frac{\text{somatória dos comprimentos dos itinerários}}{\text{área total urbanizada}}$$

$$\text{densidade ponderada pela população} = \frac{\sum (\text{densidade do itinerário}_i) \times (\text{população}_i)}{\text{população total}}$$

proximidade dos pontos de parada: dada pelo percentual das viagens com destino potencial a uma distância fixada do ponto de parada.

proximidade dos pontos de parada combinados com a densidade dos itinerários ponderados pela população:

$$\left(\text{densidade ponderada pela população} \right)^a \times \left(\text{proximidade dos pontos de parada} \right)^{(1-a)}$$

$$\text{velocidade operacional} = \frac{\text{quilometragem percorrida}}{\text{tempo gasto}}$$

$$\text{frequência de serviço} = \frac{\text{quilometragem da unidade de serviço}}{\text{tempo gasto}} \times \frac{\text{quilometragem do itinerário}}{\text{quilometragem da unidade de serviço}}$$

frequência de serviço relacionado com a população e a densidade da área:

$$\frac{\sum \left[\begin{array}{l} \text{quilometragem} \\ \text{da unidade de ser-} \\ \text{viço por unidade} \\ \text{de área}_i \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{popu-} \\ \text{lação} \end{array} \right]_i \times \left[\begin{array}{l} \text{densidade} \\ \text{populacional} \\ \text{da área}_i \end{array} \right]^{-0.5}}{\sum \left[\begin{array}{l} \text{densidade popula-} \\ \text{cional da área}_i \end{array} \right] \times (\text{população})_i^{-0.5}}$$

2. indicadores relacionados com o tempo de viagem: baseados na percepção do tempo gasto para realizar várias etapas da viagem.

$$\text{velocidade generalizada} = \frac{\text{distância média de viagem}}{\left[\begin{array}{l} \text{tempo generalizado} \\ \text{médio por viagem} \end{array} \right]}$$

$$\text{custo generalizado por passageiro km} = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{tempo genera-} \\ \text{lizado médio} \\ \text{por viagem} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{valor uni-} \\ \text{tário do tem-} \\ \text{po generalizado} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{ta-} \\ \text{rifa} \end{array} \right]}{\text{distância média da viagem}}$$

$$\text{taxa de com-} \\ \text{petição c/} \\ \text{todos os modos} = \frac{\text{velocidade generalizada média do transp coletivo}}{\text{velocidade generalizada média de todos os modos}}$$

$$\text{taxa de} \\ \text{competição} \\ \text{c/ automóvel} = \frac{\text{veloc generalizada média do transp coletivo}}{\text{veloc generalizada média do automóvel}}$$

3. indicadores relacionados com a demanda: refletem a qualidade global do serviço em termos da demanda atual e potencial.

$$\text{elasticidade da demanda} = \frac{\text{aumento relativo em passxkm}}{\text{aumento relativo na velocidade generalizada}}$$

$$\text{relação demanda atual/potencial} = \frac{\left[\text{demanda atual (em passxkm) com a} \right. \\ \left. \text{velocidade generalizada existente} \right]}{\left[\text{demanda potencial (em passxkm) com a} \right. \\ \left. \text{velocidade generalizada especificada} \right]}$$

4. indicadores combinados: são escolhidos entre os anteriores pois, nenhum dos indicadores citados representam completamente o NS.

$$\text{relação benefício/custo} = \frac{\text{benefícios devido às variações no serviço}}{\left[\text{custos econômicos devido às} \right. \\ \left. \text{variações no serviço} \right]}$$

Outros indicadores podem ser acrescentados aos que foram sugeridos, entretanto, outra possibilidade é que a agregação dos dados pode levar ao uso de combinações de indicadores mais simples que não requeira grandes trabalhos por vários criterios.

O aspecto fundamental é que cada municipalidade deve proporcionar um nível de serviço de transporte que seja mais adequado à suas condições e necessidades. A determinação do nível adequado à cada comunidade deve levar em conta uma variedade de considerações políticas e econômicas.

No aspecto econômico, existem implicações no uso de recursos públicos para atingir objetivos específicos de transporte e com preferência absoluta para situações que proporcionarão margens maiores de benefícios sociais. No político, admite-se toda comunidade deve ter transporte urbano acessível, com frequência regular e confortável.

De modo geral, um bom serviço de transporte urbano beneficia não somente os passageiros, mas sim, toda a comunidade. O planejamento de transporte público pode contribuir mais efetivamente com o desenvolvimento urbano, quando outros aspectos de desenvolvimento relacionados com a comunidade forem, também, considerados por ocasião da elaboração do plano diretor da cidade.

2.6 NS SEGUNDO A R.A.T.P.

ESSIG [11], em 1984, publicou um artigo em que considera as técnicas de avaliação do NS muito problemáticas, a nível técnico, pois pensa que todo aperfeiçoamento tecnológico conduz a mudanças que acabam por perturbar a própria avaliação sobre um período suficientemente grande.

Este método analisa a evolução do sistema de avaliação da Régie Autonome des Transports Parisiens (R.A.T.P.), cuja experiência adquirida durante os vários anos de operação procurou acompanhar o avanço industrial do setor que se reflete em sistemas cada vez mais complexos.

A obrigatoriedade do transporte coletivo urbano em estar disponível aos usuários na maior parte do tempo impõe duas características no NS que são disponibilidade e continuidade.

Estas características impõem necessidades ao transporte coletivo de estar disponível ao usuário a todo instante do dia e ao longo do ano todo. Dada essa complexidade do processo, o NS é determinado em função de um indicador denominado de qualidade do serviço (QS) e

paralelamente a este índice, o material rodante como os serviços de manutenção são apreciados segundo um índice de confiabilidade.

$$QS = e^{\left(\frac{-at}{T}\right)} \times e^{\left(\frac{-br}{D}\right)} \quad \dots\dots \text{EQUAÇÃO 2.1}$$

- onde:
- QS é a qualidade do serviço;
 - a, b são coeficientes experimentais de ponderação (1.5 e 8 respectivamente);
 - t, T é o tempo de operação perdido e previsto;
 - D é o tempo de operação diário
 - r é a somatória dos atrasos ponderados. Neste caso são considerados os seguintes atrasos:

estacionamento x 1: são as paradas maiores que 1 minuto

"haut le pied" x 2: são os atrasos devido ao tempo gasto na caminhada de evacuação dos usuários

perigo x 4: são os atrasos devido a problemas com o material rodante

Este indicador é decomposto em quatro níveis de qualidade, os quais variam de 0 a 1 e de certa forma se sobrepõem uns aos outros. Estes níveis são os seguintes:

QS-4: limitado aos efeitos cujas causas são imputáveis ao serviço do material rodante.

QS-3: limitado aos efeitos cujas causas são imputáveis à empresa operadora com exceção das greves.

QS-2: idem ao anterior, incluindo as greves.

QS-1: sem limitação de causa e inclui também às imputáveis a

terceiros (suicídios, etc.). Esta é a qualidade de serviço percebida pelos usuários.

Por outro lado, os equipamentos ou sistemas são avaliados segundo um índice de confiabilidade. Este índice é determinado em função do tempo médio entre falhas (MTBF - medium time between failure) para um dado período de vida.

$$F = e^{\left[\frac{-t}{\text{MTBF}} \right]} \quad \dots\dots \text{EQUAÇÃO 2.2}$$

onde: F é o índice de confiabilidade;
t é o tempo médio de funcionamento diário do trem;
MTBF é o medium time between failure

Para efeito de análise, os equipamentos são divididos em 2 grupos:

- equipamentos que concorrem diretamente com a circulação dos trens: são constituídos pelos equipamentos do piloto automático e da sinalização.
- equipamentos das estações que atendem os passageiros: são compostos pelas escadas rodantes e aparelhos de magnéticos de cancelamento de bilhetes.

A confiabilidade dos equipamentos que influenciam diretamente a circulação dos trens é medido, por um índice parcial derivado do indicador - QS. Os equipamentos da estação que compõem parte do NS ofertado são avaliados através da taxa de indisponibilidade (Equação 2.3) obtida pela relação entre o tempo real de não

funcionamento e o tempo teórico de funcionamento, expresso em porcentagem.

$$TI = \frac{\text{tempo real de não funcionamento}}{\text{tempo teórico de funcionamento}} \times 100$$

..... EQUAÇÃO 2.3

onde: TI é taxa de indisponibilidade.

Segundo os padrões técnicos da R.A.T.P., o objetivo é atingir durante a operação um indicador de qualidade de serviço (QS) maior que 96% e uma taxa de indisponibilidade (TI) menor que 1.2%.

A qualidade do serviço é o centro dos problemas de gestão e cujos fatores internos de qualidade são variáveis extremamente complexas e de difícil controle.

É comum dizer que a gestão é o grande responsável por todos os problemas existentes na operação, entretanto, é interessante lembrar que a qualidade do serviço pode ser enfocada como uma variável estratégica global de competitividade dos sistemas de transportes.

Este pensamento produziu uma modificação profunda no sistema de produção industrial. Se por um lado, produziu um desenvolvimento tecnológico mais acelerado, por outro, resultou em um controle mais rigoroso que privilegia o aspecto comercial e a concepção, centrando sua eficácia na interação de funções e no gerenciamento para a prevenção de defeitos.

Esta prática de qualidade custa caro, entretanto, seguindo o exemplo Japonês, é possível reduzir custos sem perda de qualidade, às custas de trabalho conjunto, de modo que todo trabalhador da

empresa deve estar mobilizado para este fim.

Este conceito de qualidade praticado pela R.A.T.P. está um nível adiante daquele que se imagina para a realidade do transporte coletivo por ônibus, pois o avanço tecnológico dos sistemas sobre trilhos é mais real e tem a grande vantagem de operar em vias que não sofrem outros tipos de interferências.

O sistema pode funcionar de um modo mais automático, cujos controles de manutenção e esquemas operacionais são, sem dúvida, mais eficazes.

2.7 - CONCLUSÕES

É possível imaginar a complexidade em avaliar-se o NS de um sistema de transporte coletivo, sobretudo, pelas incertezas verificadas nos métodos apresentados. Verifica-se que não existe um consenso sobre o método de avaliação a ser empregado e sobretudo, quanto as variáveis a serem utilizadas.

Isto não significa dizer que o assunto seja tratado de maneira irresponsável. Os pesquisadores, até então, tinham seus interesses voltados mais propriamente para o aspecto físico do sistema, em detrimento de suas interações com o ser humano.

Todos os métodos apresentados atribui ao NS um enfoque físico e quantitativo, utilizando-se de um conjunto de indicadores que individualmente não permitem conclusões muito objetivas. Falta um critério de ponderação para eles.

O método apresentado por BOTZOW [6] parece ser mais abrangente que os demais, sobretudo, porque considera atributos de conforto do passageiro. Entretanto, não fica claro os meios empregados na obtenção dos coeficientes de ponderação destes atributos para determinação do indicador global.

O método apresentado por ALTER [2] é menos abrangente com respeito aos atributos considerados e faz uso de coeficientes de ponderação na mesma linha proposta por BOTZOW [6].

Entre os métodos apresentados, sem dúvida, o de BAKKER [4] é o mais simples. Este método dá um tratamento matemático muito superficial e considera apenas um atributo no cálculo do indicador do NS. Este indicador, pela sua própria natureza, fica exposto a críticas devido a não consideração de outros atributos, também, de grande importância no sistema de transporte.

O método apresentado por ALLEN [1] é um pouco mais complexo porque considera níveis diferentes de avaliação e envolve vários setores da administração urbana e fabricantes dos equipamentos na fase de coleta de dados. Entretanto, não deixa claro a forma de interpretar os diferentes indicadores obtidos.

O método apresentado por FITCH [16] recai no mesmo problema do método anterior, determina vários indicadores e não mostra nenhuma forma de interpretação destes valores, deixando a critério de cada um.

O método desenvolvido pela R.A.T.P. é específico para transporte sobre trilhos e, o objetivo é obter um indicador que reflita o

nível de funcionamento do sistema. Neste caso, a qualidade do serviço é confundida com o nível de utilização do sistema.

O tema em questão, é por demais importante, quando se trata de planejamento e operação de transporte urbano. Os engenheiros de transportes procuram sempre colocar o assunto em pauta, no entanto, cada qual o valoriza da forma como lhe parece mais conveniente. Aliás, é algo semelhante com o que se pode observar nos diversos métodos mencionados anteriormente.

O mundo tecnológico tem evoluído, substancialmente, nos últimos anos produzindo equipamentos de transportes com profundos avanços que visam garantir mais mobilidade, segurança e comodidade ao homem. No entanto, estes avanços têm chegado em uma escala muito reduzida ao transporte urbano convencional.

É bem verdade que os sistemas mais modernos, como os metropolitanos e trens de subúrbio, têm incorporado parte dos avanços tecnológicos de ponta, mas a um custo bastante elevado e atendendo, em alguns casos, uma parcela pouco significativa da demanda total por transporte nas grandes cidades.

Além do que, estes sistemas mais modernas devido ao seu elevado custo só se justificam nas grandes cidades que apresentam níveis de demanda extremamente elevados e sobretudo, concentrados nos corredores de transporte. No caso brasileiro, se assim pode ser dito, este privilégio sómente acontece nas grandes regiões metropolitanas.

Esta evolução dos tempos modernos tem sido caracterizada por um

tipo de usuário cada vez mais exigente por melhores padrões, sobretudo, de serviços urbanos.

Estas exigências em escala crescente, por um lado implicam em um melhor conhecimento sobre aquilo que se está oferecendo à comunidade e por outro lado, em um melhor e mais profundo conhecimento sobre as expectativas e necessidades dos seus usuários.

Quando pensamos na qualidade do serviço, estamos pensando na satisfação total do consumidor (usuário), que é a base da eficácia do serviço. Produzir com qualidade não é uma tarefa fácil e nem é responsabilidade de uma única pessoa.

No mundo contemporâneo surgiu a expressão QUALIDADE TOTAL que é um conceito que está sendo aplicado nos centros industriais mais avançados. Ela é total porque envolve todos os departamentos e todas as pessoas que trabalham na empresa, independentemente de função ou posição.

O consumidor do serviço (usuário) que antes era, apenas, um meio de obtenção de lucros, em um horizonte não muito distante, passará a ter a caracterização de fim. Este novo enfoque poderá ser a alavancagem do processo de sobrevivência e modernização do transporte público.

Em se tratando de transporte público, a situação é um pouco complexa por não haver competição no sentido amplo da palavra. Além do que, o usuário tem como característica principal ser cativo ao sistema, face a estrutura de transporte coletivo existente e a

disponibilidade de modos alternativos de transporte.

O fato do usuário ter um componente, cativo, muito forte, neste processo, permitiu às empresas de transporte coletivo urbano se despreocuparem em manter a qualidade de serviço em níveis adequados ao padrão do consumidor. Esta situação aliada ao caráter monopolístico dos sistemas de transporte desencadeou o processo de deterioração ora existente.

Não podemos deixar de lado, também, a evolução da situação econômica no país, que teve um papel acelerador deste processo, tal a defasagem de investimentos verificadas no setor de transporte urbano frente ao crescimento da demanda, sobretudo, nas grandes cidades.

Para garantir este enfoque global do NS, sugerimos o enfoque multivariado, tal como apresentado por FARIA [14] e que abre perspectiva para ser considerado todo e qualquer tipo de característica do sistema de transporte que se julgar conveniente.

Neste enfoque multivariado o sistema de transporte é dado por um conjunto de atributos que caracterizam diferentes aspectos do sistema. Estes aspectos são avaliados, pelos usuários, por métodos psicométricos e os métodos multivariados são utilizados no tratamento matemático para análise dos dados e também, na determinação do indicador global do NS.

Na determinação das variáveis a serem utilizadas deve-se ter o cuidado de escolher aquelas que permitam caracterizar o sistema como um todo e em consonância com as expectativas dos usuários.

No Capítulo seguinte estão apresentadas as variáveis que serão utilizadas neste trabalho e que se identificam em sua grande maioria com as que foram apresentadas neste Capítulo, no entanto, a forma de avaliação é diferenciada. Esta forma de avaliação, que será vista a seguir, permite ao avaliador verificar se o sistema atende ou não as expectativas dos usuários.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO PONTO DE VISTA DO USUARIO

3. AVALIAÇÃO DO PONTO DE VISTA DO USUARIO

3.1 CONCEITOS GERAIS

Avaliar um objeto, segundo HAYS [21] consiste em estabelecer regras para atribuir números e assim representar quantidades de um atributo. Esta definição apresenta dois conceitos importantes: regras e atributo.

O termo "regras" indica que os procedimentos de atribuição dos números devem ser formulados explicitamente. Algumas vezes as regras são tão óbvias que as formulações detalhadas não são exigidas. No entanto, isto nem sempre acontece, sobretudo quando se trata de medir atributos psicológicos.

O termo "atributo" indica que a medida diz respeito à alguma característica particular do objeto. Ninguém mede o objeto em si, mas sim suas características. Isto demonstra que a medição requer, em determinados casos, um processo de abstração.

Um atributo diz respeito a relações entre objetos em uma dimensão particular. Uma outra possibilidade é que a medida diga respeito a uma mistura de atributos. A quantificação diz respeito a quanto do atributo está presente no objeto.

As regras devem ser desenvolvidas de modo que o modelo de medição seja elaborado dedutivamente, e sobretudo que elas não sejam ambíguas. Por outro lado, também devem ser bem padronizadas, de modo que diferentes pessoas obtenham resultados similares, e sobretudo, porque quando padronizadas apresentam duas vantagens:

1) os indicadores numéricos tornam possível relatar os resultados em detalhes de melhor qualidade e;

2) permite o uso de métodos úteis de análise matemática essenciais na elaboração de novas teorias.

Segundo SIEGEL [43] em 1975, a teoria da mensuração de atributos consiste em um conjunto de teorias distintas, cada qual, relacionada com um nível diferente de mensuração. As operações admissíveis neste conjunto de valores numéricos dependem do nível de mensuração atingido. Existem quatro níveis de mensuração de acordo com o grau de complexidade e são os seguintes: nominal, ordinal, intervalar e de razão.

A escala nominal (ou classificadora) corresponde ao mais baixo nível de medição e existe quando números ou outros símbolos são usados simplesmente para classificar um objeto qualquer. As propriedades formais proporcionam definições razoavelmente exatas das características. A operação de escalonamento consiste em efetuar uma partição de determinada classe em um conjunto de subclasses mutuamente exclusivas. A única relação em jogo é a de equivalência, cujas propriedades são reflexiva, simétrica e transitiva.

A escala ordinal (ou escala por postos) ocorre quando os elementos em uma categoria de dada escala não são apenas diferentes dos elementos em outras categorias da mesma escala, mas, guardam certo tipo de relação com eles. Estas relações podem ser do tipo "maior do que" e são utilizadas para indicar "preferível a", "mais alto do que", "mais difícil do que", etc. O significado específico

depende da natureza da relação que define a escala. A única suposição que se faz para algumas provas de postos é que os valores observados sejam extraídos de uma distribuição contínua. Isto sempre é possível pois, pode-se admitir, mesmo em assuntos de opinião, que os elementos classificados como "de acordo" ou "contra" pertencem a um "continuum", de modo que existam níveis diferentes para aqueles que estão totalmente a favor (ou contra) ou simplesmente a favor (ou contra). A diferença fundamental entre a escala nominal e a ordinal é que, esta, incorpora não só a relação de equivalência, mas também, a de maior do que. Esta última, por sua vez, é irreflexiva, assimétrica e transitiva.

A escala intervalar é caracterizada por uma unidade constante de mensuração, que atribui um número real a todos os pares de objetos no conjunto ordenado. É uma escala mais forte do que a ordinal porque tem todas as suas características e as distâncias entre dois números quaisquer da escala são conhecidos. Nesta escala o ponto zero e a unidade de medida são arbitrários. A fixação das diversas classes de objetos é tão precisa, a ponto de saber-se exatamente quão grandes são os intervalos (distâncias) entre todos os elementos da escala. As operações e relações na escala são tais que as diferenças na escala são isomorfas à estrutura da aritmética. Podem ser associados números às posições dos objetos, nesta escala, de modo que as operações aritméticas refletem importantes informações, quando realizadas sobre as diferenças entre esse números.

Finalmente, a escala de razões que tem todas as características de uma escala de intervalos e, além disso, tem um verdadeiro ponto zero como origem. As operações e relações que originam os valores

numéricos nesta escala de razões são tais que a escala é isomorfa à estrutura da aritmética. São, portanto, possíveis as operações da aritmética sobre os valores numéricos atribuídos não só aos próprios objetos, como também, aos intervalos.

Quando a estrutura da escala é isomorfa à estrutura numérica (aritmética) é possível estabelecer os mesmos tipos de relações e operações aos números que estão atribuídos às observações. As propriedades reflexiva, simétrica e transitiva são aquelas da estrutura matemática dos números e dizem que:

- . reflexiva: $x = x$ para todo valor de x
- . simétrica: se $x = y$, então $y = x$
- . transitiva: se $x = y$ e $y = z$, então $x = z$

Os processos psicológicos de avaliação constituem uma área denominada de psicometria e empregam escalas de mensuração de nível ordinal. Este nível de mensuração é o mais empregado nos estudos clássicos de atitudes e tem grande aplicabilidade, atualmente, em outras áreas tais como economia, marketing, educação, etc.

Neste trabalho, para avaliação do sistema de transporte foi utilizado uma escala de atitudes desenvolvida para transporte urbano por ônibus, por FARIA [12], em 1985. Nesta época foi feita uma aplicação prática, para validação da escala, em três cidades de porte médio atendidas por ônibus urbano elétrico e diesel. Este estudo apresentou resultados amplamente satisfatórios.

Intrínseca à sua versatilidade, a escala de atitudes do tipo Likert pode ser moldada para avaliação de qualquer modo de

transporte, tal como apresentado por CARDOSO [8] em estudo realizado, recentemente, na Companhia do Metropolitano de São Paulo (METRÔ-SP).

O desenvolvimento de uma escala de atitudes não é objeto deste trabalho, pois será utilizado, apenas, como instrumento para obtenção dos dados. Todavia, para facilidade de compreensão vamos apresentar alguns aspectos relevantes e de modo bastante objetivo. Caso haja interesse, maiores esclarecimentos podem ser obtidos na referência anexa de FARIA [12].

Antes de se falar nas escalas de atitudes, é conveniente falar na atitude propriamente dita. Existem diversos conceitos de atitudes, entretanto, todos a consideram como uma organização psíquica resultante de processos cognitivos, perceptivos e motivacionais estabelecendo sentimentos a favor ou contra um determinado objeto. Em decorrência disto, uma escala de atitudes é um instrumento de auto-avaliação, cujo objetivo fundamental é posicionar o indivíduo, em um continuum, que varia desde a atitude mais extremamente favorável até a atitude mais extremamente desfavorável com relação à objetos sociais que podem ser pessoas, instituições, um modo de transporte e assim por diante.

As atitudes são formadas com a finalidade de satisfazer as necessidades do indivíduo, formando uma estrutura de apoio que fornece predisposições e padrões de resposta que interagem continuamente no processo de decisão. Um enfoque de substancial utilidade para as atitudes é a sua função de avaliação do objeto, fornecendo uma posição comparativa ou mesmo, uma postura em relação ao objeto. Na linguagem freudiana corresponde ao teste de

realidade.

A escala de Likert compõe-se de uma série de proposições sobre uma realidade psicossocial referente à atitude a ser estudada. Estas proposições são formuladas de modo a envolver todos os três componentes da atitude (cognitivo, afetivo e comportamental), de tal forma que pessoas com diferentes pontos de vista possam manifestar atitudes também diferentes. A escala apresenta cinco possíveis respostas para cada proposição, variando desde a atitude de concordância total até a de discordância total, e a cada resposta é atribuído um valor numérico de 1 a 5, respectivamente.

Inicialmente, a escala elaborada é aplicada a um grupo de controle cujos indivíduos indicam o grau de concordância ou discordância com relação ao objeto avaliado. A escala deve produzir uma reação modal a fim de evitar resultados tendenciosos, ainda que as proposições devam guardar uma correlação com os resultados globais esperados.

Considerando que, o NS é uma medida da qualidade de operação de um sistema de transporte coletivo urbano e que, qualidade é dada por um conjunto de atributos das características de serviço, é necessário definir um conjunto de características de serviço, bastante ampla, e que possibilita considerar todos os aspectos fundamentais do sistema que interagem no usuário, quando ele interage com o sistema de transporte.

Após um estudo profundo das características de serviço consideradas nos trabalhos mencionados no Capítulo 2 e, considerando a realidade brasileira dos sistemas de transporte

coletivo, optou-se por um conjunto de 17 características de serviço que se mostrou mais relevantes para a realização deste estudo. Este conjunto de características escolhido não deve ser considerado como definitivo. Para cada caso, um estudo mais profundo deverá ser realizado e se necessário as alterações deverão ser processadas.

Este conjunto de características, para efeito de estudo, foi dividido em três grandes grupos e estão apresentados a seguir, assim como os seus respectivos códigos que foram utilizados no programa de computador para processamento dos dados:

1. características associadas ao tempo de viagem:- são aquelas que indicam o esforço do usuário em relação aos vários componentes do tempo total de viagem e são os seguintes:

- tempo de espera nos pontos de parada ESPERA
- intervalo entre passagens sucessivas HEADWAY
- tempo total de viagem TTV
- regularidade nos pontos de parada REGULAR
- disponibilidade de serviço substitutivo SRVSUBST

2. características associadas ao conforto do usuário:- são de grande importância porque se um sistema de transporte opera em um nível de conforto indesejável, todo o sistema torna-se insatisfatório e inadequado. Estas características são as seguintes:

- ventilação VTLACAO
- temperatura TEMPERAT
- ruído RUIDO

- densidade de passageiros DENSPASS
- vibração VIBRACAO
- iluminação ILUMCAO
- característica do assento ASSENTO
- aceleração/desaceleração ACELDES

3. características associadas ao desempenho do sistema:- são aquelas que determinam a capacidade de um sistema de transporte competir com outro. As características consideradas, neste grupo, são as seguintes:

- velocidade média VELOC
- custo da viagem para o usuário CUSTO
- distância média entre os pontos de parada .. DSTPTR
- acessibilidade ACESSIB

Esta relação não deve ser considerada como definitiva, pois o objetivo é considerar um conjunto de atributos que reflitam o processo de produção do serviço e, pelas quais o usuário tem uma maior expectativa.

Este tipo de escala tem sido amplamente utilizado nos estudos de transporte público mais relevantes realizados nos últimos tempos, na área de transportes nos países desenvolvidos. Talvez, sua grande versatilidade resida no fato de que permite o emprego de técnicas multivariadas no tratamento estatístico da matriz de julgamentos.

Este enfoque multivariado é, sem dúvida alguma, um grande avanço, pois caracteriza a hipótese adotada, qual seja, a de que o NS de um sistema de transporte urbano é um conceito que envolve

diversos atributos, cada qual com seu nível de importância segundo às expectativas e necessidades do usuário ao qual se destina.

Os métodos multivariados são adequados aos experimentos em que prevaleçam um grande contingente de variáveis características e sobretudo, com unidades de mensuração diferentes. Estes métodos procedem, inicialmente, a padronização estatística das variáveis para cálculos posteriores. Estas características fazem estes experimentos diferirem dos enfoques tradicionais que, normalmente, comparam variáveis semelhantes, ou então, de métodos indiretos como o utilizado por BOTZOW [6] que associa um esquema de pontuação para cada atributo e em cada faixa do NS.

Esta amplitude de horizonte não deve ser encarada como um instrumento complicador neste complexo processo que caracteriza o processo de avaliação. Todavia, este fato que, com certeza, poderá levar a um entendimento mais completo e racional do sistema em estudo exigirá, conseqüentemente, um tratamento diferente dos métodos usuais aplicados no campo da engenharia de transportes.

3.2 SOBRE O PONTO DE VISTA DO USUÁRIO

No transporte urbano, a interação do indivíduo com o sistema acontece através dos seus elementos componentes, tais como, as instalações de embarque e desembarque, as bilheterias, os equipamentos, os usuários e o próprio veículo. Pela natureza desta interação ocorre o conhecimento relativo do sistema, que é vivenciado pelo usuário, individualmente. Entretanto, o uso do sistema dá-se de forma coletiva, pois, o usuário é um ser social

que vive em contato permanente com seu semelhante.

Este espaço de vida em que o indivíduo está inserido constitui o seu ambiente psicológico. Segundo CARDOSO [8], o indivíduo como um ser transacional, não só recebe insumos do ambiente e reage aos mesmos, mas também, adota uma posição proativa, antecipando-se e, muitas vezes, provocando as mudanças que ocorrem em seu ambiente. Neste contexto, os objetos, as pessoas ou as situações podem adquirir valências determinando um campo dinâmico de forças.

A valência é positiva quando os elementos do seu ambiente psicológico podem ou prometem satisfazer às necessidades presentes do indivíduo; e negativa, quando ocasionam algum prejuízo ou dano. Se por um lado, quando estes elementos estão carregados de valência positiva, tendem a atrair o indivíduo para este ambiente, por outro lado, se estão carregados de valência negativa, tendem a causar repulsa ou fuga.

Este processo de interação social que constitui o processo de aprendizado do usuário dá-se na forma de interação de grupo e a participação neste grupo tem papel relevante devido aos seus fatores de personalidade.

Para os nossos propósitos deve-se considerar que a personalidade é o sistema individual de atitudes, comportamentos e escala de valores que um indivíduo apresenta e que o coloca de forma diferenciada dos outros.

Para efeito de avaliação do sistema de transporte urbano nos interessa a imagem que o grupo faz deste sistema e não apenas uma

visão particular de um indivíduo. Portanto, é preciso agrupar as pessoas, dentro de categorias relativamente homogêneas, de tal forma que componham segmentos representativos.

A classe social é uma forma de divisão da sociedade e caracteriza-se por ser composta por indivíduos relativamente homogêneos, pois apresentam similaridade quanto à traços de personalidade, valores e atitudes, bem como às atividades com as quais se ocupam.

A classe social e o ambiente cultural do indivíduo influenciam não só o comportamento social e cultural, mas também o hábito de consumo, portanto, o seu processo de avaliação.

Todo processo de uso de um determinado produto ou serviço pode ser estimulado ou motivado por meio de necessidades internas ou externas, a nível fisiológico ou psicológico. Esta motivação produz um comportamento dirigido que tenderá a prosseguir até que o objetivo seja alcançado ou, então, intervenha outra motivação.

Assim, sob uma ótica gerencial moderna, as empresas de transporte urbano deveriam ter como preocupação fundamental, que seus serviços atendam as reais expectativas e necessidades do seu público consumidor (valência positiva). Este, aliás, é o responsável pelo sucesso de grandes empresas, no momento, pois caracteriza o pensamento contemporâneo dos empresários que direcionam os objetivos de suas empresas voltados para o marketing de seus produtos. Isto significa conhecer mais profundamente seu público alvo e compreende não apenas determinar quais as necessidades dos usuários que devem ser satisfeitas, mas também,

as necessidades de quem deverão ser atendidas.

Se observarmos a situação brasileira dos transportes coletivos urbanos percebe-se que os sistemas estão muito aquém das reais expectativas dos seus usuários. Entretanto, devido à situação caótica em que se apresentam, mascaram-se outros aspectos que poderiam proporcionar uma transformação global, onde a eficiência e a eficácia seriam os objetivos fundamentais que orientariam as grandes decisões.

A simples existência das necessidades e desejos das pessoas leva-nos ao conceito de produto, o qual compreende tudo que seja capaz de nos satisfazer. Aliás, esta característica é o seu aspecto mais importante, qual seja, o princípio de utilidade ou da satisfação derivada do consumo.

O conceito de utilidade nos permite relacionar com a teoria de motivação de Maslow (1943), pois, o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de transporte tem por objetivo garantir sua função mais elementar que é a de proporcionar mobilidade, como também, o atendimento das expectativas e necessidades dos usuários.

Segundo GADE [17] em 1980, esta teoria de motivação é uma das mais conhecidas e acredita que os desejos e as necessidades são organizados em prioridades, de modo que o homem age para satisfazer estas necessidades mediante uma ativação hierárquica.

Inicialmente, têm-se as necessidades básicas ou primárias (de carácter fisiológico) relativas à sobrevivência, proteção do corpo, sono, etc. que constituem a base dos nossos desejos. Somente quando

estas necessidades estão satisfeitas é possível perceber outros estímulos como as necessidades de segurança. A segurança pode ser física ou psíquica e, caso esta necessidade não esteja satisfeita, não permitirá que o indivíduo pense em outra coisa. Quando isto acontecer, surgiriam as necessidades de afeto e estima; e por último, as de auto-realização.

A necessidade de auto-realização surge quando o indivíduo está com todos os outros níveis satisfeitos e corresponde ao crescimento do homem como ser humano. É o nível mais difícil de ser alcançado e não existe limite para a sua satisfação.

No cotidiano das pessoas, o transporte urbano é visto como um elemento intermediário que interage, a todo instante, na busca de realização deste conjunto de necessidades, tanto quanto, como próprio meio de realização destas necessidades ou parte delas.

As pessoas, no contexto urbano, para desenvolverem as diversas atividades do dia a dia, tais como, ir ao trabalho, levar as crianças à escola, fazer compras, realizar negócios e outros, precisam se deslocar. Os transportes públicos têm por função, proporcionar esta mobilidade para que as pessoas possam realizar suas necessidades.

Assim, supõe-se que o transporte urbano deve dar a sua contribuição neste processo de busca da satisfação das necessidades básicas como conforto, proteção física ao indivíduo, segurança, afetividade relativa e até prestígio. Pois, tais necessidades, também, serão reativadas nas outras tarefas que as pessoas desenvolvem no decorrer do dia e que ocupam a maior parte do tempo

disponível.

Segundo LAMOUNIER [31], o tempo gasto nos deslocamentos diários para fins de trabalho, da população residente na periferia das regiões metropolitanas, chega a ser de quase quatro horas, e em alguns locais mais desfavoráveis, pouco mais de cinco horas. Este tempo perdido resulta em uma baixa qualidade de vida e perda da capacidade produtiva das pessoas (valência negativa), pelo desgaste psicológico e a insatisfação generalizada que provoca.

É lógico que toda esta desproporção verificada é decorrente de uma total falta de planejamento urbano aliada à incapacidade dos sistemas de transporte, na situação atual, quanto ao atendimento da demanda. Além disso, existe um agravante neste processo, fruto desta incapacidade, que é o aumento da participação do transporte individual.

Esta participação tem evoluído significativamente devido a deterioração do transporte coletivo, embora também seja, até certo ponto, responsável por esta deterioração devido aos grandes congestionamentos que se formam e que proporcionam níveis de desempenho extremamente baixos, no transporte coletivo urbano.

Existe, hoje, um grande dilema a ser equacionado, qual seja o de diminuir a participação do transporte individual a favor do transporte coletivo urbano. Isto resultaria em uma melhoria sensível no desempenho do transporte coletivo urbano, entretanto, isso somente ocorreria de forma efetiva, caso houvesse, em contrapartida uma melhoria no NS oferecido (valência positiva) no transporte coletivo e, de forma a ser atrativo ao usuário do

transporte individual.

Esta questão, também, pode ter a sua resposta como resultado deste trabalho de avaliação, que propõe levar em conta as necessidades das pessoas. Apesar disto, para a sua aplicação deve-se ter como objeto de pesquisa, o delineamento de quais necessidades é que devem ser satisfeitas para este tipo de usuário.

É claro que somente esta prospecção não provocaria uma mudança de comportamento nestes usuários, entretanto, esta medida deveria ser o ponto de partida para o equacionamento efetivo deste problema.

3.3 GRUPOS DE REFERÊNCIA

Conforme foi mencionado anteriormente, embora as pessoas sejam diferentes sempre existem aspectos comuns, o que torna possível agrupá-las em categorias que possam representar grupos relativamente homogêneos, e que componham segmentos representativos da demanda por transporte como um todo.

Este agrupamento em categorias constitui-se na segmentação da demanda. É um termo novo para um conceito antigo. O próprio Henry Ford, quando construiu o seu famoso modelo T Ford, nos Estados Unidos, realizou uma segmentação, pois dizia: "qualquer pessoa pode comprar um carro, contanto que seja o modelo T da Ford e na cor preta".

Era uma aplicação do conceito de marketing não diferenciado.

Este conceito, segundo KOTLER [29], trata o mercado como um agregado e enfoca o que é comum nas necessidades das pessoas, em vez daquilo que é diferente. É primordialmente defendido por motivos de economia de custo.

Apesar do produto - transporte coletivo urbano ser único, isto é, não ter características de diferenciação que permitam estabelecer relações de competição, os usuários percebem o sistema de forma diferente, segundo os seus diversos padrões de análise. Estes padrões de análise são ditados segundo os diferentes grupos de referência que se utilizam destes serviços.

Nas grandes cidades existem diversos modos de transportes, entretanto devido à estrutura urbana e à rede de transporte coletivo atual, estes modos funcionam de forma complementar, praticamente inexistindo competição entre si.

Este conceito de segmentação surgiu, recentemente, e às vezes é confundido como uma técnica de pesquisa ou como um método de análise de dados, pois tem sido o ponto principal de maior progresso na tecnologia de pesquisa, sobretudo na utilização de métodos multivariados.

Esta tarefa de identificação dos grupos homogêneos requer a análise de variáveis que em muitos casos são desconhecidas, pois as mudanças sociais, dos estilos de vida e do comportamento geral exigem, por si só, uma crescente sofisticação.

Se por um lado, quando pensamos na qualidade de um serviço, pensamos na satisfação global do consumidor ou de grupos de

consumidores homogêneos, por outro lado, este grupo de consumidores homogêneos deve ser especificamente identificado, pois a satisfação global do consumidor é o resultado dos benefícios resultantes do uso do serviço. Estes, por sua vez, relacionam-se com certas características psicológicas e sócio-econômicas desses grupos homogêneos.

Segundo COBRA [9], em 1983, as características de renda, ocupação, educação e classe social são variáveis importantes de segmentação. Este agrupamento de pessoas com interesses similares, atitudes, valores, comportamentos e propriedade de bens econômicos constituem os parâmetros de classificação das pessoas em classes sócio-econômicas.

A classe social à qual pertencemos é uma das maiores determinantes da quantidade de informações que recebemos sobre o mundo. Considerando que as percepções se formam a partir de estímulos, uma estimulação pobre resultará em um conjunto de experiências vividas também pobre. Além disso, o julgamento que se faz de um evento qualquer é interpretado a partir dos valores da classe social à qual pertencemos.

Estas classificações têm sido feitas por diversos institutos de pesquisas de mercado e associações, como a ABA - Associação Brasileira de Anunciantes e a ABIPEME - Associação Brasileira de Institutos de Pesquisa de Mercado. Os estudos mais complexos são realizados com base em informações provenientes do Censo Demográfico realizado pelo IBGE. Portanto, a estratificação em camadas sócio-econômicas em uso atualmente está baseada no Censo de 1970 e deverá ser atualizada a partir de 1990.

Em estudo realizado pela MARKPLAN BRASIL REPRESENTAÇÕES E PESQUISAS LTDA. em abril 1990 foram levantados os perfis sócio-econômicos nas 9 principais capitais brasileiras, conforme mostra a Tabela 3.1. As classes sociais ABCDE são definidas segundo os padrões da ABA/ABIPEME. A classe A é a de maior poder aquisitivo e a classe E é a de menor poder aquisitivo.

TABELA 3.1 - CLASSIFICAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA
SISTEMA ABA/ABIPEME (%)

CIDADE	CLASSES SOCIAIS				
	A	B	C	D	E
São Paulo	10	23	33	29	5
Rio de Janeiro	8	19	33	36	4
Porto Alegre	14	26	33	22	5
Curitiba	16	24	37	21	2
Belo Horizonte	13	22	32	29	4
Salvador	12	17	32	31	8
Recife	8	14	30	38	10
Brasília	20	23	33	20	4
Fortaleza	14	14	24	39	9

FONTE: MARPLAN, 1990.

As classes AB são classes de poder aquisitivo estável e de consumo extremamente sensível ao mercado de varejo. São classes que estão constantemente revisando seus padrões de consumo de produtos e serviços, pois são constituídas por indivíduos de maior nível de conscientização.

As classes CDE que, via de regra, representam de 60 a 73% da população destas capitais, têm seu salário atrelado às despesas básicas com a sua subsistência, como habitação, alimentação e transporte. Apesar disso, a classe C já possui alguns itens de conforto familiar e, em escala um pouco menor, também vive

em situação de difícil sobrevivência econômica como as classes DE.

Os critérios de classificação levam em conta a propriedade de bens de conforto familiar, tais como, televisores, geladeiras, enceradeiras, banheiros, empregadas domésticas, máquina de lavar, aspirador de pó, automóvel, instrução do chefe da família e outros. Estes bens, apresentados na Tabela 3.2, constituem a base de pontuação para a classificação.

TABELA 3.2 - PROPRIEDADE DE BENS DE CONFORTO FAMILIAR

FATOR	QUANTIDADE DE UNIDADES						
	0	1	2	3	4	5	6 ou +
televisor	0	2	4	6	8	10	12
rádio	0	1	2	3	4	5	6
banheiro	0	2	4	6	8	10	12
automóvel	0	4	8	12	16	16	16
empregada	0	6	12	18	24	24	24
aspirador de pó	0	5	5	5	5	5	5
máquina de lavar	0	2	2	2	2	2	2

FONTE: ABA/ABIPEME, 1974.

Assim, são atribuídos pontos para a posse de cada um destes bens, como também, para o número de bens possuídos. O grau de instrução do chefe da família divide-se em cinco categorias, conforme indicado na Tabela 3.3, com pontos variando de 0 a 10, para o curso superior completo. Estes fatores são ponderados e de acordo com o número total de pontos obtidos é feita a classificação nas classes sociais de A até E, conforme as faixas de variação indicadas na Tabela 3.4.

A ABA/ABIPEME decidiu não adotar a renda familiar como critério de classificação, dadas as distorções que esta variável pode

TABELA 3.3 GRAU DE INSTRUÇÃO DO CHEFE DE FAMÍLIA

NÍVEL DE INSTRUÇÃO	NUMERO DE PONTOS
até primário incompleto	0
até ginásial incompleto	1
até colegial incompleto	3
até superior incompleto	5
superior completo	10

FONTE: ABA/ABIPEME, 1974.

TABELA 3.4 - CLASSES SOCIAIS

CLASSES	NUMERO DE PONTOS
A	35 ou +
B	21 a 34
C	10 a 20
D	5 a 9
E	0 a 4

FONTE: ABA/ABIPEME, 1974.

apresentar no processo de levantamento dos dados. Outros critérios, como área residencial, prestígio na atividade profissional, propriedades imobiliárias e outros, também, não foram levantados em função de sua difícil avaliação.

3.4 PROCESSO DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação propriamente dito corresponde ao entrosamento dos três conceitos discutidos anteriormente, quais sejam, atribuir valores numéricos ao conjunto de atributos do sistema de transporte dado pelas características consideradas e estabelecer regras de interação que permitam uma melhor compreensão do sistema e que possa ser traduzida através de indicadores.

Juntar todos estes conceitos no processo de avaliação significa utilizar na avaliação do sistema de transporte uma escala de atitude (de ordem nominal), elaborada segundo as características do sistema e em consonância com as expectativas dos usuários. Na fase de análise dos dados, implica em utilizar modelos multivariados, de forma a garantir que o sistema de transporte seja focado no seu aspecto global sem deixar de lado a consideração mais importante, qual seja a caracterização dos grupos homogêneos de usuários.

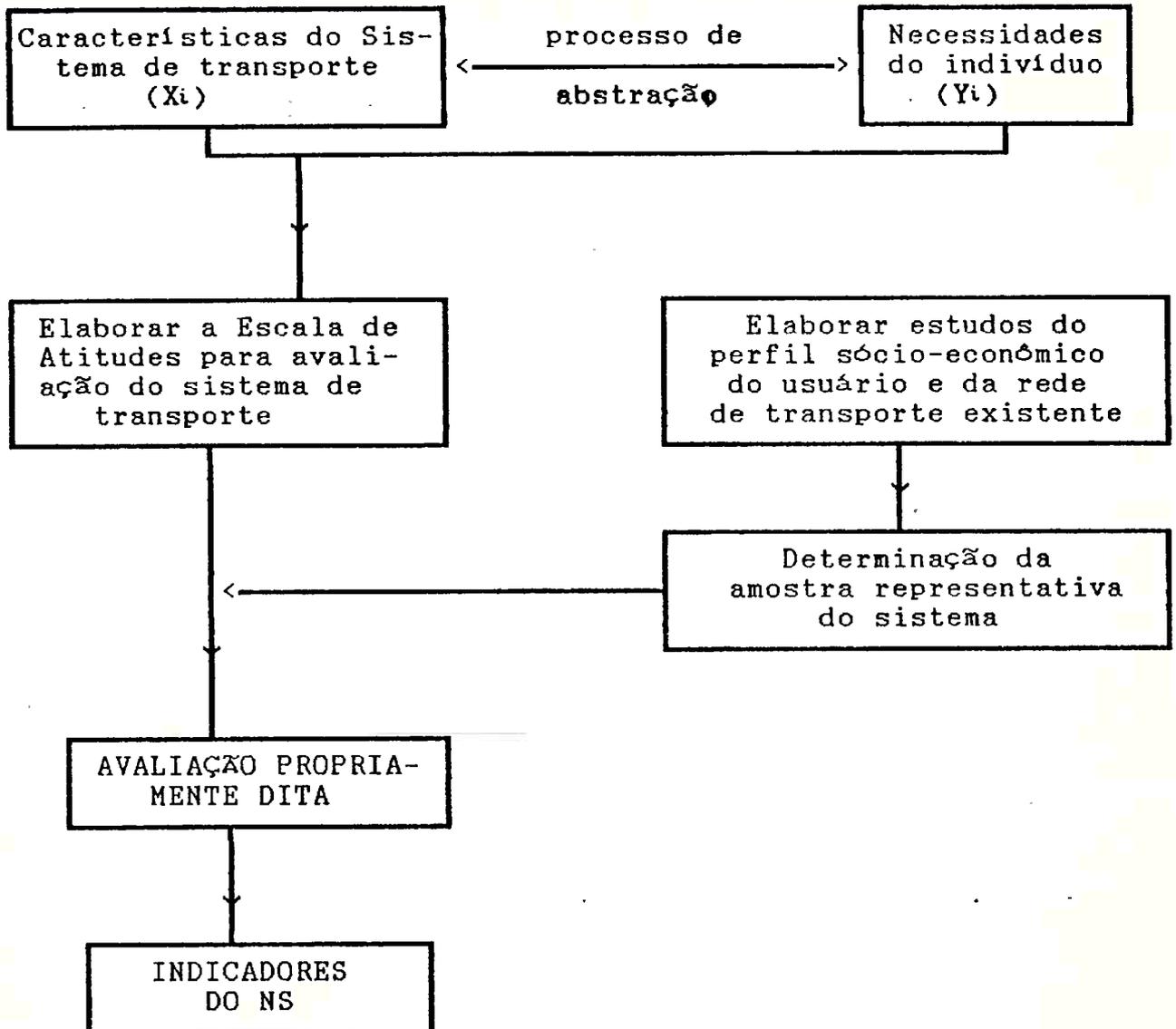
Isto posto, as regras ficam claras e bem definidas e garantem, portanto, um enfoque que caracteriza uma avaliação global do sistema, sob o ponto de vista do usuário, utilizando método psicométrico no processo de avaliação.

A Figura 3.1 traduz este processo de avaliação. Na fase, de elaboração da Escala de Atitudes deve-se procurar identificar, por um lado, um conjunto de características do sistema de transporte que representa o aspecto global da produção do serviço e cuja somatória ponderada destas características pelo usuário, refletirá a sua qualidade.

Na identificação das características do sistema é conveniente considerar aspectos de relevância, sob o ponto de vista do usuário, pois ele será o elemento avaliador deste processo. Para que isso ocorra, é necessário que se faça um estudo sobre as necessidades e expectativas dos usuários.

Numa fase posterior, tendo a escala em mãos, para sua aplicação em uma amostra representativa da demanda do sistema de transporte, deve-se realizar um estudo do perfil sócio-econômico do usuário

FIGURA 3.1 - PROCESSO DE AVALIAÇÃO



A avaliação propriamente dita é constituída das seguintes etapas:

1. agrupamento dos indivíduos segundo a classificação sócio-econômica
2. análise de cluster dos indivíduos para avaliação e validação dos grupos sócio-econômicos
3. análise fatorial para gerar os escores fatoriais dos indivíduos
4. análise discriminante aplicada aos escores fatoriais gerados por grupo de indivíduos para gerar os escores discriminantes
5. geração dos indicadores de NS a partir dos escores discriminantes

para escolher a amostra adequada. Pois, como foi dito anteriormente, qualidade é um conceito subjetivo e como tal sua avaliação é extremamente influenciada pelo padrão sócio-econômico do entrevistado.

É por isso que todo estudo de mercado procura segmentar (desagregar) o máximo possível a população consumidora. Em se fazendo isto, as populações assim obtidas tornam-se mais homogêneas e, conseqüentemente, terão padrões mais similares.

Em seguida, passa-se para a fase de análise multivariada dos dados. O produto da avaliação do sistema de transporte pelo usuário é uma matriz de julgamentos, de ordem $p \times m$ (onde p corresponde ao número de usuários entrevistados e m corresponde ao número de variáveis características do sistema considerado).

No tratamento estatístico dos dados faz-se a análise fatorial das variáveis, de modo a gerar uma matriz de escores fatoriais, de ordem $p \times k$. Estes valores denominados de escores fatoriais representam os valores-escala de cada indivíduo para cada um dos k ($k < m$) fatores extraídos. Todo este processo desenvolvido na análise fatorial será discutido com maiores detalhes a seguir.

Esta matriz de escores fatoriais, de ordem $p \times k$, ainda não é a solução do problema, mas permite que se chegue a ela. Pois, fazendo-se uma avaliação nesta fase, tem-se em mãos uma matriz de k escores fatoriais para uma população de indivíduos, ainda, heterogêneos. Portanto, o passo seguinte consiste em determinar um critério de ponderação destes escores, de forma a obter um indicador único que discrimine, o máximo possível, os indivíduos em

seus respectivos grupos homogêneos.

Este processo de ponderação, no seu aspecto mais intrínseco, procura atribuir pesos maiores àqueles fatores que melhor diferenciam os grupos homogêneos.

Houve muitas especulações, no ano de 1990, sobre o enfoque de grupos sócio-econômicos, devido a questão econômica que o país atravessa. Conforme foi esclarecido pela própria ABA/ABIPEME, este critério, ainda que, em uso, é inadequado, pois foi estabelecido em 1974 e não sofreu, desde então, nenhuma atualização. Entretanto, os estudos para atualização destes critérios deverão ser iniciados tão logo os dados do Censo de 90 sejam divulgados.

Isto significa que os grupos de indivíduos, classificados segundo os padrões sócio-econômicos (ABA/ABIPEME), poderão apresentar algumas distorções. Para contornar este problema inconveniente, antes da fase de análise discriminante, optou-se por fazer um estudo mais criterioso, utilizando a análise de "cluster", sobre os indivíduos que apresentam padrões mais homogêneos.

Esta análise foi realizada pelo cruzamento das informações obtidas pelos dois critérios, quais sejam a análise de "cluster" dos indivíduos em consonância com os padrões da ABA/ABIPEME. Da análise de "cluster", verificou-se que os grupos estavam apresentando uma dispersão relativamente grande nos seus indivíduos. Desta forma, optou-se por fazer uma redução da amostra, penalizando a sua significância estatística, mas de forma a trabalhar com indivíduos mais homogêneos, e de tal forma que fôsse preservado os padrões sócio-econômicos ainda em uso.

Considerando, então, que os processos estatísticos empregados na avaliação do NS de um sistema de transporte estão dentro dos padrões desejados, pode-se determinar, conseqüentemente, os indicadores de qualidade de cada indivíduo.

Os indicadores do NS são definidos para cada grupo de indivíduos, de acordo com a Equação 3.1, e obtidos através de uma combinação linear dos escores discriminantes ponderados de acordo com o nível de significância das respectivas funções discriminantes canônicas que os originou. Desta forma, estes indicadores seguem uma distribuição de probabilidade proporcional à distribuição normal padronizada.

$$I_{NS}^j = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times FDC_{ji} \quad \dots \dots \text{EQUAÇÃO 3.1}$$

p/ todo j

onde: I_{NS}^j são os indicadores do NS dos indivíduos da população
 n é o número de funções discriminante canônicas obtidas
 FDC_{ji} são os escores discriminantes na dimensão i para o indivíduo j
 λ_i são os autovalores de cada função discriminante

Os indicadores assim definidos terão distribuição proporcional à distribuição normal padronizada pois, tanto os escores fatoriais como os escores discriminantes nos seus respectivos processos de geração, têm distribuições normais padronizadas. As relações que decorrem deste processo permitem estabelecer comparações entre os respectivos valores de cada grupo.

Considerando os valores numéricos atribuídos para cada uma das

respostas dos atributos do sistema de transporte, por ocasião da interpretação da escala de atitude, é de se esperar que tratando-se de uma distribuição normal padronizada, os valores situados mais à esquerda, resultam em atribuições favoráveis ao sistema de transporte. Por outro lado, os valores situados mais à direita, resultam em atribuições menos favoráveis (mais desfavoráveis) ao sistema de transporte. Esta regra pode ser invertida a critério da pessoa que esteja avaliando o sistema.

Existem três "software" estatísticos robustos que realizam a análise multivariada em toda a sua plenitude. Este "software" são os seguintes:

BMDP - Biomedical Computer Programs - Séries P

SAS - Statistical Analysis System

SPSS - Statistical Package For The Social Sciences

Todos contém um conjunto integrado de programas de computador para análise de dados. Em particular, o SPSS-X foi utilizado neste trabalho.

O desenvolvimento do SPSS começou em junho de 1965, para análise de dados nas ciências sociais durante os estudos de graduação de DALE BENT e NORMAN NIE [38] na Universidade de Stanford.

O SPSS aproveitou vários sistemas previamente existentes, tais como, o DATA TEXT desenvolvido na Universidade de Harvard; o BMD desenvolvido na Universidade da Califórnia (Los Angeles) e programas de análise fatorial desenvolvidos na Universidade de Alberta e da Escala de Guttman desenvolvido na Universidade de

Stanford.

Sua grande aceitação deve-se à sua simplicidade de uso e ao fato de permitir ao pesquisador grande flexibilidade nos dados a serem utilizados, grandes recursos para manipulação de arquivos, fácil transformação dos dados e apresentação dos resultados com opções gráficas de melhor visual que os outros dois "softwares".

No aspecto estatístico, os programas apresentam uma grande diversidade de métodos que permitem ao pesquisador, um controle total com relação aos procedimentos utilizados. Além disso, apresentam uma série de recursos para análise e julgamentos dos processos realizados, que garantem que os padrões estatísticos têm a significância determinada.

Ressalta-se, ainda, que o objetivo principal deste trabalho é a apresentação de uma nova metodologia de avaliação de NS em Engenharia de Transportes, que pretende abrir perspectivas para enfoques multivariados e de um novo conceito de qualidade em transporte coletivo em decorrência da preocupação atual com o consumidor (usuário) que se observa nas indústrias modernas, e sobretudo, revolucionárias do mundo contemporâneo.

CAPÍTULO 4

ANALISE FATORIAL DAS CARACTERÍSTICAS DO NS

4. ANÁLISE FATORIAL DAS CARACTERÍSTICAS DO NS

Este capítulo tem por objetivo apresentar o método de análise fatorial, assim como, a sua evolução ao longo do tempo até chegar ao estágio de desenvolvimento que foi utilizado neste trabalho. Inicialmente é feito um relato histórico e em seguida é apresentado o seu desenvolvimento matemático.

4.1 ENFOQUE HISTÓRICO

A análise fatorial tem provocado uma grande controvérsia ao longo de sua história. Em 1957, HENRYSSON [22] publicou um artigo dizendo que suas raízes estão nos trabalhos de natureza biológica e psicológica de SPENCER, GALTON e MCDUGALL, realizados no final do século XIX.

SPENCER estava mais inclinado à uma teoria de fatores gerais que verificou-se, mais tarde, ter grande similaridade com a teoria de SPEARMAN [44]. Por outro lado, GALTON, apoiava-se em estudos de correlação e estava mais inclinado à teoria de fatores de grupo, conforme terminologia atual destes métodos.

Com o desenvolvimento dos métodos de correlação, PEARSON [39], chegou a desenvolver a equação fatorial na sua forma múltipla e com fatores ortogonais. Como ele trabalhou com a matriz de correlação, o número de fatores extraídos era igual ao número de variáveis, portanto, um caso particular da análise de componentes. Entretanto, esta contribuição permitiu que SPEARMAN [44] iniciasse o desenvolvimento da análise fatorial, com os estudos sobre a

natureza dos processos cognitivos. No artigo intitulado "General Intelligence, Objectively Determined and Measured", SPEARMAN [44] examina os trabalhos anteriores sobre medidas de inteligência e apresenta, pela primeira vez, a sua famosa teoria dos dois fatores.

Nesta teoria existe um fator único "G" no domínio substantivo dos dados da amostra e todas as outras variações são atribuídas aos fatores específicos. SPEARMAN [44], em 1904, teorizou que o fator comum "G" era o fator geral da inteligência e tinha a característica de ser hereditário. As experiências ambientais do indivíduo constituíam o fator específico.

Neste trabalho, SPEARMAN [44] descreveu sua teoria da seguinte maneira: " todos os ramos da atividade intelectual tem em comum uma função fundamental (ou grupo de funções), enquanto que outros elementos específicos da atividade parecem ser, totalmente, diferentes daqueles anteriores ".

Uma grande quantidade de teorias psicológicas e fundamentos matemáticos de análise fatorial surgiu nos anos seguintes. Os principais colaboradores, neste período, foram Charles Spearman, Cyril Burt, Karl Pearson, Godfrey H. Thomson, J. C. Maxwell Garnett, Karl Holzinger e H. Hotelling. As principais preocupações estavam voltadas para a verificação da existência da habilidade geral (fator geral do modelo fatorial).

Por volta do início dos anos 30, a teoria de SPEARMAN [44] tornou-se bastante vulnerável, pois nem sempre era adequada para descrever uma bateria de testes psicológicos. O modelo, inicialmente, proposto foi uma primeira aproximação à situações

reais. Apesar de útil, era inadequado e SPEARMAN [44] não colocava em discussão o significado da existência do fator "G". Ele dizia, apenas, que tal questão tinha componentes com características, nitidamente, metafísicas.

Assim, surgiu a teoria de fatores de grupo. Os pesquisadores na época foram muito relutantes em admitir tais alterações na teoria básica. A teoria original foi substituída pela teoria dos fatores de grupo; entretanto, o método inicial, ainda, era utilizado para determinar quais fatores constituíam cada grupo.

Em 1939, HOLZINGER [23] modificou a teoria dos dois fatores de SPEARMAN [44], e desenvolveu a chamada teoria bi-fatorial, na qual existe uma fator de grupo e um fator geral. Este método é utilizado, principalmente, para testar hipóteses relativas à presença de certos fatores de grupo. As cargas do fator geral são calculadas pelo princípio tetraédico de SPEARMAN [44], com base em todas as combinações dos testes que não tem qualquer fator de grupo comum. Em seguida são calculados as cargas dos fatores de grupo, utilizando o mesmo princípio de SPEARMAN [44], pois cada um dos grupos de teste é suposto ser medido por um fator de grupo.

BURT [7] teve um caráter mais de contestador da análise fatorial desde o início, em termos do enfoque como ciência geral e filosófica. Ele considerou, em princípio, a seleção dos fatores como sendo arbitrária e comparou as regras adotadas na obtenção desses fatores como a rede de meridianos e paralelos do globo terrestre. Esta rede não tem significado além da matemática descritiva, entretanto, é muito útil para descrever a posição de qualquer ponto no globo. Ele trata a análise fatorial como um

método dedutivo e considera os fatores como simples descrições sistematizadas resultantes de manipulações matemáticas dos dados.

A contribuição de THOMSON [45], em 1948, residiu na discussão analítica do método fatorial, e foi de uma natureza predominantemente crítica, embora também, tenha contribuído no desenvolvimento da teoria matemática. Ele mantém uma atitude céptica à respeito do escopo da análise fatorial na solução de problemas estruturais.

Em decorrência de alguns destes trabalhos que explorava a possibilidade de extrair vários fatores diretamente de uma matriz de correlação entre testes, tornou-se possível a validação e o desenvolvimento do método de análise fatorial múltipla apresentada, inicialmente, no trabalho de GARNETT [18] em 1919.

Surgiu, assim, o conceito de fatores múltiplos desenvolvidos por THURSTONE [46] com base na álgebra matricial. Em decorrência de todo o interesse e esforço dedicado ao desenvolvimento da teoria, o método de análise fatorial múltipla é atribuído à L. L. THURSTONE, pois foi ele quem popularizou este método.

Para se ter uma idéia da dimensão que L. L. THURSTONE teve no desenvolvimento da análise fatorial, MULAİK [35] relata, em 1972, que com o início dos seus trabalhos, o centro de atividade e desenvolvimento criativo no uso e aplicações do método de análise fatorial mudou das Ilhas Britânicas para os Estados Unidos e permaneceu lá até o final dos anos 70. Parecia que THURSTONE [47] tinha um sentimento intuitivo do caminho certo para desenvolver um método científico. Além disso, estes caminhos eram dotados de um

realismo científico, que se sobrepujam às formulações teóricas da representação matemática.

THURSTONE [46] em 1935 formulou o modelo de análise fatorial de uma melhor forma, utilizando algebra matricial e mostrou que o número mínimo de fatores comuns, necessários para explicar uma matriz de correlação é igual à ordem desta matriz.

Em seu trabalho "Multiple Factor Analysis", ele diz que existem dois propósitos para análise fatorial, quais sejam, de agregar escores de testes para expressá-los em termos de um número relativamente menor de fatores linearmente independentes ou de descrever unidades funcionais fundamentais que descrevam diferenças individuais em termos de funções distintas.

O objetivo fundamental de sua investigação fica direcionado para o desenvolvimento de processos fundamentais, de forma que as incertezas que o método até então apresentava, passaram a ter um equacionamento matemático objetivo, que respondeu às necessidades científicas da época.

O desenvolvimento de métodos matemáticos, tais como, o de ECKART E YOUNG [10], em 1936, teve importância fundamental pois, permitiu que de qualquer matriz real A , fosse possível obter duas matrizes ortogonais U e V , de modo que $L = U'A V$ fosse uma matriz real diagonal com elementos não negativos. Este acontecimento foi uma grande contribuição à teoria de algebra matricial e um grande avanço para a análise fatorial.

A primeira abordagem efetiva, do ponto de vista teórico da

estatística, foi feito por LAWLEY [32], eliminando as indeterminações e decisões subjetivas que acompanhavam os outros métodos na determinação dos coeficientes fatoriais.

A partir daí, LAWLEY [32] publicou outros trabalhos sobre diversos problemas em análise fatorial. Outras importantes contribuições foram feitas por HOLZINGER e HARMAN [23], HOWE [26], RAO [40] e ANDERSON e RUBIN [3].

Com o advento dos computadores eletrônicos, novas técnicas de análise fatorial foram desenvolvidas, tornando o seu uso cada vez mais prático e segundo, HARMAN [20], ampliando o seu campo de utilização para outras áreas de conhecimento.

A análise fatorial capacita o pesquisador estudar experimentos de grande complexidade e diversidade e sobretudo, moldar os resultados em teoria científica. Ela oferece uma técnica de análise e uma estrutura teórica de manipulação indutiva e dedutiva dos dados, os quais podem ser tanto qualitativos como quantitativos.

No aspecto indutivo, a análise fatorial é um método científico para análise exploratória de dados. Não existe nenhuma restrição quanto ao conteúdo dos dados. No aspecto dedutivo, pode ser empregada como parte de uma teoria para obtenção de deduções lógicas sobre os experimentos realizados ou na verificação de existência de padrões hipotéticos.

As técnicas matemáticas inerentes à análise fatorial, certamente, não estão limitadas às aplicações psicológicas. Aplicações bem sucedidas têm sido realizadas em diversos campos,

tais como, ciência política, medicina, educação, economia, astronomia e outros.

Nas diversas áreas de conhecimento é freqüente o pesquisador se ver frente a diversas observações de várias variáveis que representam medidas de um mesmo evento. Se o número de variáveis for grande, o pesquisador pode estar interessado em estruturar e simplificar seus dados de maneira a conservar o máximo possível das informações originais. A análise fatorial fornece este recurso ao pesquisador.

4.2 MODELO MATEMATICO

Seja um conjunto de p variáveis aleatórias com N observações em cada variável. Assim, supõe-se que cada variável X_i ($i=1, \dots, p$) possa ser representada por uma combinação linear de m variáveis hipotéticas ($m > p$), denominados de fatores comuns e um fator residual ou específico. Desta forma, o modelo fatorial fica determinado da seguinte forma:

$$X_i = \sum_{j=1}^m l_{ij} \times F_j + \varepsilon_i \quad \dots \text{EQUAÇÃO 4.1}$$

$i=1, \dots, p$

onde: X_i é a i -ésima variável aleatória

F_j é o j -ésimo fator comum

ε_i é o fator específico da variável X_i

l_{ij} é a carga fatorial da i -ésima variável no j -ésimo fator

O fator comum é algebricamente uma função linear de contribuição

da variância comum (comunalidade) de uma variável. O fator específico representa fontes de variações que afetam cada variável X_i . E, finalmente, as cargas fatoriais são os pesos para cada fator (dimensão) medir sua contribuição no contexto dos dados observados.

Neste modelo, supõe-se que:

- 1) as variáveis aleatórias (ε_i) são não correlacionadas entre si e não correlacionadas com os fatores comuns;
- 2) os fatores F_j podem ser correlacionados entre si (fatores oblíquos) ou não correlacionados (fatores ortogonais).

Estas suposições implicam em certas relações de covariâncias que são dadas por:

$$\begin{array}{ll}
 F \text{ e } \varepsilon \text{ são independentes:} & \text{Cov}(\varepsilon, F) = E(\varepsilon F') = 0 \\
 \varepsilon \text{ são não correlacionados:} & E(\varepsilon) = 0 \quad \text{Cov}(\varepsilon) = E(\varepsilon \varepsilon') = \psi \\
 F \text{ é ortogonal:} & E(F) = 0 \quad \text{Cov}(F) = E(F F') = I
 \end{array}$$

onde: I é a matriz identidade

ψ é a matriz diagonal de variâncias de ε_i (variância residual)

A variância de ε_i , é denominada variância residual (ou especificidade) e é denotada por ψ . A parte da variância de cada variável devida só aos fatores comuns é denominada de comunalidade da variável X_i , e é dada por:

$$h_i^2 = \sigma_i^2 - \psi_i = \sum_{j=1, \dots, m} l_{ij}^2 \quad \dots \text{EQUAÇÃO 4.2}$$

As variâncias e covariâncias das variáveis observadas, sob a suposição de fatores não correlacionados, são dadas por:

$$\sigma_{ii} = \sigma_i^2 = \sum_{j=1}^m l_{ij}^2 + \psi_i \quad i=1,2,\dots,p$$

$$\sigma_{ir} = \sum_{j=1}^m l_{ir} \times l_{rj} \quad \begin{matrix} i = r \\ r=1,2,\dots,p \end{matrix}$$

Os componentes da variância de uma variável, a comunalidade e a unicidade estão indicadas na Figura 4.1, possuem cada qual um significado particular. A comunalidade da variável X_i representa uma parte da variância que é comum à todas outras variáveis do conjunto de dados. Por outro lado, a unicidade da variável X_i é a parte da variância que não é comum às outras variáveis. Esta por sua vez, é composta pelo erro aleatório que representa uma parte da unicidade que é não confiável; e pelo erro específico que representa a parte confiável. Esquemáticamente, a variância fica dada do seguinte modo:

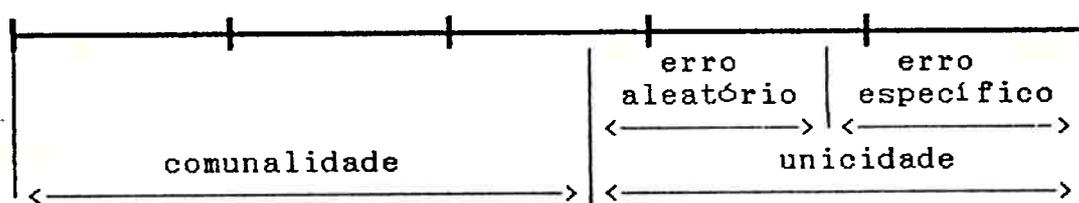


FIGURA 4.1 - VARIANCIA TOTAL

O conceito natural de fatores permite distingüir três categorias distintas:

- 1) conceito formal que denota uma classe de relações lógicas ou matemáticas entre símbolos;
- 2) conceito teórico (ou constructo) denotado por estratégias

analíticas para gerar outros conceitos de natureza empírica ou teórica e;

3) conceito empírico que pode definir uma classe existencial de coisas, eventos ou processos.

No aspecto formal, os fatores podem ser considerados como dimensões de um espaço vetorial definindo, portanto, os seus limites. Podem ser utilizados na elaboração matemática de uma teoria envolvendo investigações das propriedades analíticas da análise fatorial no contexto da teoria de álgebra superior.

Como constructo, os fatores medem o trabalho interno de uma "caixa preta" através da transformação dos dados observados em variáveis aleatórias. A idéia de que os fatores são constructo definem uma relação causal fundamental aos padrões observados. Entretanto, o mecanismo através do qual estas causas operam podem ser desconhecidas. Os fatores delinearão o fenômeno em que estão envolvidos.

E, como conceito empírico, os fatores podem ser considerados como tipologia, classificando ou categorizando o fenômeno, de acordo com as interrelações entre seus componentes. Neste caso, eles podem agrupar variáveis independentes em categorias descritivas e cada uma delas pode envolver uma gama de fenômenos relacionados.

Pode ser necessário, desenvolver uma escala em que indivíduos ou grupos sejam ordenados. Tal escala envolve o problema de ponderação das várias características a serem combinadas. Neste caso, a

análise fatorial oferece a solução, dividindo as características em fatores ou dimensão. Cada fator define um grupo de características interrelacionadas (unidade funcional), que podem ser usadas como uma escala. Os pesos são derivados da variação que uma característica tem em comum com um dado fator.

O objetivo da análise fatorial constitui-se em estimar, a partir dos dados experimentais, as cargas fatoriais (l_{ij}) e as especificidades (ψ_i). Para facilitar a interpretação dos fatores é necessário fazer a rotação dos fatores, de modo a obter uma estrutura mais simples.

Finalmente, é comum, descrever os fatores em termos das variáveis observadas. Isto significa reduzir o conjunto inicial de m variáveis à um conjunto menor de fatores, dados pela Equação 4.2. Neste caso, é necessário, estimar o grau de contribuição de cada variável em cada fator. Estes valores denominam-se escores fatoriais e representam a importância atribuída a cada variável (X_i) na determinação de cada dimensão fatorial. Estes são os valores escala desejados e sua forma de determinação está descrita a seguir, no item 4.4.2.

É por isso que LAWLEY E MAXWELL [33] consideram o processo de estimação em análise fatorial como sendo um procedimento em dois estágios. No primeiro, são estimados os parâmetros do modelo (as cargas fatoriais e as especificidades), em seguida, eles são usados para determinar os escores fatoriais.

4.3 METODO DAS COMPONENTES PRINCIPAIS

Conforme foi dito anteriormente, existem diversas técnicas de solução para o método de análise fatorial. Vamos expor, neste trabalho, o método de extração de fatores pelas componentes principais.

Este método originou-se no trabalho de HOTTELLING [24] e é extremamente relacionado com a análise de componentes principais. Esta técnica de análise multivariada foi introduzida por PEARSON [39] e desenvolvida, mais tarde, por HOTTELLING [25].

O método de análise das componentes principais tem por objetivo obter variáveis Y_i ($i=1, \dots, p$), a partir de combinações lineares das p variáveis observadas X_i ($i=1, \dots, p$). As variáveis Y_i ($i=1, \dots, p$) são não correlacionadas e ordenadas por suas variâncias, em ordem decrescente, e de tal forma que a variância total do conjunto inicial esteja preservada.

O vetor de componentes principais Y é definido pela transformação ortogonal:

$$Y = a'X$$

onde: Y é o vetor constituído pelas p componentes principais (Y_i)
 X é o vetor constituído pelas p variáveis observadas (X_i)
 a' é a matriz ortogonal de ordem p constituída pelos p vetores característicos

Da teoria sobre raízes e vetores característicos sabe-se que a matriz de variâncias e covariâncias (Σ) pode ser decomposta em:

$$\Sigma = a \Delta a'$$

onde: Σ é a matriz de variâncias e covariâncias

a é o vetor constituído pelos vetores característicos de Σ

Δ é a matriz diagonal cujos elementos são as raízes características de Σ

a' é a transposta de a

Por definição, as raízes características (ou autovalores) de uma matriz A , de ordem k , são os escalares $\lambda_1, \dots, \lambda_k$ que satisfazem a seguinte equação característica dada por:

$$|A - \lambda I| = 0$$

onde: A é uma matriz quadrada de ordem k

λ é o vetor de escalares $\lambda_1, \dots, \lambda_k$

I é a matriz identidade de ordem k

Se x é um vetor não nulo de ordem $k \times 1$, tal que $Ax = \lambda x$, então, x é dito ser um vetor característico (ou autovetor) da matriz A .

Se por um lado, tomarmos a somatória das variâncias das variáveis X_i ($i=1, \dots, p$), e por outro a somatória das variâncias de Y_i ($i=1, \dots, p$) temos que:

$$\sum_{i=1, \dots, p} \text{var} (X_i) = \text{tr} (\Sigma)$$

$$\sum_{i=1, \dots, p} \text{var} (Y_i) = \text{tr} (\Delta)$$

pois, se: $\Sigma = a \Delta a' \longrightarrow \text{tr} (\Sigma) = \text{tr} (a \Delta a') =$
 $= \text{tr} (\Delta a a') = \text{tr} (\Delta)$

Isto significa que a variância total das variáveis X_i é preservada por esta transformação linear do método das componentes principais.

Do ponto de vista matemático, a extração dos fatores, pelo método das componentes principais, é equivalente a escolher um conjunto de fatores em ordem decrescente de sua contribuição à comunalidade total das variáveis observadas.

4.4 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO

No item 4.2 foi introduzido o modelo de análise fatorial. Agora iremos centrar a atenção sobre os processos de estimação dos parâmetros. Por conveniência usaremos a notação matricial.

Sejam X e ε as matrizes com elementos X_{ki} e ε_i ($k=1, \dots, N$ e $i=1, \dots, p$), respectivamente, e seja F o vetor coluna com os elementos F_j ($j=1, \dots, m$). A Equação 4.1, escrita na forma matricial, fica da seguinte forma:

$$X = L \times F + \varepsilon \quad \dots \quad \text{EQUAÇÃO 4.3}$$

onde: $X = (X_i)$ é a matriz ($p \times m$) de variáveis aleatórias

$L = (l_{ij})$ é a matriz ($p \times m$) das cargas fatoriais.

$F = (F_j)$ é o vetor dos fatores

$\varepsilon = (\varepsilon_i)$ é o vetor das especificidades

A matriz de covariância de X , denotada por Σ , é uma matriz

simétrica, definida positiva (todos os menores principais diagonais são maiores que zero) e de ordem p . Os vetores aleatórios ε e F são supostos não correlacionados, portanto:

$$\Sigma = \sigma_{ij}$$

$$E(\varepsilon F') = 0$$

A matriz de covariância de ε é dada por:

$$E(\varepsilon \varepsilon') = \psi$$

onde: ψ é uma matriz diagonal de ordem p , cujos elementos diagonais são $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_p$.

Considerando que os fatores são não correlacionados (ortogonais) e com variâncias unitárias, a matriz de covariância é, então, dada por:

$$E(F F') = I_m$$

onde: I_m é a matriz unitária de ordem m .

Das suposições feitas acima, temos:

$$\begin{aligned} \Sigma &= E(X X') = E((L F + \varepsilon)(L F + \varepsilon)') = \\ &= E((L F)(L F)' + (L F)\varepsilon' + \varepsilon(L F)' + \varepsilon \varepsilon') = \\ &= L E(F F') L' + L E(F \varepsilon') + E(\varepsilon F') L' + E(\varepsilon \varepsilon') = \\ &= L L' + \psi \end{aligned} \quad \dots \dots \text{EQUAÇÃO 4.4}$$

Esta representação de Σ é fundamental e os parâmetros a serem obtidos são as matrizes L e ψ . Portanto, o objetivo do problema é

saber se para uma dada matriz Σ é possível obter, para um valor de m menor do que p , uma única matriz ψ com elementos diagonais positivos e uma única matriz L , $p \times m$, satisfazendo a Equação 4.1, de modo a obter estimadores consistentes.

No início deste processo, tanto as comunalidades como as especificidades não são conhecidas e devem ser estimadas a partir dos dados amostrais.

4.4.1 Estimativa das comunalidades

A estimativa das comunalidades resume-se na análise da variância comum entre as variáveis. Um grande quantidade de soluções têm sido proposta, entre as quais temos:

1. o maior valor da correlação de uma variável com as demais variáveis;
2. a correlação múltipla ao quadrado de uma variável com as demais variáveis;
3. estimadores obtidos de análise preliminar da matriz de correlação com a unidade nos elementos diagonais.

Tem-se observado que não existe nenhuma superioridade entre estes métodos. Quando o número de variáveis na matriz de dados aumenta, o efeito de uma comunalidade praticamente diminui.

Para fatorar uma matriz de correlação com elementos unitários na

diagonal principal, implica que o modelo fatorial por componentes principais terá duas soluções.

Primeiro, a própria correlação de uma variável freqüentemente inclui variância única à variável e variância comum às outras variáveis. Esta variância única inclui partes de erros específico e aleatório. O resultado da fatoração, neste caso, serve para representar as dimensões que respondem pela variância específica, erro aleatório e variância comum entre os fatores.

Segundo, se o número de variáveis é menor do que o de casos, então o número de fatores necessário para a representação total da variância dos dados será igual ao número de variáveis. Para evitar, neste caso, que não haja nenhuma vantagem na fatoração, é comum, extrair somente os fatores com parcelas significativas da variância total.

Após as comunalidades terem sido estimadas, substitui-se os valores da diagonal principal da matriz de correlação amostral por estes valores. A matriz assim obtida é denominada de matriz de correlação reduzida. O método das componentes principais, descrito acima, está então, pronto para ser aplicado.

Escolhe-se, então, as m raízes características e os correspondentes vetores característicos de modo que a matriz de cargas fatoriais seja obtida por:

$$L^* = a^* \times \Delta^{1/2}$$

onde: L^* é a matriz de cargas fatoriais

a^* é a matriz ($p \times m$) constituída pelos vetores característicos
 Δ é a matriz diagonal de ordem m cujos elementos são as
raízes características

Ao invés de extrair todos os fatores existentes nos dados, o processo é interrompido quando não resta nenhuma parcela adicional significativa de variância. No caso do método pelas componentes principais supõe-se que isto ocorra para os autovalores maiores que a unidade.

4.4.2 Rotação dos fatores

O problema fundamental da rotação é determinar uma transformação que produzirá uma matriz rotacionada com certas propriedades fundamentais. A técnica fatorial pode ser adequada para definir uma dimensionalidade mínima dos dados observados, entretanto, é comum que os fatores originais, quase sempre, são de difícil interpretação.

A Equação 4.1 também é satisfeita se trocarmos F por $M'F$ e L por LM , sendo M qualquer matriz ortogonal de ordem m e M' sua transposta. Assim, existirá uma infinidade de soluções para a matriz L , pois qualquer solução poderá ser trocada por LM , de modo a ter uma única solução. Partindo da suposição que exista uma única matriz ψ , devem ser impostas algumas restrições.

Segundo LAWLEY e MAXWELL [33], para que ψ seja única, dado um valor m menor do que p , a matriz de covariâncias Σ tem que ser expressa na forma:

$$\Sigma = LL' + \psi$$

onde: $L = (l_{ij})$ é a matriz de cargas fatoriais ($p/ i=1, \dots, p$ e $j=1, \dots, m$)

Sendo os fatores ortogonais, portanto, $m > 1$ e supondo que exista uma única matriz diagonal ψ com elementos positivos, escolhe-se L tal que a matriz $(L' \times (\psi^{-1}) \times L)$ seja uma matriz diagonal ($m \times m$) e cujos elementos sejam as raízes características não nulas da seguinte matriz simétrica de posto m :

$$\psi^{-1/2} \times (\Sigma - \psi) \times \psi^{-1/2}$$

Neste contexto, é impossível distinguir as cargas fatoriais L das cargas LM , tal que M seja uma transformação ortogonal. Os fatores F e $M'F$ têm as mesmas características estatísticas e ambos geram a mesma matriz de covariância. Esta ambigüidade proporciona condições para se fazer a rotação dos fatores. É prática usual rotacionar os fatores até que seja obtida uma estrutura mais simples.

KAISER [28] sugeriu, em 1958, uma medida analítica, de estrutura simples, conhecida por critério varimax, cujo efeito é proporcionar variáveis com comunalidades relativamente pequenas e cujas novas cargas tendem a ser maiores ou menores em tamanho absoluto se comparadas com seus valores originais. Este critério seleciona a transformação ortogonal M , que proporciona o maior valor para V dado por:

$$V = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p (l_{ij}^*)^4 - \sum_{i=1}^p \left(\frac{l_{ij}^{*2}}{p} \right)^2$$

..... EQUAÇÃO 4.5

Este critério é uma função da variância das cargas fatoriais de cada fator. Como em cada fator existem cargas mais altas e mais baixas, a variância das cargas fatoriais ao quadrado é maior. A maior variância dos fatores é obtida quando as cargas são zero ou unitárias. Portanto, uma rotação ortogonal pode ser computada pela maximização da variância das cargas fatoriais ao quadrado. Por isso é chamado critério varimax - variância máxima.

Quase todos os trabalhos publicados sobre análise fatorial fazem rotação ortogonal empregando o critério varimax. E segundo, HARMAN [20], é a melhor técnica analítica de rotação ortogonal.

Este processo de maximização é trabalhoso, contudo, graças aos recursos computacionais disponíveis, hoje, podem ser prontamente realizados. Este método faz parte das opções oferecidas para rotação de fatores do "software" SPSS-X.

4.4.3 Estimativa dos escores fatoriais

É comum, quando se utiliza a análise fatorial para a construção de índices, descrever os fatores em termos das variáveis observadas. Para isto, é necessário, estimar-se os valores de cada fator para cada indivíduo. Estes valores são denominados de escores fatoriais e correspondem aos valores escala de cada indivíduo.

Existem alguns métodos para a estimação desses escores fatoriais, tais como, o método de regressão (THOMSON [45] e o método de BARTLETT [5]. Como LAWLEY & MAXWELL [33] mostraram que os estimadores obtidos pelo método de regressão são viesados,

optaremos, neste trabalho, pelo outro método por motivos óbvios.

Os escores fatoriais não são parâmetros do modelo fatorial, são valores atribuídos às variáveis hipotéticas. Portanto, para serem estimados faz-se necessário utilizar o princípio dos mínimos quadrados.

O método desenvolvido por BARTLETT [5] utiliza este princípio, de tal forma que a soma dos resíduos padronizados seja mínima. Assim:

$$\sum \frac{\varepsilon^2}{\psi_i} = \varepsilon' \times \psi^{-1} \times \varepsilon = (X - \Sigma F)' \times \psi^{-1} \times (X - \Sigma F)$$

é derivado em relação a F obtém-se:

$$F^* = (\Sigma \times \psi^{-1} \times \Sigma)^{-1} \times \Sigma' \times \psi^{-1} \times X \quad \dots \quad \text{EQUAÇÃO 4.6}$$

Esta equação permite calcular os escores fatoriais, tanto para fatores correlacionados como não correlacionados. No caso dos fatores serem ortogonais, portanto não correlacionados, o produto matricial dado abaixo resulta em uma matriz diagonal.

$$\Sigma' \times \psi^{-1} \times \Sigma$$

4.5 INTERPRETAÇÃO GEOMÉTRICA DOS FATORES

Todos os vários conceitos utilizados em análise fatorial, tais como, correlações, cargas fatoriais, comunalidades, especificidade e outros, podem ser ilustrados geometricamente. É fundamental,

também, no caso particular da rotação dos fatores.

O coeficiente de correlação entre duas variáveis é equivalente ao cosseno do ângulo formado por seus vetores no espaço de n dimensões. No espaço fatorial comum têm-se tantas dimensões quantos forem os fatores comuns. Este, aliás, foi o conceito principal da teoria de THURSTONE [46]. As cargas fatoriais são as coordenadas das variáveis no espaço fatorial comum. As cargas fatoriais medem o grau de relacionamento entre uma variável e um determinado fator, portanto, são correlações entre fatores e variáveis. A soma dos quadrados das cargas fatoriais de uma variável é igual à sua comunalidade ao quadrado. Portanto, a comunalidade corresponde ao comprimento do vetor desta variável no espaço de n dimensões.

Os fatores são, também, interpretáveis como vetores, com comprimentos unitários, pois suas variâncias são as variâncias dos fatores comuns. Em um espaço de n dimensões significa ter, geometricamente, uma hiper-esfera de dimensão n , cuja base é dada pelo conjunto de fatores obtido no processo de extração.

4.6 CONCLUSÃO

O método de análise fatorial é bastante complexo, mas também, dá condições de se fazer uma série de análises para um melhor entendimento do experimento. É possível analisar as relações entre as variáveis e como estão sendo agrupadas em torno dos fatores.

Os escores fatoriais apresentam propriedades estatísticas que lhes permitem serem utilizados em outros programas do "software"

SPSS-X como dados de entrada e com parametros estatisticos bem determinados e sobretudo, padronizados.

CAPÍTULO 5
ANÁLISE DE GRUPOS

5. ANÁLISE DE GRUPOS

5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os métodos multivariados de análise de grupo utilizados no trabalho, quais sejam, o método de análise de "cluster" e o de análise discriminante.

Inicialmente é feito um relato descritivo de como sobre os procedimentos utilizados por estes métodos. Em seguida é mostrado o desenvolvimento matemático de cada um deles.

A análise de grupos tem por objetivo verificar a homogeneidade dos indivíduos nos respectivos grupos em consonância com os padrões vigentes de agregação e gerar indicadores.

5.2 ANÁLISE DE CONGLOMERADOS ("CLUSTER")

Segundo JOHNSON [27], em 1982, a análise de "cluster" é um procedimento exploratório, extremamente útil, no entendimento da natureza complexa das relações multivariadas. Os grupos fornecem informações significativas para atribuição de dimensionalidade, identificação dos limites e sugestão de relações entre os grupos.

A análise de "cluster" é uma técnica multivariada mais primitiva e que não exige nenhuma hipótese quanto a estrutura dos grupos, mas apenas com relação ao número de grupos.

Raramente é possível examinar todos os agrupamentos possíveis, mesmo com os recursos computacionais atualmente disponíveis. Devido a este fato, uma grande quantidade de algoritmos de "clustering" têm surgido para encontrar os grupos de forma mais natural.

Os agrupamentos são feitos com base em medidas de similaridades ou distância (dissimilaridades). O objetivo básico, então, é encontrar os grupos de indivíduos ou de variáveis. Usualmente, as variáveis são agrupadas com base no coeficiente de correlação (cluster de variáveis) e os indivíduos com base na distância euclideana (cluster de indivíduos).

Um aspecto de grande subjetividade ocorre na escolha da medida de similaridade. As considerações mais importantes incluem a natureza das variáveis (discreta, contínua ou binária) e as escalas de mensuração (de ordem ordinal, nominal, intervalar ou de razão).

De modo geral, existem dois tipos fundamentais de "cluster", quais sejam, os métodos hierárquicos e os não hierárquicos.

Os métodos hierárquicos iniciam com uma série de divisões sucessivas, de forma que no princípio existem tantos "clusters" quantos forem os indivíduos. No passo seguinte, estes "clusters" serão agrupados mediante um critério pré-estabelecido, em particular, os "linkage methods" (single, average e complete linkage).

Os métodos não hierárquicos, por sua vez, são exclusivos para agrupar indivíduos. O número de "clusters" pode ser especificado no início ou ser decorrente do próprio procedimento.

Estes métodos começam ou pela divisão dos indivíduos em grupos ou de um conjunto inicial de pontos-chave que determinarão os centróides dos "clusters". Este método será descrito com maior detalhe por ser o que foi utilizado neste trabalho.

O algoritmo apresentado por JOHNSON [27] é simples e de fácil entendimento. É constituído em três passos:

1. dividir os indivíduos em k "clusters" iniciais;
2. para cada indivíduo, atribua-lo ao "cluster" cujo centróide está mais próximo, tomando como base a distância euclideana. Recalcular o novo centróide do "cluster" que recebeu este indivíduo e do que o perdeu;
3. repetir o passo 2 até que todo indivíduo seja alocado.

Observa-se, normalmente, que a maioria das atribuições ocorre no primeiro passo de realocação. No caso de ser necessário especificar o número de grupos, é conveniente executar o algoritmo para várias alternativas, pois um limite imposto pode produzir grupos com muita dispersão nos seus indivíduos. Conseqüentemente, a configuração final dos "clusters" deve ser cuidadosamente examinada.

5.3 ANÁLISE DISCRIMINANTE

Por outro lado, para classificar um indivíduo em uma população, segundo JOHNSON [27], surgem dificuldades quanto à natureza destas informações, que são a própria existência da análise discriminante

e que podem ser resumidas em:

- informação perdida: isto é, a informação principal está perdida, portanto deve-se recorrer a outros atributos que permitam a classificação,

- informação inacessível: a informação existe, mas não está acessível. A saída é escolher o melhor conjunto de atributos disponíveis, de forma a minimizar a probabilidade de erro na discriminação,

- informação inexistente: ocorre nos casos de predição. Baseado em experiências anteriores, pode-se tentar fazer a classificação, embora, a certeza só poderá ser constatada com a verificação posterior à realização do experimento.

A análise discriminante é uma técnica multivariada para comprovar ou não estatisticamente a discriminação de grupos de indivíduos, definidos a priori, e/ou alocar novos indivíduos nestes grupos previamente definidos. O procedimento de discriminação, pela sua própria natureza, é um método exploratório enquanto que o procedimento de classificação utiliza-se de regras bem estabelecidas.

As poucas aplicações práticas do método de análise discriminante têm sido, sobretudo, devido à falta de informação quanto a formação dos grupos, pois nem sempre é possível estimá-los com os dados que dispomos.

Neste caso, é necessário um ponto de partida para a separação

dos indivíduos nos seus respectivos grupos. Neste trabalho, foi utilizado o método de classificação sócio-econômico da ABA/ABIPEME para separação dos grupos, entretanto, como este método é falho, contornou-se este problema, confrontando-os com os grupos obtidos da análise de "cluster".

A primeira solução para o problema de discriminação entre duas populações, segundo LACHENBRUCH [30], foi apresentada no artigo "The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems", de FISHER [15], e se dedicava à discriminação entre dois tipos de plantas.

Sem justificação teórica, FISHER [15], sugeriu o uso de uma combinação linear com as variáveis características dos elementos da amostra. Os coeficientes desta função foram calculados de forma a maximizar a relação entre as distâncias das populações da amostra ao quadrado e suas variâncias, determinados pela combinação linear. Esta distância foi definida pela diferença entre as médias de cada população.

A obtenção exata dos coeficientes da função discriminante de FISHER é bastante trabalhosa, pois exige a inversão de uma matriz de ordem p (onde p é o número de variáveis do problema). Na época surgiram, então, diversos trabalhos sugerindo aproximações no cálculo da função discriminante.

Apesar de ter sido sugerida para o problema específico de discriminação entre duas populações, seu uso foi estendido, desde o início, para a discriminação entre mais de duas populações.

Durante muito tempo a análise discriminante se resumiu ao uso da

função linear de FISHER [15] não levando em conta a questão de erro no processo de discriminação. Estas noções foram incorporadas aos processos estatísticos, somente no final da década de 30, com os trabalhos de Pearson e Newman.

Segundo LACHENBRUCH [30], o primeiro trabalho que abordou o processo de discriminação entre duas populações, considerando as probabilidades de erro de classificação, foi o de WELCH em 1939. Sua solução consistia em partir um espaço amostral em duas regiões R_1 e R_2 , de tal forma que se um elemento pertencer a R_1 será classificado na população Π_1 e caso contrário na população Π_2 . A escolha da partição deve ser feita de modo a minimizar a probabilidade de erro de classificação.

O grande inconveniente destes métodos, que consideram as probabilidades de erro para classificar um indivíduo em uma região, é assumir como conhecidas as distribuições conjuntas das p variáveis. Entretanto, nem sempre estas distribuições são conhecidas e resolve-se o problema substituindo os parâmetros populacionais por suas estimativas.

Mais tarde, VON MOISES enfocou o problema de forma um pouco diferente, considerando as probabilidades de classificação correta associadas a cada população.

No final de 1949, PETERSON publicou um artigo abrindo uma nova linha de estudos na análise discriminante. Os parâmetros populacionais, as probabilidades "a priori" (probabilidade de que um indivíduo pertença a um grupo conhecido) e a discriminação passam a ser estudadas simultaneamente. O objetivo desta linha de

pesquisa é obter um conjunto de estimadores que maximize a probabilidade de classificação correta.

Em 1952, RAO introduz um novo conceito nos problemas de discriminação, a região de dúvida. A partir daí, o espaço amostral não era mais partido em k regiões, e sim em $k+1$ regiões. Caso um elemento pertencesse a região de dúvida, nenhuma decisão seria tomada quanto à sua classificação.

5.4 MODELO MATEMÁTICO

Suponha-se que uma população seja constituída de dois grupos, Π_1 com n_1 indivíduos e Π_2 com n_2 indivíduos. A teoria estatística da análise discriminante assume que as variáveis discriminantes tem distribuições normais e que as matrizes de covariância dos grupos são iguais. Na prática, o método é muito robusto e estas hipóteses não são, necessariamente, obedecidas. Se os parâmetros das distribuições de x em Π_1 e Π_2 são conhecidos, pode-se utilizar este recurso para as regras de atribuição. Caso contrário, os parâmetros deverão ser estimados.

FISHER [15] sugeriu usar uma combinação linear das variáveis, escolhendo os coeficientes de modo que a relação entre a diferença das médias ao quadrado, obtidas da combinação linear nos dois grupos e suas variâncias seja máxima.

Seja a seguinte combinação linear:

$$Y = \lambda' X$$

..... EQUAÇÃO 5.1

portanto, para cada população, os valores médios de Y serão dados por:

$$\text{em } \Pi_1 : \lambda' u_1$$

$$\text{em } \Pi_2 : \lambda' u_2$$

$$\text{var}(Y \text{ em } \Pi_1 + \Pi_2) = \lambda' \Sigma \lambda \quad \text{se } \Sigma_1 = \Sigma_2 = \Sigma$$

O valor de λ deve ser escolhido de modo a maximizar a seguinte relação:

$$\phi = \frac{(\lambda' \bar{u}_1 - \lambda' \bar{u}_2)^2}{\lambda' \Sigma \lambda}$$

diferenciando ϕ com relação a λ e igualando a zero tem-se:

$$\bar{u}_1 - \bar{u}_2 = \Sigma \lambda \left[\frac{\lambda' \bar{u}_1 - \lambda' \bar{u}_2}{\lambda' \Sigma \lambda} \right]$$

Como os valores de λ' são usados somente para separar as populações, pode-se multiplicar λ por uma constante qualquer (adotado $\Sigma^{-1}(u_1 - u_2)$). Se os parâmetros não são conhecidos e as matrizes de covariâncias não são iguais, é prática usual estimá-los em função de \bar{x}_1 , \bar{x}_2 e S.

Conseqüentemente, o processo de atribuição consiste em atribuir um indivíduo na população Π_1 se Y estiver mais próximo de Y_1 que de Y_2 e em Π_2 caso contrário. Os valores Y, Y_1 e Y_2 são calculados

conforme está indicado a seguir:

$$Y = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' S^{-1} X$$

$$Y_1 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' S^{-1} \bar{x}_1$$

$$Y_2 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' S^{-1} \bar{x}_2$$

e S é uma combinação das matrizes de covariância S₁ e S₂ de cada população e é dada por:

$$\begin{aligned} S &= \frac{(n_1-1)}{(n_1-1)+(n_2-1)} S_1 + \frac{(n_2-1)}{(n_1-1)+(n_2-1)} S_2 = \\ &= \frac{(n_1-1)S_1 + (n_2-1)S_2}{(n_1+n_2-2)} \end{aligned}$$

Um bom procedimento de classificação deve resultar em poucos casos classificados erroneamente. Isto significa dizer que a probabilidade de classificação errada deve ser pequena.

Em 1939, WELCH deu uma solução para o problema de minimizar a probabilidade total de classificação errada. Para isso, considerou que um espaço amostral R, é constituído pelas populações Π_1 e Π_2 . Seja p_1 a proporção de Π_1 na população e $p_2 = 1-p_1$, a de Π_2 . Estas populações correspondem a sub-espacos mutuamente exclusivos. Seja $f_1(x)$ e $f_2(x)$ as funções densidade de x, caso $x \in \Pi_1$ ou Π_2 . Desta forma, a probabilidade total de classificação errada é:

$$\begin{aligned} T(R, f) &= p_1 \int_{R_2} f_1(x) dx + p_2 \int_{R_1} f_2(x) dx = \\ &= p_1 (1 - \int_{R_1} f_1(x) dx) + p_2 \int_{R_1} f_2(x) dx = \\ &= p_1 + \int_{R_1} (p_2 f_2(x) - p_1 f_1(x)) dx \end{aligned}$$

cujo valor mínimo ocorre se R_1 é escolhido de modo que:

$$p_2 f_2(x) - p_1 f_1(x) < 0 \quad \text{para todo } X \in R_1$$

portanto, a regra de classificação é atribuir x em:

$$\Pi_1 \text{ se } \frac{f_1(x)}{f_2(x)} > \frac{p_2}{p_1}$$

Π_2 caso contrário

Matematicamente, este problema é equivalente a minimizar o custo esperado de classificação errada quando os custos de classificação errada são iguais para as duas populações. A generalização do problema de classificação para mais de 2 populações é direto, portanto, X deve ser alocado em Π_k se:

$$p_k f_k(x) > p_i f_i(x) \quad \text{p/ todo } i \neq k$$

5.5 CASOS ESPECIAIS

Um importante caso especial é quando Π_1 e Π_2 são populações multivariadas com distribuições normais e uma única matriz de covariâncias Σ . Em Π_i , tem-se:

$$f_i(x) = (2\pi)^{-k/2} |\Sigma|^{-1/2} \exp \left(-\frac{1}{2} (x-\bar{u}_i)' \Sigma^{-1} (x-\bar{u}_i) \right)$$

portanto,

$$\frac{f_1(x)}{f_2(x)} = \exp \left[-\frac{1}{2} (x-\bar{u}_1)' \Sigma^{-1} (x-\bar{u}_1) + \frac{1}{2} (x-\bar{u}_2)' \Sigma^{-1} (x-\bar{u}_2) \right] =$$

$$= \exp \left(x' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) - \frac{1}{2} (\bar{v}_1 + \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) \right)$$

tomando os logaritmos, tem-se a regra de atribuição:

$$D\tau(x) = \left[x - \frac{1}{2}(\bar{v}_1 + \bar{v}_2) \right]' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) > \ln \frac{p_2}{p_1}$$

A equação com base nos dados observados é derivada, substituindo os parâmetros da equação acima por suas estimativas:

$$Ds(x) = \left(x - \frac{1}{2}(\bar{x}_1 + \bar{x}_2) \right)' S^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

A função $D\tau(x)$ é uma transformação linear de x e considerando que x tem distribuições multivariadas normais, conseqüentemente $D\tau(x)$, também, é normal. As médias de $D\tau(x)$, caso $x \in \Pi_1$ ou Π_2 e sua variância são dadas por:

$$\begin{aligned} p/ x \in \Pi_1 \Rightarrow E(D\tau(x)) &= \left(\bar{v}_1 - \frac{1}{2}(\bar{v}_1 + \bar{v}_2) \right)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) = \\ &= \frac{1}{2} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) = \frac{1}{2} \delta^2 \end{aligned}$$

$$p/ x \in \Pi_2 \Rightarrow E(D\tau(x)) = \left(\bar{v}_2 - \frac{1}{2}(\bar{v}_1 + \bar{v}_2) \right)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) = -\frac{1}{2} \delta^2$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(D\tau(x)) &= E(D\tau(x) - D\tau(\bar{v}_i))^2 = E\left((x - \bar{v}_i)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) \right)^2 = \\ &= E\left((\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} (x - \bar{v}_i) (x - \bar{v}_i)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) \right) = \\ &= (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} E(x - \bar{v}_i) (x - \bar{v}_i)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) = \\ &= (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} \Sigma \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2) = \delta^2 \end{aligned}$$

onde: δ^2 é denominada de distância de Mahalanobis

Neste caso, a probabilidade de classificar um indivíduo errado corresponde à área sobreposta entre as duas curvas, conforme está indicado na Figura 5.1. Isto significa dizer que:

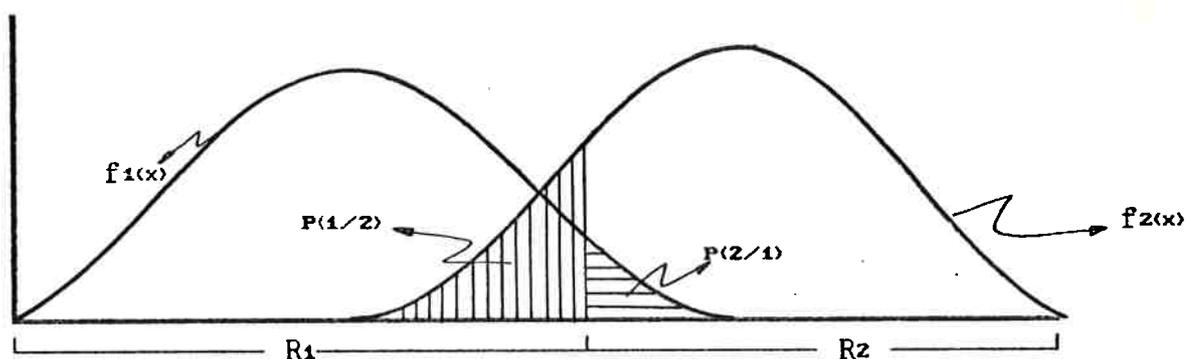


FIGURA 5.1 - PROBABILIDADE DE CLASSIFICAÇÃO ERRADA

$$T(R, f) = \frac{(\text{Pr}(1/2) + \text{Pr}(2/1))}{2}$$

onde: $\text{Pr}(1/2) = \int_{R_1} f_2(x) dx$ é a probabilidade de classificar um indivíduo de Π_1 como de Π_2 ,

$\text{Pr}(2/1) = \int_{R_2} f_1(x) dx$ é a probabilidade de classificar um indivíduo de Π_2 como de Π_1

MAS;

$$\begin{aligned} \text{Pr}(1/2) &= \text{Pr} \left(Y < \frac{1}{2} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 + \bar{v}_2) \right) = \\ &= \text{Pr} \left[\frac{Y - v_{1y}}{\sigma_y} < \frac{\frac{1}{2} (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} (\bar{v}_1 + \bar{v}_2) - (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)' \Sigma^{-1} \bar{v}_1}{\sigma_y} \right] = \\ &= \text{Pr} \left[Z < \left[\frac{\frac{1}{2} \delta^2}{\delta} \right] = \phi - \left[\frac{-\delta}{2} \right] \right] \end{aligned}$$

onde: ϕ é a função distribuição acumulada de uma variável aleatória normal padronizada.

Similarmente, o mesmo acontece com $P(z/1)$, portanto:

$$T(R, f) = \frac{\phi \left[\frac{-\delta}{2} \right] + \phi \left[\frac{-\delta}{2} \right]}{2} = \phi \left[\frac{-\delta}{2} \right]$$

5.6 FUNÇÃO DISCRIMINANTE CANÔNICA

É um método baseado no método original de FISHER, que desenvolve variáveis canônicas baseadas nas matrizes de covariâncias do grupo (within group) e entre os grupos (between group).

Seja B a matriz de covariância entre os grupos (between-group) e W a matriz de covariância do grupo dadas por:

$$B = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^g (\bar{v}_i - \bar{v})(\bar{v}_i - \bar{v})'$$

$$W = \Sigma$$

onde: $\bar{v} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^g \bar{v}_i$

No artigo original FISHER [15] sugeriu encontrar o componente linear λ que maximiza a seguinte relação:

$$r = \frac{\lambda' B \lambda}{\lambda' W \lambda}$$

derivando e igualando a zero tem-se:

$$(B - \gamma W)\lambda = 0$$

Esta equação tem uma solução não trivial sómente se:

$$| B - \gamma W | = 0 \quad \dots\dots \text{EQUAÇÃO 5.2}$$

A solução desta equação são os autovalores de $W^{-1}B$ e o número de soluções não nulas corresponde ao menor valor entre o número de grupos menos um e o número de variáveis. Os correspondentes autovetores são os componentes lineares λ 's que serão usados para a discriminação.

As vantagens de usar uma função discriminante canônica são indiscutíveis. Se por um lado, permite uma representação mais conveniente das observações quando o número de variáveis é muito maior comparado com o número de grupos, por outro lado, podem ser utilizados poucos autovetores para a análise dos dados, dando informações, sobretudo, sobre classificações erradas. Também é possível, com dois ou três autovetores plotar as médias de cada grupo para estudar as relações dos possíveis grupos da população.

Os coeficientes da função discriminante canônica são de grande importância analítica e sua interpretação é análoga à utilizada na análise fatorial. Eles são utilizados para calcular os escores discriminantes pela somatória dos produtos dos coeficientes pelo valor das variáveis correspondentes. Portanto, existirá um escore para cada indivíduo em cada função.

Os coeficientes das funções são derivados de tal modo que os

escores produzidos estão na forma padronizada. Isto significa dizer, portanto, que para todos os indivíduos da amostra, os escores obtidos de qualquer função tem média zero e desvio padrão unitário.

5.7 ANALOGIA COM A REGRESSÃO LINEAR MULTIPLA

Segundo LACHENBRUCH [30] existe uma analogia entre os coeficientes da função discriminante e os coeficientes de uma regressão linear múltipla. Desta forma, pode-se considerar a função discriminante como a solução de um problema de regressão.

Seja:

$$Y_i = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad \text{se } x_i \in \Pi_1$$

$$Y_i = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad \text{se } x_i \in \Pi_2$$

Desta forma, tem-se que:

$$\bar{Y} = 0$$

Deseja-se encontrar os parâmetros λ que melhor ajustam o modelo

$$E(y_i) = \lambda' (x_i - \bar{x})$$

Multiplicando-se ambos os lados por $(x_i - \bar{x})$ e fazendo a somatória, tem-se:

$$\sum_{i=1}^{(n_1+n_2)} y_i(x_i - \bar{x}) = \frac{n_2}{(n_1+n_2)} n_1(x_1 - \bar{x}) - \frac{n_1}{(n_1+n_2)} n_2(x_2 - \bar{x}) =$$

$$= \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

e:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{(n_1+n_2)} (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' &= \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' + \sum_{i=1}^{n_2} (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' \\ &= (n_1+n_2-2)S + \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' \end{aligned}$$

portanto:

$$\left((n_1+n_2-2)S + \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)' \right) \lambda = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

Fazendo $A = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \lambda$ tem-se:

$$(n_1+n_2-2)S\lambda = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)(1 - A)$$

Portanto, λ é proporcional a $S^{-1}(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, exatamente da mesma forma para obtenção dos coeficientes da função discriminante obtidos anteriormente. Assim, FISHER [15] mostrou que a significância estatística da regressão é a mesma da discriminação.

Existe, também, uma interessante relação entre o coeficiente de correlação múltipla (R^2) e a distância de Mahalanobis (δ^2). No caso de discriminação dicotômica vale a seguinte relação:

$$D = \frac{R^2}{1 - R^2} \frac{(n_1+n_2)(n_1+n_2-2)}{n_1 n_2}$$

5.8 CONCLUSÕES

Neste trabalho, devido aos problemas causados pelo critério de classificação sócio-econômico da ABA/ABIPEME, foi necessário fazer um estudo mais profundo sobre a homogeneidade dos grupos de indivíduos. Este estudo foi realizado pela análise de "cluster".

Em seguida, para os grupos formados obteve-se os indicadores de NS, através de uma combinação linear dos valores discriminantes canônicos obtidos para cada indivíduo de cada grupo.

CAPÍTULO 6
ESTUDO DE CASO

6. ESTUDO DE CASO

6.1 OBJETIVO

O objetivo deste capítulo é mostrar uma aplicação prática do método proposto de avaliação do NS de um sistema de transporte coletivo urbano, sob o ponto de vista do usuário.

Este método pode ser utilizado para avaliação de qualquer sistema de transporte coletivo sendo necessário, apenas, desenvolver uma escala de atitudes adequada ao sistema de transporte quando este for diferente do ônibus urbano.

O estudo de caso constitui-se na avaliação do NS da linha 702U - Butantã (USP) - Concórdia, da Companhia Municipal de Transportes Coletivos (CMTCC) da Cidade de São Paulo. Seu itinerário (volta) sai do Largo da Concórdia com destino na Cidade Universitária, corta a região central da Cidade de São Paulo passando pela Av. Ipiranga, subindo a Av. da Consolação, Av. Rebouças, Av. Eusébio Matoso e Cidade Universitária.

6.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo para avaliação do NS do transporte coletivo por ônibus constituiu-se na aplicação de um questionário, na forma de entrevista pessoal, conforme Anexo 1, e que contém duas partes distintas. Na primeira parte estão os dados sócio-econômicos e os dados de viagem do usuário. A segunda parte é constituída pela escala de atitudes.

A escala de atitudes do tipo Likert foi considerada, para efeito deste trabalho, como um instrumento de avaliação pois, não é objetivo deste trabalho o mérito de sua elaboração e ou validade. Maiores informações quanto aos seus padrões estatísticos poderão ser obtidos na referência de FARIA [12].

Para a aplicação da pesquisa de campo contou-se com a participação de cinco pessoas, estudantes do curso de engenharia civil da EPUSP. A pesquisa de campo foi aplicada em 213 indivíduos, conforme mostra o Tabela 6.1, e foi realizada no período de 16 a 23 de julho de 1990. Os locais escolhidos para aplicação das entrevistas foram, predominantemente, os pontos de parada. Cada entrevistador dispndia, em média, 20 minutos por entrevista.

TABELA 6.1 - AMOSTRA PESQUISADA

CLASSES SOCIAIS	NÚMERO PESSOAS
classe A	21
classe B	70
classe C	85
classe DE	37
TOTAL	213

Os dados operacionais da linha escolhida estão apresentados na Tabela 6.2. Optou-se por esta linha, entre as outras quatro que ligam a Cidade Universitária à outros pontos distintos da Cidade, por observar que, nesta linha, seria possível pesquisar usuários das diversas classes sociais em pontos bem determinados do seu trajeto.

A escolha de apenas uma linha do sistema ônibus deve-se ao fato

que as pesquisas de campo são muito onerosas, além do que, são demasiadamente demoradas e de difícil aplicação, sobretudo, pela característica do processo de avaliação psicométrico que utiliza a escala de atitude do tipo Likert que exige cuidados especiais.

TABELA 6.2 - CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA LINHA 702U

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DA LINHA 702 U	DADOS
Passageiros na hora-pico	762
Frequência na hora-pico (ôn./h)	6
Quilometragem percorrida (dia útil)	2.206
Quilometragem percorrida (mês)	2.897
IPK (do dia útil)	4.09
IPK (do mês)	3.82
Tempo de percurso em min.(ida+volta)	150

Os pontos do trajeto, onde foram realizadas as entrevistas, são os seguintes: Largo da Concórdia, Av. Rebouças próximo à Av. Faria Lima e os pontos da própria Cidade Universitária. Estes locais estão inseridos em locais bastante distintos da Cidade de São Paulo, cujas características mais predominantes, quanto ao tipo de usuário da linha em estudo, são as seguintes:

Largo da Concórdia: usuários classes CDE
 Av. Faria Lima: usuários classes ABCDE
 Cidade Universitária: usuários classes ABC

No ponto do Largo da Concórdia, por estar situado em uma região da cidade com características predominante de classes CDE, pesquisou-se mais indivíduos destas classes.

O ponto da Av. Rebouças próximo ao cruzamento com a Av. Faria

Lima permitiu que se pesquisasse usuários de todas as classes sociais, por estar localizado em uma área com características predominantes de negócios/comércio.

E, finalmente, os pontos localizados dentro da Cidade Universitária, devido à maior utilização pelos estudantes, têm características predominantes de classes ABC. Estas características predominantes mencionadas anteriormente, não excluem a possibilidade de ocorrência de usuários de outras classes sócio-econômicas.

6.3 PROCESSAMENTO DA PESQUISA DE CAMPO

Os dados obtidos na pesquisa de campo foram digitados e tabulados no computador Burroughs 7900 do Centro de Computação Eletrônica da USP. A utilização do computador pode ser resumida da seguinte forma:

- estatística descritiva dos dados sócio-econômicos e;
- análise multivariada da matriz de dados de atitude

Todo o processamento computacional, desde a análise das distribuições das variáveis características do sistema de transporte, estatística descritiva dos dados sócio-econômico, análise fatorial, análise discriminante e análise de "cluster", foram realizado pelo "software" SPSS-X - Statistical Package For The Social Sciences, Release 2.1.

Os dados sócio-econômicos foram analisados segundo os padrões

da ABA/ABIPEME e os indivíduos foram enquadrados nas classes ABCDE, sendo que as classes DE foram tratadas como sendo única, pois os critérios não discriminam estes tipos de indivíduos.

A análise fatorial foi executada para as 17 variáveis características do transporte coletivo por ônibus, conforme proposto na página 39, através do método das componentes principais, com rotação varimax e com o objetivo de gerar os escores fatoriais dos indivíduos, os quais são os "inputs" para a análise discriminante.

Este método de análise fatorial extrai somente aqueles fatores cujos autovalores (raízes características da matriz de covariância) são maiores do que um (1).

No caso em estudo, foram extraídos sete autovalores maiores que um, portanto, o conjunto inicial de 17 variáveis foi reduzido para, apenas, sete variáveis aleatórias que explicam 58.3% da variância total do conjunto inicial dos dados.

Este nível de significância estatística obtido é relativamente baixo, pois foi observado que os valores normalmente obtidos em trabalhos publicados em outras áreas de conhecimento é relativamente superior a este valor.

Como na escala de atitudes utilizada, os itens estão relativamente bem balanceados, isto pode ser constatado pela porcentagem da variância total que cada fator explica, respectivamente, 12.8, 9.8, 9.1, 7.5, 6.6, 6.3 e 6.2 para os fatores de 1 a 7. Estes valores estão apresentados no Anexo 2, e observa-se que as variações entre eles são relativamente pequenas.

O passo seguinte é fazer a rotação dos fatores, pelo critério varimax, de forma a obter uma estrutura mais simples e de fácil interpretação. Conforme está apresentado no Anexo 3, verifica-se que nem sempre isto é possível, sobretudo, no caso em estudo, pois cada fator está carregado indistintamente por características relacionadas com o tempo de viagem, com o conforto e com o desempenho do sistema.

Em algum particular tipo de experimento, é possível que variáveis afins acabem carregando mais fatores distintos. Assim ocorrendo, pode-se identificar os fatores com nomes característicos.

No caso em estudo, verifica-se que as variáveis: ruído, tempo total de viagem (TTV) e temperatura (TEMPERAT) têm os maiores pesos no fator 1; custo da viagem (CUSTO), disponibilidade de serviço substitutivo no caso de quebras em serviço (SRVSUBST) e ventilação (VTLACAO), no fator 2; vibração e características do assento (ASSENTO), no fator 3; aceleração/desaceleração (ACELDES), no fator 4; iluminação (ILUMCAO) e velocidade (VELOC), no fator 5; distância entre os pontos de parada (DSTPTPR), no fator 6; e tempo de espera nos pontos de parada (ESPERA), acessibilidade do sistema (ACESSIB), intervalo entre passagens de ônibus sucessivos (HEADWAY) e densidade de passageiros no interior do ônibus (DENSPASS), no fator 7.

Em seguida são extraídos os escores fatoriais de cada indivíduo, entretanto, somente a matriz de escores fatoriais é impressa e está apresentada no Anexo 4. Os respectivos escores fatoriais de cada indivíduo são gravados em um arquivo de trabalho

para cálculos posteriores.

No caso em estudo, considerando suas características de distribuição normal padronizada (com média zero e desvio padrão unitário), os escores fatoriais foram utilizados como dados de entrada na análise discriminante. Isto significa dizer, fazer a discriminação dos indivíduos segundo os seus respectivos valores escala, os quais são variáveis aleatórias que representam parte da variância dos dados originais, embora tratando-se de uma matriz de dados bem menor do que os dados originais.

Nesta fase de desenvolvimento do processo, cada indivíduo já estava identificado com um código de grupo que o posicionaria em um dos quatro grupos sociais A, B, C ou DE. Conforme foi mencionado anteriormente, este critério em uso pela ABA/ABIPEME é ultrapassado, pois foi estabelecido em 1975. Conseqüentemente, houve uma preocupação maior quanto à distribuição dos indivíduos em seus respectivos grupos.

Verificou-se que os grupos apresentavam uma dispersão muito grande entre os indivíduos. Assim, optou-se por fazer um estudo mais detalhado segundo as similaridades dos indivíduos.

Este estudo foi realizado pela análise de "cluster". Este programa, tem por objetivo, descobrir os agrupamentos de indivíduos de acordo com suas similaridades. Isto é, os indivíduos que são mais similares (ou mais próximos) são colocados em um mesmo grupo, independentemente de suas classes sociais.

O programa "CLUSTER" foi executado e agregou os indivíduos mais

similares em cada grupo estabelecendo um composto de classes sócios-econômicas, conforme mostra a Tabela 6.3. Esta situação ilustra a falha de classificação que o método ABA/ABIPEME faz em discriminar os indivíduos em classes sociais, pois os parâmetros que são utilizados estão muito defasados no tempo.

Assim foi feito para todas as classes sociais e optou-se pelos indivíduos de cada grupo que se identificavam com cada um das classes pré-estabelecidas. Desta forma obteve-se uma população constituída de 43 indivíduos, porém, com maior homogeneidade dos indivíduos em cada grupo.

TABELA 6.3 - COMPOSIÇÃO DOS CLUSTERS

CLASSES	CLUSTERS DE INDIVÍDUOS				TOTAL
	A	B	C	DE	
Classe A	10	2	7	2	21
Classe B	27	4	18	21	70
Classe C	33	12	10	30	85
Classe DE	11	2	5	19	37
TOTAL	81	20	40	72	213

Esta nova composição dos grupos, se por um lado, garantiu a existência de uma maior similaridade no padrão dos indivíduos, por outro lado, também mostrou uma maior significância na discriminação dos grupos. Nesta nova situação, constatou-se que uma maior porcentagem de indivíduos (93%), conforme Anexo 12, foram discriminados corretamente, em contraposição dos 45% obtidos anteriormente, sem considerar o estudo da dispersão dos indivíduos

nos seus respectivos grupos.

O método utilizado na fase de análise discriminante considera todas as variáveis como sendo variáveis de discriminação e determina tantas funções discriminantes canônicas, quanto o menor dos dois valores {número de grupos menos um, número de variáveis} . Os processos estatísticos envolvidos são controlados através dos valores: lambda de Wilks e do teste chi-quadrado.

O "software" SPSS-X permite, para efeito de visualização a nível intuitivo, que se force a determinação de apenas uma função discriminante canônica. Neste trabalho foi realizado as duas alternativas, quais sejam com um e com três funções discriminantes canônicas. Os resultados podem ser observados nos Anexos 5 - 16. Entretanto, é conveniente ressaltar que a significância estatística de apenas uma função discriminante canônica é menor, mas permite uma representação mais fácil e em apenas uma dimensão.

Conforme o Anexo 5, pode-se observar que cada função discriminante canônica tem uma habilidade relativa para separar os grupos. Os valores da variância explicada e suas correlações canônicas associadas denotam esta característica, respectivamente, 79.02 e 0.905, 13.42 e 0.659 e 7.56 e 0.55 para cada função discriminante canônica.

A importância de uma função discriminante está associada com a sua correlação canônica. Esta correlação é uma medida de associação entre a função discriminante e o conjunto de variáveis que definem os membros do grupo. Seu valor ao quadrado deve ser interpretado como a proporção da variância da função discriminante explicada

pelos grupos.

O segundo critério para eliminar as funções discriminantes é o teste da significância estatística da informação de discriminação, ainda não considerada pelas funções. Como o processo de derivação das funções começa com nenhuma função, os valores lambda de Wilk's medem na forma inversa a força de discriminação nas variáveis originais. Quanto maior for o coeficiente lambda de Wilk's de uma função discriminante, menor será a sua força discriminante.

No caso em estudo, todas as três funções obtidas são estatisticamente significantes para a discriminação. Os valores de lambda de Wilk's obtidos são, respectivamente, de 0.071, 0.395 e 0.698 para as três funções canônicas. Isto significa que a terceira função canônica tem a menor força discriminante e a primeira, a maior força discriminante.

Em particular, o valor de 0.698 do lambda de Wilk's da terceira função tem o seu correspondente valor chi-quadrado de 13.13 e um nível de probabilidade associado de 98.3%, isto significa que este valor ou menor de lambda tem uma probabilidade de 98.3% de chances de ocorrer, se nenhuma informação melhor fosse incorporada pela terceira função na população.

A evidência deste fato pode ser confrontado com base, nos valores dos escores dos centróides de cada grupo, os quais estão bastante discriminados em um sistema tridimensional. Estes centróides caracterizam as posições dos grupos no espaço definido pelas funções discriminantes canônicas.

Uma representação mais adequada para a visualização conjunta dos grupos pode ser vista no Anexo 6, e individualmente nos Anexos 7,8,9 e 10. Pode ser notado que existe uma sobreposição relativa dos indivíduos dos grupos B e C, apesar dos seus respectivos centróides estarem localizados em pontos nitidamente separados.

A alternativa de análise discriminante com apenas uma função está apresentada nos Anexos 12 - 16. Neste caso, como a primeira função discriminante explica 79% da variância dos dados, ela é que foi escolhida como a função discriminante do conjunto de indivíduos. Do ponto de vista estatístico é uma boa simplificação de um problema tridimensional para apenas uma dimensão.

O lambda de Wilk's é muito baixo (0.0714) e tem um valor de chi-quadrado associado a sua determinação muito elevado (96.3%), atestando sua significância estatística. Além do que, os coeficientes da função discriminante canônica padronizada têm os maiores pesos nas variáveis (escores fatoriais) VALOR1, VALOR2 e VALOR4 que são combinações lineares de características que refletem todo o conjunto de características do sistema de transporte.

Portanto, a função discriminante assim determinada tem um caráter multivariado muito profundo pois, é uma composição de características relacionadas com o tempo de viagem, com o conforto do usuário e com o desempenho do sistema.

A representação gráfica, neste caso, é bem mais simples, pois resume-se à uma única dimensão. Os Anexos 13, 14 e 15 ilustram os grupos de indivíduos posicionados em torno dos seus centróides. Nesta representação linear há um prejuízo na alocação de indivíduos

devido ao rebatimento e sómente 76.5% dos indivíduos são classificados corretamente.

Estas representações gráficas têm sua importância, apenas, para visualização intuitiva das posições relativas dos grupos. Os escores discriminantes dos indivíduos é que são os valores básicos para derivar os indicadores do NS, calculados conforme Equação 3.1. Estes indicadores estão mostrados nos Anexos 17 e 18, indicadores de cada grupo e amostra global, respectivamente.

Verifica-se, com base no Anexo 18, que cada classe social está ocupando uma determinada região da distribuição dos indicadores obtidos. Os valores médios de cada classe estão indicados na Tabela 6.4. Esta distribuição, na sua concepção estatística, é proporcional à distribuição normal padrão. Sua média é -0.08 (próxima do valor zero) e sua variância 3.4.

Verifica-se que as classes sociais B e C apresentam resultados um pouco confusos para o que seria de se esperar. Os indicadores

TABELA 6.4 - INDICADORES DO NS

CLASSES SOCIAIS	INDICADOR DO NS
Classe A	2.00
Classe B	0.48
Classe C	1.06
Classe DE	- 1.74

representativos de cada grupo apresentam seus valores em ordem decrescente, no entanto, as classes B e C fogem a esta regra. Portanto, fica a dúvida sobre quais dos valores é que não está seguindo a regra de que os maiores valores positivos correspondem

ao menor nível de serviço, enquanto que os menores valores (mais negativos) correspondem ao melhor nível de serviço.

Esta regra, vale dizer, segue a mesma da atribuição de números da escala de atitudes. Os itens desta escala são avaliados segundo os conceitos de concordância total, concordância em parte, em dúvida, discordância em parte e discordância total e os números atribuídos variam de 1 a 5 respectivamente.

Portanto, todos os valores abaixo da média na distribuição padronizada derivam do conceito de "em dúvida" para o de "concordância total" e todos os valores acima da média derivam do conceito de "em dúvida" para o de "discordância total".

Devido ao fato de ter ocorrido uma relativa sobreposição dos indivíduos das classes sociais B e C, verificou-se que isto também ocorreu com os respectivos indicadores. A média mais baixa da classe B pode ter ocorrido por uma situação que não ficou bem caracterizada na atribuição deste grupo que resultou em um pequeno número de indivíduos.

Talvez se os indivíduos das classes B e C estivessem incluídos em um mesmo grupo, o indicador de NS deste novo grupo deveria estar inserido na ordem decrescente dos valores. Não se optou por considerar esta alternativa, neste trabalho, porque o grupo definido desta maneira representaria 73% dos indivíduos da população de origem, restando, apenas, 9% para a classe A e 18% para a classe DE. Fatalmente, este grupo teria um peso relativamente grande no processo de discriminação e, sem dúvida, iria influenciar os outros grupos.

Pode-se concluir, com base na Tabela 6.4, que a linha de ônibus avaliada por este processo, mostrou um usuário - classe A muito exigente em relação ao usuário - classe DE. Cada qual está em um extremo da distribuição. Se por um lado, o usuário - classe DE atribui um índice de -1.74, o usuário - classe A atribui, para esta mesma linha, um índice de 2.00. Os usuários - classe B e C, atribuem índices de 0.48 e 1.06, respectivamente.

Considerando que a lei de formação dos indicadores de NS têm uma distribuição proporcional à normal padronizada, sugere-se esta escala de NS, conforme está mostrado na Figura 6.1 e que obedece a mesma nomenclatura utilizada no método Highway Capacity Manual (HCM) para vias rodoviárias.

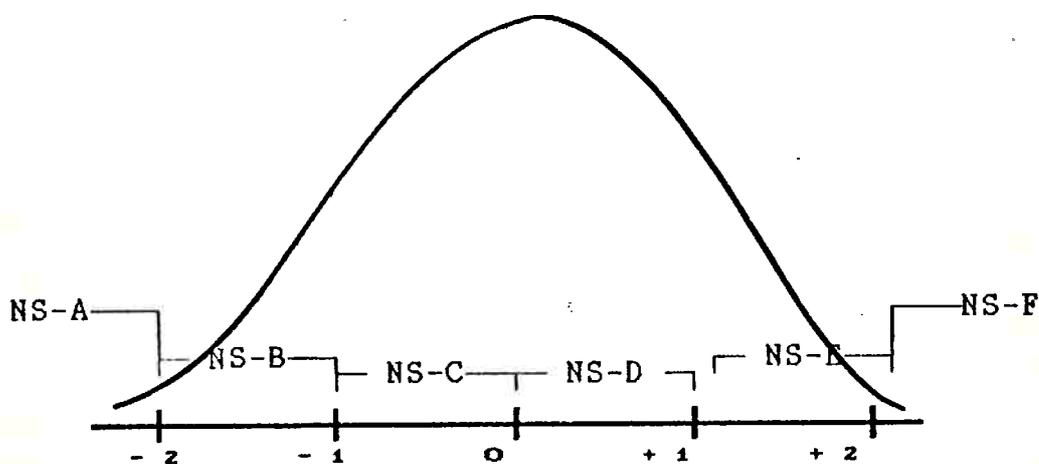


FIGURA 6.1 - ESCALA DE NÍVEL DE SERVIÇO PROPOSTA

Os limites de cada faixa foram estabelecidos considerando que cada nível deveria representar, aproximadamente, de 15 a 20% de área da distribuição. O nível C, normalmente, considerado de projeto ocupa a área central mais à esquerda da distribuição e os níveis A e F, os extremos negativo e positivo.

Desta forma, os indicadores da Tabela 6.4, poderiam ser classificados nos seguintes níveis de serviço, conforme a Figura 6.1:

classe A:	indicador = 2.00	-->	Nível de serviço E
classe B:	indicador = 0.48	-->	Nível de serviço D
classe C:	indicador = 1.05	-->	Nível de serviço E
classe DE:	indicador = -1.74	-->	Nível de serviço B

Sob esta consideração, por pouco os indicadores das classes sociais B e C não foram enquadrados no mesmo nível de serviço. Em se obtendo isto, não haveria maiores inconvenientes em tê-los com os valores que foram obtidos. Pois, em um mesmo nível de serviço, devido aos seus limites, uma classe social poderia avaliar uma linha de ônibus ou um sistema de transporte de forma mais rigorosa do que a outra. Ou ainda, olhando sob uma outra ótica, os valores que uma classe social considera, corresponde à valores de indicadores que refletem posições mais extremas do que a principio deveria ocorrer.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho era apresentar um novo método de avaliação do NS de sistemas de transporte público e validar as medidas obtidas.

Todo o processo está baseado nos dados obtidos das entrevistas com os usuários e que emprega a escala de atitudes como ponto de partida para este trabalho. Esta escala deve ser revista para adequá-la à realidade dos sistemas de transporte das grandes cidades.

O modelo apresentou resultados coerentes com os objetivos pretendidos e mostrou que é extremamente prático a obtenção do indicador global que validou a escala proposta de NS. O fato de considerar um conjunto de atributos como sendo característico do sistema, não significa que esta relação não possa ser reavaliada com a finalidade de desenvolver um conjunto de atributos mais consistentes e em consonância com as expectativas dos usuários.

Deve existir uma preocupação especial no sentido de melhorar a significância estatística do processo fatorial pois, a porcentagem da variância explicada de 58.3% é baixa segundo os padrões vigentes, apesar de que segundo os trabalhos observados, nas diferentes áreas de uso, verificou-se ser prática normal obter índices desta ordem de grandeza.

Apesar do cenário nacional dos transportes públicos ser de completa deterioração, acredita-se que sua estruturação, sem dúvida, vai ter que conciliar a disponibilidade de investimento do

setor público com as necessidades dos diferentes segmentos da demanda. Neste tipo de consideração, este modelo tem papel fundamental pois, permite diagnosticar os objetivos de cada uma das classes.

O conceito de serviço global deverá ser incorporado ao novo modelo de gerenciamento das empresas de transporte coletivo e distribuirá quotas de responsabilidades de forma que todos os elementos envolvidos deverão dar a sua participação.

O fato de ser apresentado um indicador global de qualidade de serviço deve promover um novo enfoque de estratégia no setor em que os objetivos deverão estar direcionados para o transporte como um todo. Não obstante, considerando a situação real atual, acredita-se que em um primeiro instante existe um problema fundamental de insuficiência de oferta. Após este problema ser resolvido, o enfoque passa a ser de melhoria do serviço.

O processo de discriminação dos indivíduos mostrou-se muito útil quando existe uma boa confiabilidade no processo de segmentação das classes sócio-econômicas. No caso em estudo, devido a este descompasso, os grupos apresentavam uma dispersão relativamente grande e a solução deste problema resultou em uma grande redução da amostra.

Apesar disso, os indivíduos restantes na amostra permitiu gerar a distribuição final dos indicadores de NS. A atribuição dos limites de cada faixa deve ser encarada como um ponto de partida para este problema. O critério adotado que divide a distribuição em áreas com aproximadamente 20% dos casos é um ponto de referência

para estabelecer a escala do NS. Valores desproporcionais poderão ser escolhidos para acomodar uma faixa de nível C mais elástica pois, esta faixa deve abranger uma população maior. Este aspecto merece um estudo mais profundo.

Os métodos multivariados são versáteis e mostraram que permitem conclusões mais completas sobre o transporte coletivo do que os métodos tradicionais utilizados. A grande vantagem, neste caso, reside em poder considerar outros tipos de variáveis que, até então, nem sequer podiam ser cogitadas.

Existem problemas de ordem geral, com relação ao uso dos métodos multivariados, em Engenharia de Transportes, entretanto, acredita-se que com o uso mais regular em problemas específicos contribuam para reduzir esta distância.

Espera-se que este trabalho desperte interesse nos pesquisadores para o uso dos modelos multivariados com aplicações que considerem os aspectos subjetivos dos sistemas, os quais são os elos de ligação do sistema com o usuário.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALLEN JR., Willian G. And DI CESARE, Frank. Transit Service Evaluating: Preliminary Identification of Variables Characterizing Level of Service. Transportation Research Record No. 606, 1976.
- 2) ALTER, Colin H. Evaluation of Public Transit Services: The Level of Service Concept. Transportation Research Record No. 606, 1976.
- 3) ANDERSON, T. W. And RUBIN, H. Statistical Inference in Factor Analysis. Proc. Third Berkeley Symposium of Mathemactic Statistical And Probabilistic, No. 5, 1956.
- 4) BAKKER, J. J. Transit Operating Strategies for a Major Activity Center. Transportation Research Record No. 606, 1976.
- 5) BARTLETT, M. S. Factor Analysis in Psycology as a Statistician Sees it. Essays in Probability and Statistics. Wiley, New York, 1958.
- 6) BOTZOW, Hermann. Level of Service Concept for Evaluating Public Transport. Transportation Research Record No. 519. pp 73-84, 1974.
- 7) BURT, Cyril. The Factors of the Mind. London, University London Press, 1940.
- 8) CARDOSO, D. D. e PINHEIRO, M. B. Uma Nova Metodologia de Avaliação do Serviço de Transporte pelo Usuário. São Paulo, Revista dos Transportes Públicos. ANTP N. 44. pp 79-94, Junho 1989.
- 9) COBRA, Marcos. Marketing Básico -Uma Pespectiva Brasileira. São Paulo. Editôra Atlas S.A., 1a. Edição 762 p, 1983.
- 10) ECKART, C. And YOUNG, G. The Aproximation of One Matrix by Another of Lower Rank. Psychometrika, Vol. 1, No. 3, pp 211 -

218, 1936.

- 11) ESSIG, Philippe. La Qualité du Transport Urbain. Revue Générale Des Chemins De Fer. pp 170-184, Avril 1984.
- 12) FARIA, Carlos A. Percepção do Usuário com Relação às Características do Nível de Serviço do Transporte Coletivo Urbano por Ônibus. Tese de Mestrado. EESC-USP. 160 p, 1985.
- 13) FARIA, Carlos A. e NOVAES, Antonio G. N. Análise Fatorial Aplicado ao Transporte Urbano por Ônibus. Trabalho apresentado no III Congresso Latinoamericano de Transporte Publico. Lima. 10 p, 1988.
- 14) FARIA, Carlos A. e NOVAES, Antonio G. N. Análise Multivariada das Características do Nível de Serviço do Transporte Coletivo Urbano. Trabalho apresentado no IV Congresso Latinoamericano de Transporte Publico Y Urbano. Havana. 10p, 1989.
- 15) FISHER, R. A. The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems. Annals of Eugenics 7, Vol VII, Part II, 1936.
- 16) FITCH, L. C. et alli. Service Levels of Urban Transport in the Netherlands. I.T.S. Library U. C. Berkely. pp 1 -36. December 1980.
- 17) GADE, Christiane. Psicologia do Consumidor. São Paulo. Editora Pedagógica e Universitária Ltda. 186 p., 1980.
- 18) GARNETT, J. C. M. General Ability, Elverness and Purpose. British Journal of Psychology, No. 9, pp 345-366, 1919.
- 19) GUILFORD, J. P. Psychometric Methods. New York. McGraw-Hill Book Co.. 2nd. Edition. 597 p, 1954.
- 20) HARMAN, Harry H. Modern Factor Analysis. Chicago, The University of Chicago Press, 469 p., 1960.
- 21) HAYS, William L. Quantification in Psychology. Cole Publishing Company, Califórnia, 87 pp, 1967.

- 22) HENRYSSON, Sten. Applicability of Factor Analysis in the Behavioral Sciences. Stockholm. 156 p., 1957
- 23) HOLZINGER, Karl J. And HARMAN, Harry H. Factor Analysis. Chicago, The University of Chicago Press, 1941.
- 24) HOTELLING, Harold. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. The Journal of Educational Psychology, Vol. 24, pp 417-441, pp 498-520, 1933.
- 25)HOTELLING, Harold. Simplified Calculation of Principal Components. Psychometrika, pp 27-35, 1935.
- 26) HOWE, W. G. Some Contributions to Factor Analysis. Report No. NL 1919. Ph. D. Thesis. University of North Carolina, 1955.
- 27) JOHNSON, Richard A. And Wichern, Dean W. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 594 pp, 1982
- 28) KAISER, H. F. The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. Psychometrika, Vol. 23, pp 187-200, 1958.
- 29) KOTLER, Philip. Marketing. Edição Compacta, 1ª Edição, Editora Atlas S.A., São Paulo, 596 pag. 1987.
- 30) LACHENBRUCH, Peter A. Analysis Discriminant. Collier Macmillan Publishers, Londres, 128 pp, 1975.
- 31) LAMOUNIER, Bolivar et al. Os Transportes na Vida do Trabalhador São Paulo. Revista dos Transportes Públicos. ANTP N. 17, pp 9-34, Setembro 1982.
- 32) LAWLEY, D. N. The Estimation of Factor Loadings by The Method of Maximum Likelihood. Royal Society of Edinburgh, Proceedings A40, pp 64-82, 1940.
- 33)LAWLEY, D. N. And MAXWELL, A. E. Factor Analysis as a Statistical Method. New York. American Elsevier Publishing Co., 1971.
- 34) LIKERT, Rensis. A Technique for the Measurement of Attitude

Scales. Arch. Psychology No. 140, 1932

- 35) MULAİK, Stanley A. The Foundations of Factor Analysis. New York, McGraw-Hill Book Company. 453 p., 1972.
- 36) NEWCOMB, T. M. Social Psychology. New York. Dryden, 1950.
- 37) NICOLAIDIST, Gregory. Quantification of the Confort Variable. Transportation Research Vol. 9. pp 55-66, 1975.
- 38) NIE, Norman And BENT, Dale. Statistical Package For The Social Sciences. New York, McGraw Hill Inc. 342 pp., 1970.
- 39) PEARSON, Karl. On Lines and Planes of Closet Fit to Systems of Points in Space. Philosophy of Magazine, No. 6. pp 559-572, 1901.
- 40) RAO, C. R. Estimation and Tests of Significance in Factor Analysis. Psychology, No. 20, pp 93-111, 1955.
- 41) RODRIGUES, A. Psicologia Social. Rio de Janeiro, 9a. Edição. Editora Vozes Ltda. 573 p, 1981.
- 42) ROSENBERG, M. J. et al. Attitude Organization And Change. New Haven. Yale University Press, 1960.
- 43) SIEGEL, Sidney. Estatística Não-Paramétrica. São Paulo, 1a. Edição, Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. 350 p, 1975.
- 44) SPEARMAN, C. General Intelligence Objectively Determined and Measured. American Journal of Psychology, No. 15. pp 201 - 293, 1904.
- 45) THOMSON, G. H. Hotelling's Method Modified to Give Spearman's. Journal of Educational Psychology, No. 25, pp 366-374, 1934.
- 46) THURSTONE, L. L. Theory of Attitude Measurement. Psychology Review No.36. pp 222 - 241, 1929.
- 47) THURSTONE, L. L. The Vectors of Mind. Chicago, University of Chicago Press, 1935.

ANEXOS

ITENS	QUANTIDADES							()
	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(+6)	
televisão	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)	()
rádio	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	()
banheiro	(0)	(2)	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)	()
aspirador de pó	(0)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	()
empregada mensal	(0)	(6)	(12)	(18)	(24)	(24)	(24)	()
automóvel	(0)	(4)	(8)	(12)	(16)	(16)	(16)	()
máquina de lavar	(0)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	()

INSTRUÇÃO DO CHEFE DA CASA		()
analfabeto/primário incompleto	(0)	()
primário completo/ginásio incompleto	(1)	()
ginásio completo/colegial incompleto	(3)	()
colegial completo/superior incompleto	(5)	()
superior completo	(10)	()

RENDA FAMILIAR $\times 10^3$	
≥ 49.0	(1)
24.5 - 49.0	(2)
9.8 - 24.5	(3)
4.9 - 9.8	(4)
≤ 4.9	(5)

N° DE VIAGENS/DIA	
≥ 2	(1)
2 - 4	(2)
> 4	(3)

	concordo totalmente	concordo em parte	em dúvida	discordo em parte	discordo totalmente
1. Acho o ônibus ruim porque ele nunca está disponível quando é necessário.	()	()	()	()	()
2. A espera nos pontos de parada não depende do ônibus porque ele está sempre no horário.	()	()	()	()	()
3. Caso quisermos dar uma volta completa na cidade; pode-se fazer isso rapidamente de ônibus.	()	()	()	()	()
4. O ônibus é um veículo grande, portanto ele não deve acelerar ou frear rapidamente. O seu movimento deve ser mais lento.	()	()	()	()	()
5. O ônibus é muito útil porque nos leva onde temos que ir.	()	()	()	()	()
6. Não gosto do assento do ônibus porque é quente demais.	()	()	()	()	()
7. Não gosto de viajar de ônibus porque sinto um tremor na base da riga durante as frenagens.	()	()	()	()	()
8. Os ônibus costumam quebrar em serviço porque são muito usados.	()	()	()	()	()
9. Gosto de viajar de ônibus porque aproveito o tempo lendo jornal (revista, livro, etc.)	()	()	()	()	()
10. Prefiro viajar em pé, porque os assentos são muito apertados.	()	()	()	()	()
11. Para baratear o preço de viagens de ônibus, o poder público deveria contribuir com uma parte.	()	()	()	()	()
12. Acho ótima a distância entre os pontos de parada porque não se precisa andar uma distância exagerada para pegar o ônibus.	()	()	()	()	()

	concordo totalmente	concordo em parte	em dúvida	discordo em parte	discordo totalmente
13. Se tenho que chegar no horário em algum lugar, não viajo de ônibus porque os atrasos são frequentes.	()	()	()	()	()
14. A velocidade do ônibus é boa, não acho necessário que seja melhor.	()	()	()	()	()
15. Os ônibus, frequentemente, estão tão lotados que não é possível nem fechar a porta traseira.	()	()	()	()	()
16. O barulho do ônibus é tão baixo que nem chega a incomodar.	()	()	()	()	()
17. A temperatura dentro do ônibus é sempre agradável.	()	()	()	()	()
18. Não gosto de viajar de ônibus nas horas de maior utilização (horário de entrada / saída do emprego) porque acho que a frequência deveria ser maior.	()	()	()	()	()
19. Não viajo de ônibus quando tenho pressa porque o ônibus é muito lento.	()	()	()	()	()
20. Não gosto do ônibus porque temos que andar muito para chegar no ponto de parada.	()	()	()	()	()
21. Gosto de me sentar próximo a janela porque sempre respiro um ar puro.	()	()	()	()	()
22. As janelas do ônibus são inconvenientes porque direcionam as correntes de ar diretamente aos nossos rostos.	()	()	()	()	()
23. Quando é possível procuro evitar viajar de ônibus porque o ônibus é tão barulhento que me deixa nervoso.	()	()	()	()	()
24. As viagens menores que 02 quilômetros, faça à pé, porque de ônibus sai caro.	()	()	()	()	()

	concordo totalmente	concordo em parte	em dúvida	discordo em parte	discordo totalmente
25. É cansativo demais esperar o ônibus, ele nunca tem horário fixo.	()	()	()	()	()
26. O que mais incomoda para tomar o ônibus é ter de andar muito até o ponto de parada.	()	()	()	()	()
27. As acelerações ou desacelerações rápidas ajudam a gente a ficar acordado.	()	()	()	()	()
28. Gosto do ônibus porque ele nunca atrasa.	()	()	()	()	()
29. Sente-se, frequentemente, muito calor quando se viaja de ônibus.	()	()	()	()	()
30. Pode-se, facilmente, carregar pacotes ou embrulhos quando se viaja de ônibus.	()	()	()	()	()
31. O ônibus é bem iluminado, não chega a incomodar ninguém.	()	()	()	()	()
32. Se os ônibus fossem melhor cuidados não haveriam quebras.	()	()	()	()	()
33. Não gosto de andar de ônibus porque é difícil achar os pontos de parada.	()	()	()	()	()
34. O ônibus é tão duro que qualquer defeito na rua parece uma pancada para quem está do lado de dentro.	()	()	()	()	()

ANEXO 1b - ESCALA DE ATITUDES

VARIAVEL	COMUNALIDADE
HEADWAY	.56960
ESPERA	.48317
TTV	.50615
ACELDES	.65211
ACESSIB	.65746
ASSENTO	.65885
VIBRACAO	.57834
RUIDO	.65564
VTLACAO	.46597

VARIAVEL	COMUNALIDADE
SRVSUBST	.57379
ILUMCAO	.70638
CUSTO	.54228
DSTPTR	.63910
REGULAR	.51449
VELOC	.53563
DENSPASS	.56639
TEMPERAT	.60786

FACTOR	EIGENVALUE	PCT OF VAR	CUM PCT
1	2.18316	12.8	12.8
2	1.67259	9.8	22.7
3	1.54136	9.1	31.7
4	1.27860	7.5	39.3
5	1.11803	6.6	45.8
6	1.07150	6.3	52.1
7	1.04795	6.2	58.3

FACTOR MATRIX:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
TTV	.57854	-.00345	.10002	-.00809	.26855	-.29841	.00845
TEMPERAT	.55973	.08130	.35919	-.39787	-.00684	-.02359	.00551
RUIDO	.53094	.25849	.17349	-.18988	.08594	.17732	.44940
VELOC	.46819	.04359	.23708	.42519	-.14698	-.19790	.12951
CUSTO	-.36727	.34802	.35382	-.07694	.35514	.06465	-.14591
ASSENTO	.08488	-.65250	-.07521	-.24686	-.19893	-.19241	.28820
REGULAR	-.31336	.51278	-.02189	-.20184	-.28176	.17994	.01884
VIBRACAO	-.11060	-.50694	.02270	.41405	.31288	.17679	.09014
ACELDES	.19846	.47712	-.31255	.44797	.20142	.18959	-.10099
VTLACAO	-.22655	.16069	.58531	-.15281	.13525	.01039	-.06693
DENSPASS	-.29892	-.17034	.50305	-.16054	-.37893	-.13413	.05057
SRV SUBST	-.27226	.06993	.44335	.24408	.43528	-.20690	-.07975
ACESSIB	.11004	-.23081	.22531	.32763	-.20154	-.61985	.09560
ILUMCAD	.31297	.38537	.08694	.33135	-.05637	-.47746	.33382
HEADWAY	-.39905	.18316	.17092	-.19924	.13533	.28526	.45616
DSTPTR	.33329	-.08805	.44487	.04242	-.32472	.11538	-.44922
ESPERA	.38320	.00974	-.01526	-.23738	.33863	-.05231	-.40280

ROTATED FACTOR MATRIX:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
RUIDO	.75853	-.05060	-.11488	.00086	.21678	-.09493	.09222
TTV	.60076	-.05084	.24280	.17321	.00841	.14585	-.17988
TEMPERAT	.59862	.02484	-.20390	-.25690	.11575	.25889	-.24679
CUSTO	-.05450	.69441	-.06261	.19926	-.09359	-.05675	.02378
SRV SUBST	-.13504	.68969	.22227	-.00993	.15617	-.04167	-.06516
VTLACAO	.09202	.61218	-.14940	-.17277	-.06517	.14306	.07650
VIBRACAO	-.10172	.06377	.72996	.00496	-.08599	-.03549	.14971
REGULAR	-.05543	.10001	-.59555	.19814	-.16570	-.06186	.27603
ACELDES	.07906	-.03012	.04370	.77250	.16587	-.10495	-.08803
ASSENTO	.12022	-.11642	.41157	-.65160	-.04118	-.16853	-.08232
ILUMCAD	.10300	.02897	-.12360	.10691	.20718	-.12918	.00287
VELOC	.17631	-.06238	.16099	.07347	.62291	.28211	.03950
DSTPTR	.11598	.04066	-.04402	-.04071	.02894	.78114	-.09701
ESPERA	.24712	.04534	.03260	.04585	-.11860	.11608	-.62397
ACESSIB	.22632	-.08804	.34753	.17167	-.15360	.40779	.50828
HEADWAY	.18618	.31507	-.13367	-.07502	-.22661	-.36927	.47377
DENSPASS	-.27613	.24733	-.02105	-.33725	.17270	.35121	.40201

ANEXO 3 - COEFICIENTES DE CARREGAMENTO DAS MATRIZES

FACTOR SCORE COEFFICIENT MATRIX:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
HEADWAY	.26984	.16360	-.04792	-.05965	-.14557	-.23951	.37517
ESPERA	.09197	.11406	-.02424	.04362	-.16192	.07420	-.50158
ITV	.36737	.03828	.18399	.14715	-.09827	.04469	-.06448
ACELDES	.02620	.01655	.10378	.55281	.06495	-.06121	-.04336
ACCESSIB	.19078	-.08183	.24277	.19716	-.18022	.30655	.46553
ASSENTJ	.10469	-.04451	.24558	-.46043	.01590	-.21038	-.04857
VTBRACAO	-.01559	.07494	.53276	.07373	-.04948	-.05533	-.10852
SRVSBST	-.06938	.48674	.20926	.01061	.15013	-.05598	-.14056
ILJHCAO	-.01235	.02839	-.06904	-.00676	.64058	-.16882	-.04388
CUSTO	.01840	.46503	.02042	.16166	-.07270	-.02524	-.06541
DSTPTRR	-.02415	.02928	-.07358	.01102	-.05519	.61200	-.06972
REGULAR	.01373	-.00642	-.40050	.11370	-.12558	.01855	.20514
VELOC	.01908	-.02129	.10351	.03101	.45207	.15063	.08959
DENSPASS	-.17950	.09598	-.04399	-.23032	.18863	.27662	-.27801
RUIDO	.50544	-.00735	-.06284	-.04052	.09660	-.17237	-.18648
TEMPERAT	.33069	.05419	-.17102	-.20971	.01375	.12633	-.13458
VTLACAJ	.09577	.39496	-.08272	-.11294	-.05133	.09942	-.00224

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS

FCN	EIGENVALUE	PCT OF VARIANCE	CUM PCT	CANONICAL CORR	AFTER FCN	WILKS' LAMBDA	CHISQUARE	DF	SIG
					0	0.0714	96.347	21	0.0000
1*	4.5265	79.02	79.02	0.9050	1	0.3945	33.948	12	0.0007
2*	0.7689	13.42	92.44	0.6593	2	0.6979	13.130	5	0.0222
3*	0.4330	7.56	100.00	0.5497					

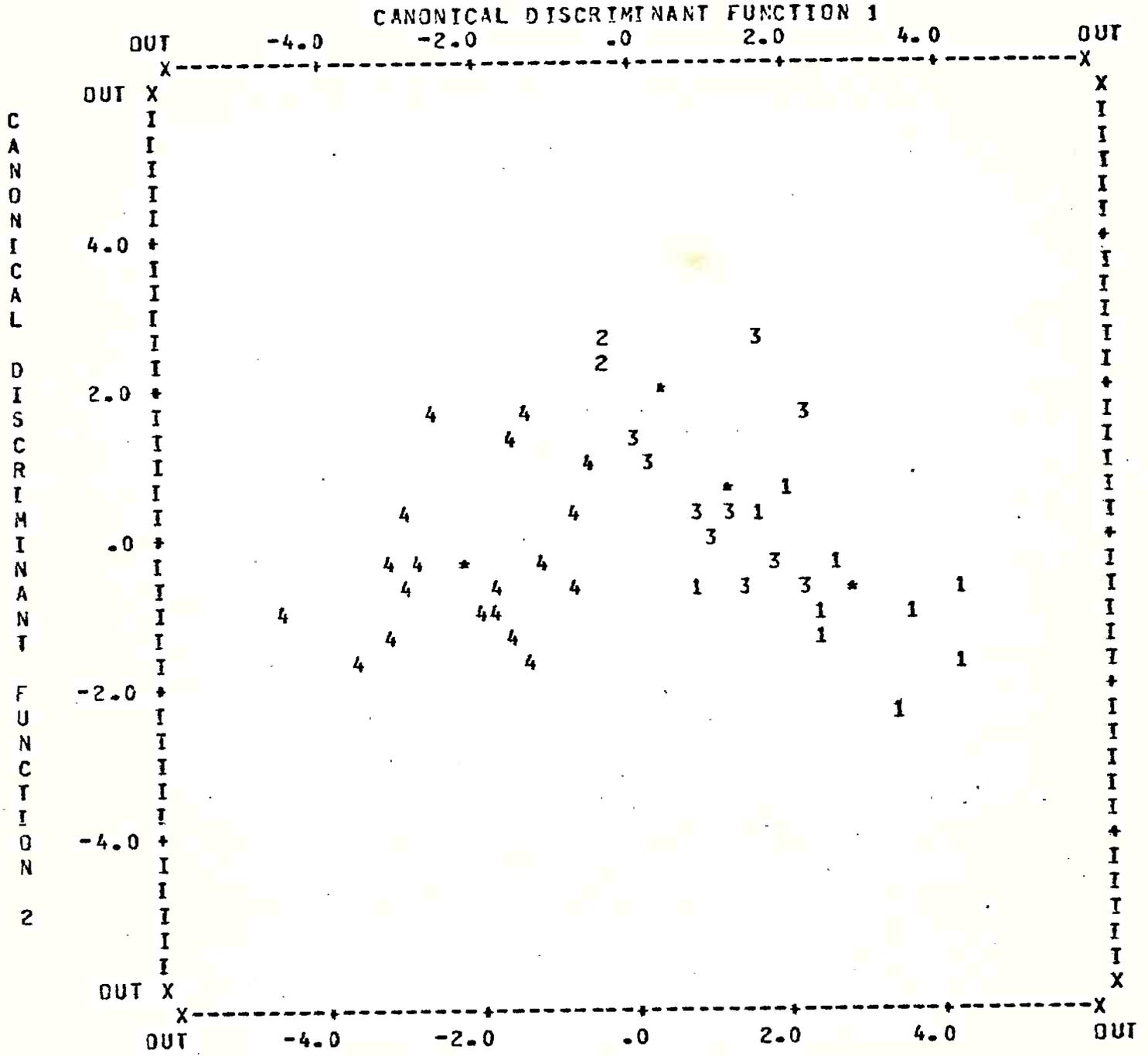
* MARKS THE 3 CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS REMAINING IN THE ANALYSIS.

STANDARDIZED CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION COEFFICIENTS

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
VALOR1	0.88680	0.28266	-0.15750
VALOR2	0.80073	-0.06291	0.45209
VALOR3	-0.66794	0.18653	0.70965
VALOR4	0.64819	-0.30518	0.06074
VALOR5	0.59299	0.11705	0.78829
VALOR6	-0.08867	0.87918	0.16308
VALOR7	-0.03597	0.13457	-0.55639

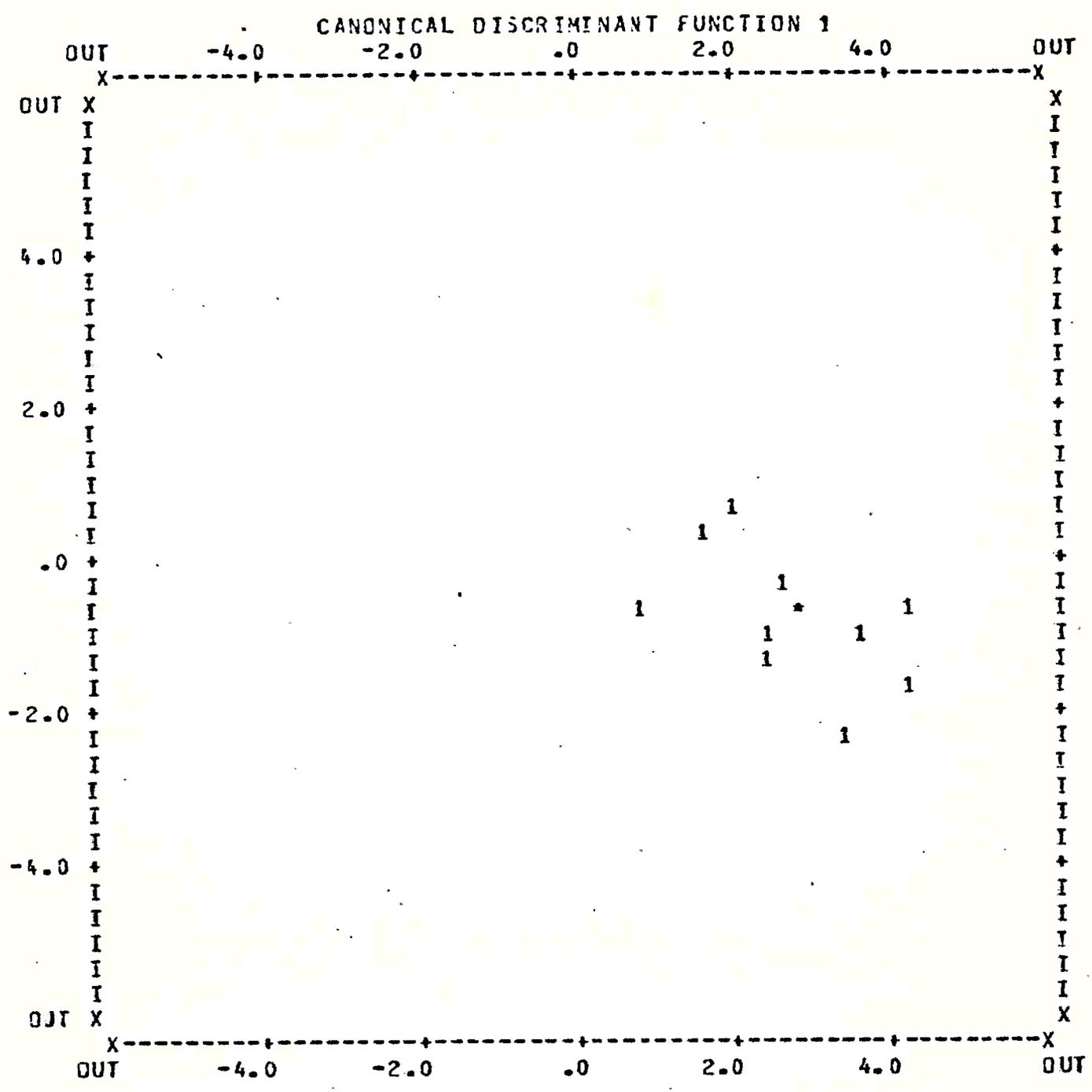
CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS EVALUATED AT GROUP MEANS (GROUP CENTROIDS)

GROUP	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
1	2.71885	-0.81954	-0.45890
2	0.30899	2.13644	-1.11770
3	1.22723	0.56070	0.98730
4	-2.14194	-0.31355	-0.04280



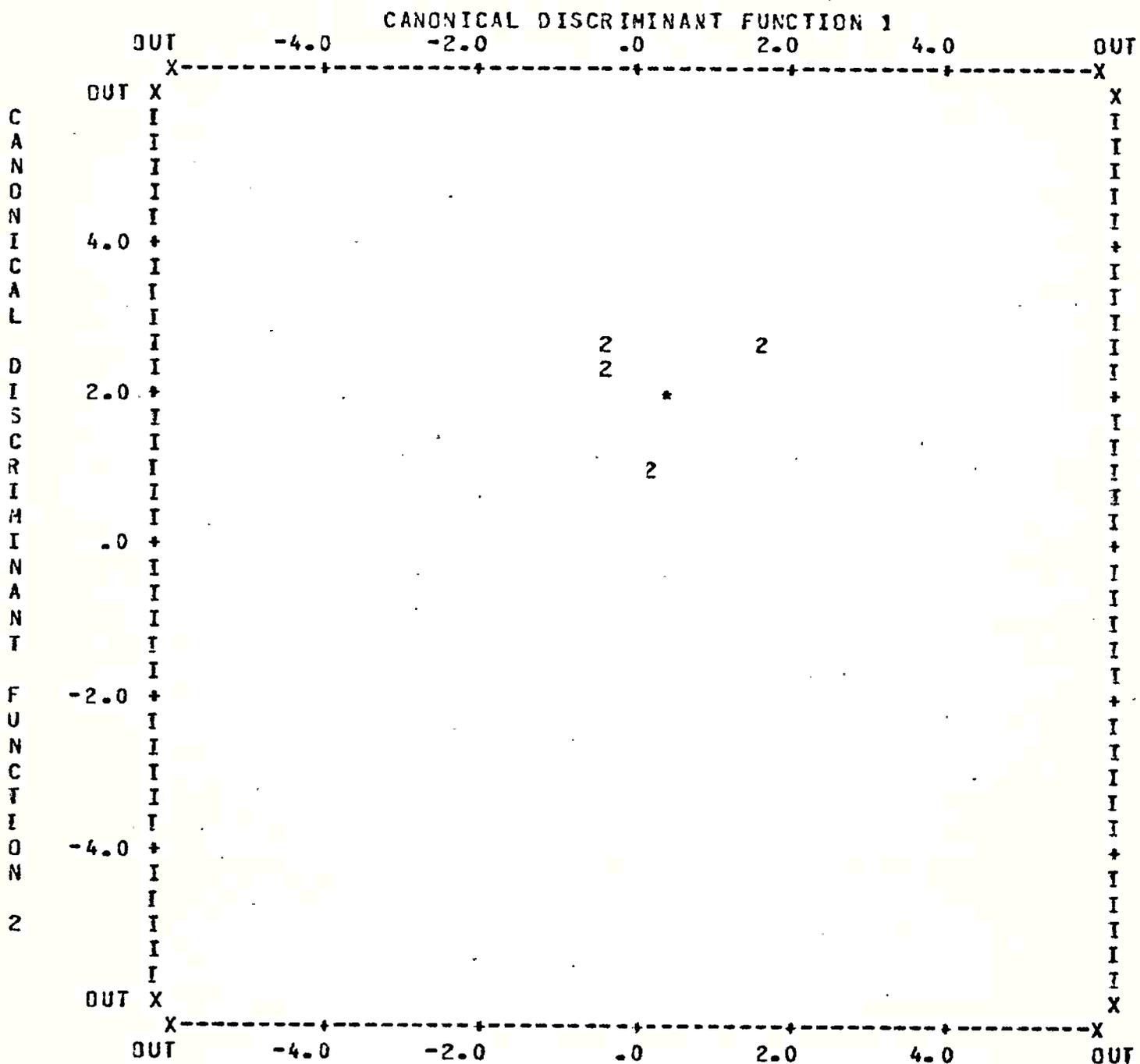
ANEXO 6 - TODOS AS CLASSES

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 2

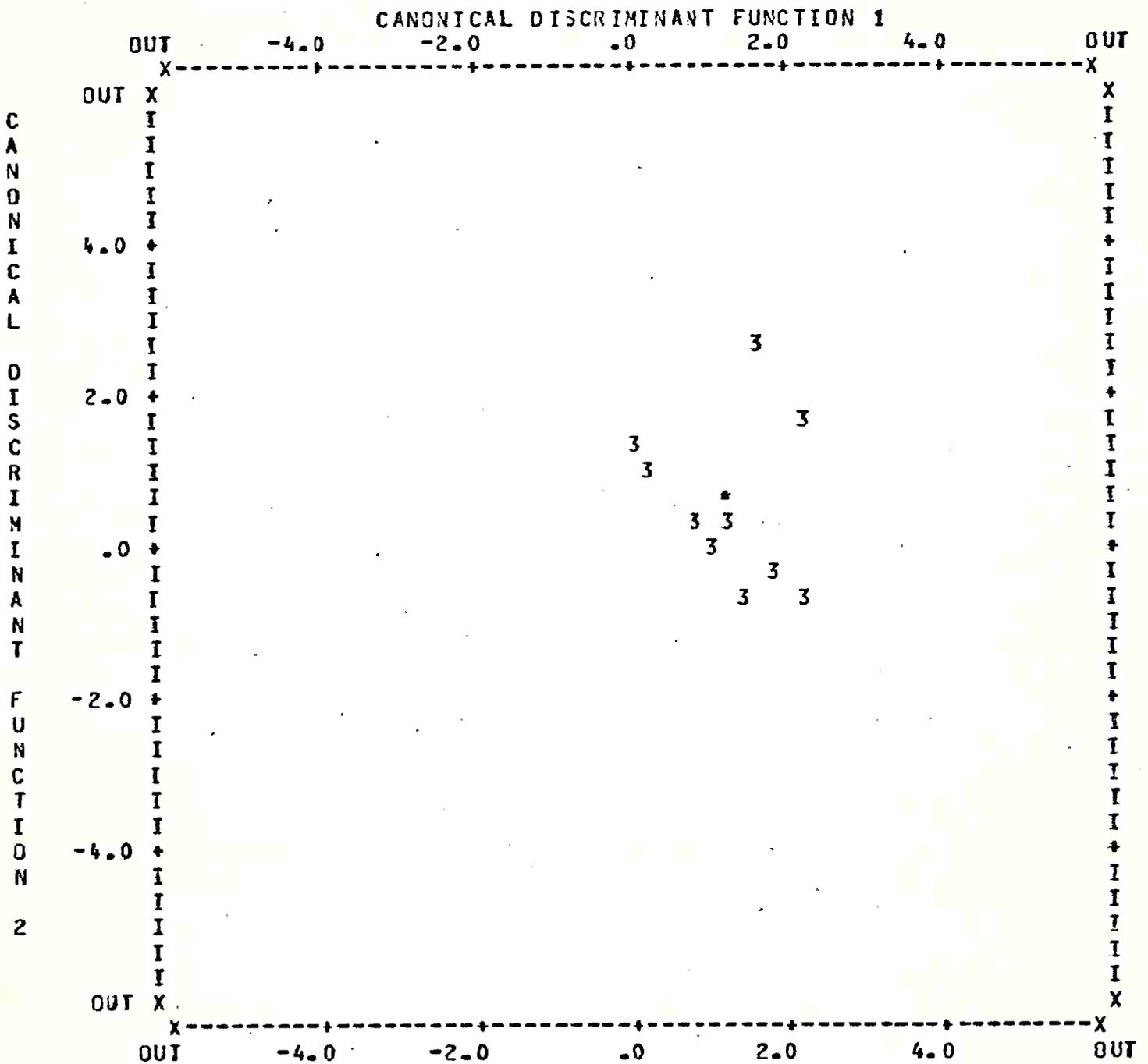


* indica a posição do centro do grupo

ANEXO 7 - INDIVÍDUOS DA CLASSE A

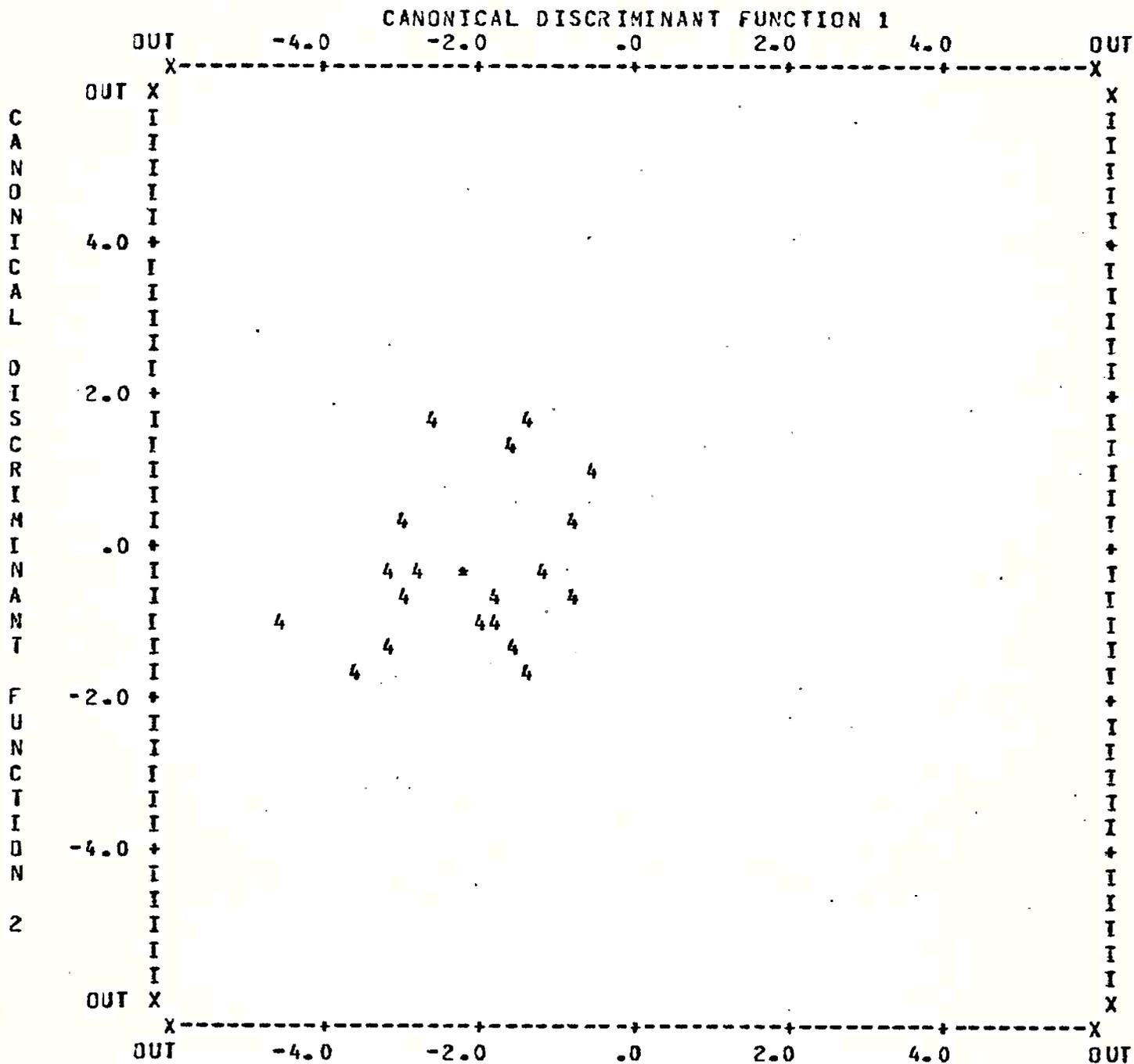


ANEXO 8 - INDIVIDUOS DA CLASSE B



* indica a posição do centro do grupo

ANEXO 9 - INDIVIDUOS DA CLASSE C



ANEXO 10 -- INDIVÍDUOS DA CLASSE DE

CLASSIFICATION RESULTS -

ACTUAL GROUP	NO. OF CASES	PREDICTED GROUP MEMBERSHIP			
		1	2	3	4
GROUP 1	10	9 90.0%	0 0.0%	1 10.0%	0 0.0%
GROUP 2	4	0 0.0%	3 75.0%	1 25.0%	0 0.0%
GROUP 3	10	1 10.0%	0 0.0%	9 90.0%	0 0.0%
GROUP 4	19	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	19 100.0%

PERCENT OF "GROUPED" CASES CORRECTLY CLASSIFIED: 93.02%

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS

FCN	EIGENVALUE	PCT OF VARIANCE	CUM PCT	CANONICAL CORR	AFTER FCN	WILKS* LAMBDA	CHISQUARE	DF	SIG
1*	4.5265	79.02	79.02	0.9050	0	0.0714	96.347	21	0.0000
2	0.7689	13.42	92.44	0.6593	1	0.3945	33.948	12	0.0007
3	0.4330	7.56	100.00	0.5497	2	0.6979	13.130	5	0.0222

* MARKS THE 1 CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS REMAINING IN THE ANALYSIS.

STANDARDIZED CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION COEFFICIENTS

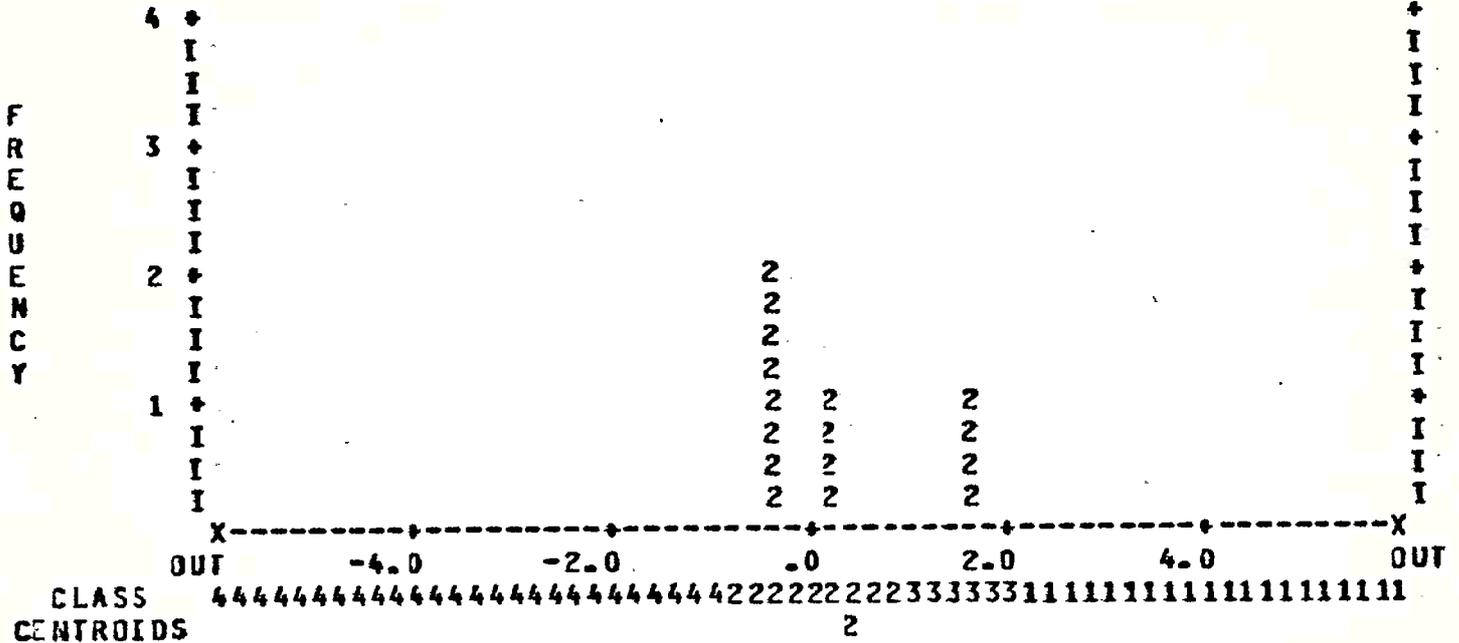
FUNC 1

VALOR1	0.83680
VALOR2	0.80073
VALOR3	-0.66794
VALOR4	0.64819
VALOR5	0.59299
VALOR6	-0.08867
VALOR7	-0.03597

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS EVALUATED AT GROUP MEANS (GROUP CENTROIDS)

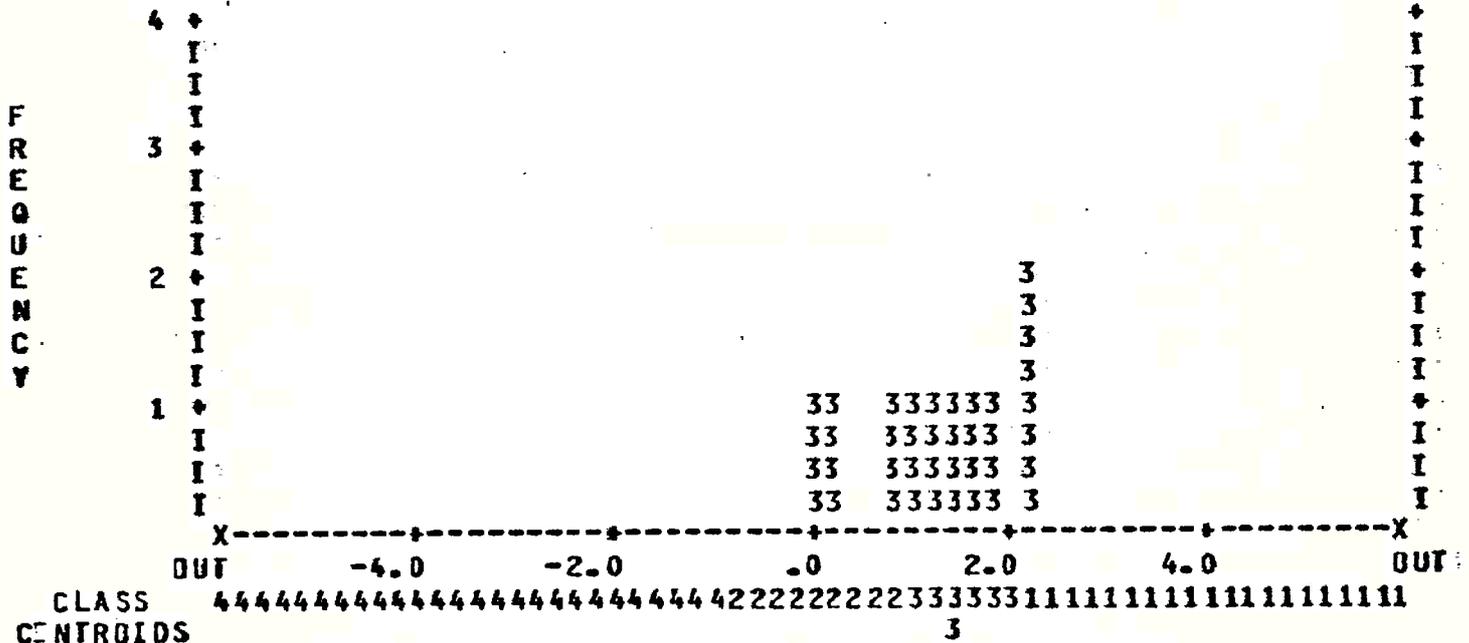
GROUP	FUNC 1
1	2.71885
2	0.30899
3	1.22723
4	-2.14194

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1

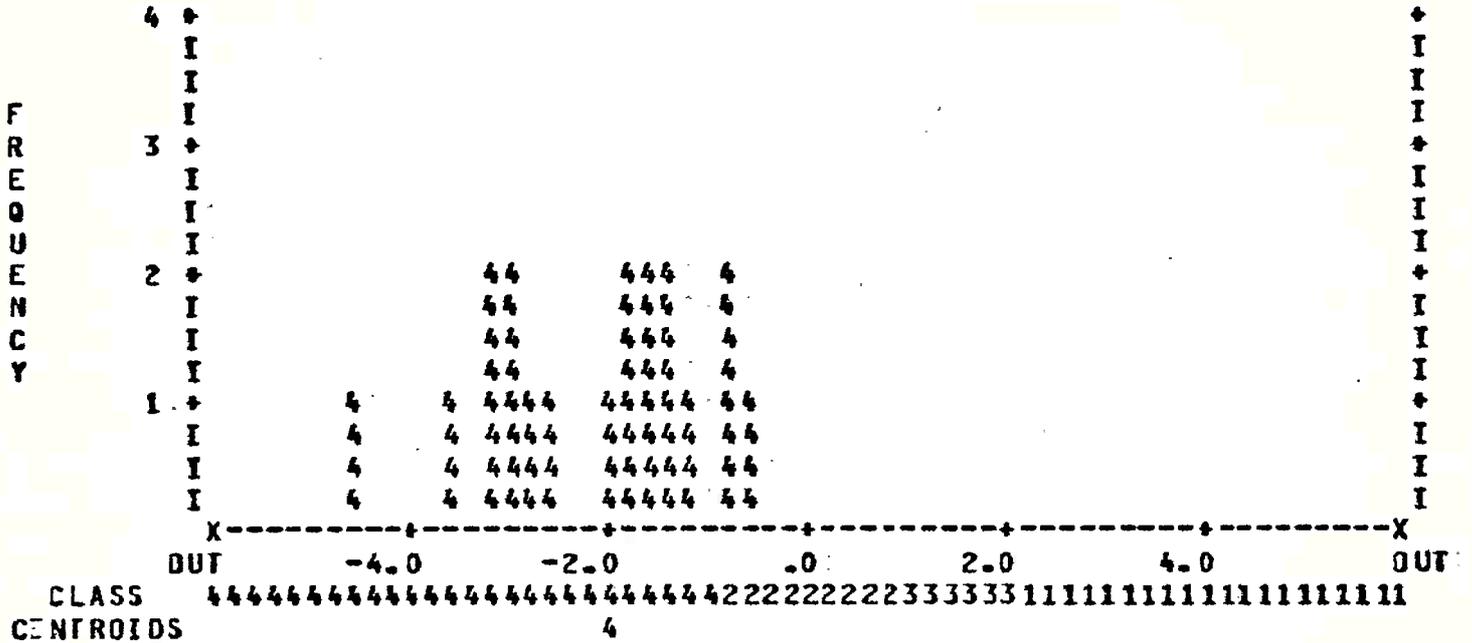


HISTOGRAM FOR GROUP 2 3

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1

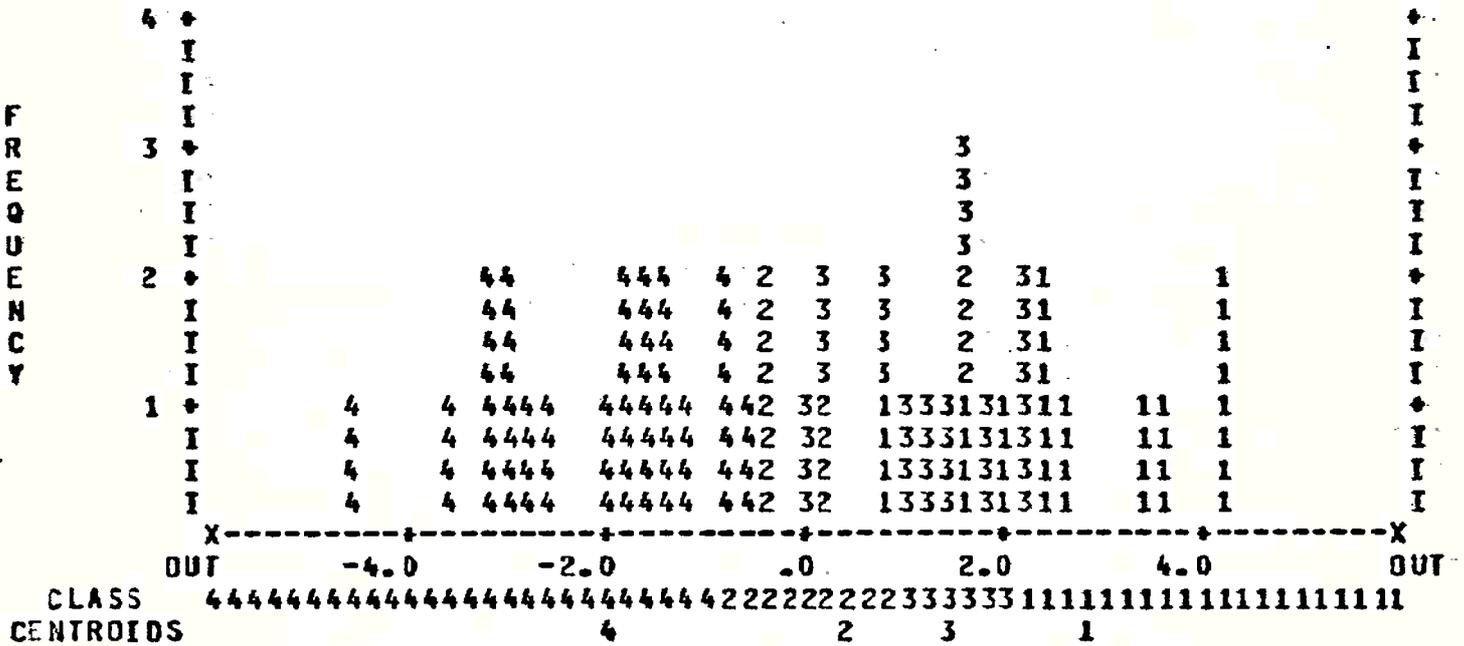


CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1



ALL-GROUPS STACKED HISTOGRAM

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1



ANEXO 15 - HISTOGRAMA DOS INDIVIDUOS DA CLASSE DE
E TODAS AS CLASSES JUNTAS

CLASSIFICATION RESULTS -

ACTUAL GROUP	NO. OF CASES	PREDICTED GROUP MEMBERSHIP			
		1	2	3	4
GROUP 1	10	8 80.0%	0 0.0%	2 20.0%	0 0.0%
GROUP 2	4	0 0.0%	3 75.0%	1 25.0%	0 0.0%
GROUP 3	10	2 20.0%	2 20.0%	6 60.0%	0 0.0%
GROUP 4	19	0 0.0%	3 15.8%	0 0.0%	16 84.2%

PERCENT OF "GROUPED" CASES CORRECTLY CLASSIFIED: 76.74%

	CLASSES SOCIAIS			
	A	B	C	DE
I N D I C A D O R E S	0.51	0.02	1.10	-2.99
	1.30	0.04	1.66	-2.79
	1.70	1.37	0.91	-2.54
	1.71		0.98	-2.35
	1.50		0.29	-3.72
	2.22		1.37	-0.42
	2.00		0.36	-2.28
	2.75		1.59	-0.91
	3.11		0.26	-1.23
	3.17		0.84	-1.79
			2.26	-0.87
				-1.59
				-1.28
				-2.40
				-1.70
				-1.47
			-1.70	
			-1.22	
			-0.76	

ANEXO 17 - INDICADORES DO NÍVEL DE SERVIÇO DE CADA CLASSES

VALUE	FREQUENCY	PERCENT	VALID PERCENT	CUM PERCENT
-3.72	1	2.5	2.5	2.5
-2.99	1	2.5	2.5	5.0
-2.79	1	2.5	2.5	7.5
-2.54	1	2.5	2.5	10.0
-2.40	1	2.5	2.5	12.5
-2.35	1	2.5	2.5	15.0
-2.28	1	2.5	2.5	17.5
-1.79	1	2.5	2.5	20.0
-1.70	1	2.5	2.5	22.5
-1.59	1	2.5	2.5	25.0
-1.47	1	2.5	2.5	27.5
-1.28	1	2.5	2.5	30.0
-1.23	1	2.5	2.5	32.5
-1.22	1	2.5	2.5	35.0
-.91	1	2.5	2.5	37.5
-.87	1	2.5	2.5	40.0
-.76	1	2.5	2.5	42.5
-.70	1	2.5	2.5	45.0
-.42	1	2.5	2.5	47.5
.02	1	2.5	2.5	50.0
.04	1	2.5	2.5	52.5
.26	1	2.5	2.5	55.0
.29	1	2.5	2.5	57.5
.51	1	2.5	2.5	60.0
.84	1	2.5	2.5	62.5
.91	1	2.5	2.5	65.0
.98	1	2.5	2.5	67.5
1.10	1	2.5	2.5	70.0
1.37	1	2.5	2.5	72.5
1.50	1	2.5	2.5	75.0
1.59	1	2.5	2.5	77.5
1.66	1	2.5	2.5	80.0
1.70	1	2.5	2.5	82.5
1.71	1	2.5	2.5	85.0
2.00	1	2.5	2.5	87.5
2.22	1	2.5	2.5	90.0
2.26	1	2.5	2.5	92.5
2.75	1	2.5	2.5	95.0
3.11	1	2.5	2.5	97.5
3.17	1	2.5	2.5	100.0
TOTAL	40	100.0	100.0	

ANEXO 18 - DISTRIBUIÇÃO DOS INDICADORES