

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE TRANSPORTES  
EM UMA CIDADE DE PORTE MÉDIO - UM ENFOQUE DESAGREGADO.

SINFRONIO DE ASSIS CORREIA LIMA

CAMPINA GRANDE  
FEVEREIRO-1984.

SINFRONIO DE ASSIS CORREIA LIMA

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE TRANSPORTES  
EM UMA CIDADE DE PORTE MÉDIO - UM ENFOQUE DESAGREGADO.

Dissertação apresentada ao Curso de  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL da Univer  
sidade Federal da Paraíba, em cumpri  
mento às exigências para obtenção do  
Grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOTECNIA E TRANSPORTES  
SUB-ÁREA TRANSPORTES

JOSÉ EUGENIO LEAL  
Orientador

CAMPINA GRANDE  
FEVEREIRO-1984.



L732a Lima, Sinfrônio de Assis Correia.  
Análise do comportamento espacial de transportes em uma cidade de porte médio : um enfoque desagregado / Sinfrônio de Assis Correia Lima. - Campina Grande, 1984.  
64 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1984.  
"Orientação : Prof. José Eugênio Leal".  
Referências.

1. Transporte - Comportamento Espacial. 2. Planejamento de Transporte - Campina Grande (PB). 3. Extratos Sociais - Renda. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I. Leal, José Eugênio. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 656(043)

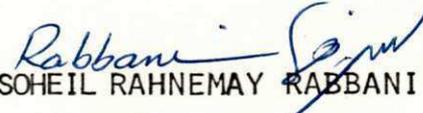
ANALISE DO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE TRANSPORTES  
EM UMA CIDADE DE PORTE MEDIO - UM ENFOQUE DESAGREGADO.

SINFRONIO DE ASSIS CORREIA LIMA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

OSÉ EUGÊNIO LEAL

Orientador

  
SOHEIL RAHNEMAY RABBANI  
Componente da Banca

  
SIMIN JALALI RABBANI  
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE  
FEVEREIRO-1984.

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador, José Eugênio Leal, pela sua valiosa ajuda, dedicação e segura orientação, demonstrados ao longo de todo o trabalho.

A todos os parentes, amigos e colegas, que, direta ou indiretamente, me incentivaram ao longo deste trabalho.

## RESUMO

Versando sobre Planejamento de Transportes, e, mais especificamente, sobre a fase de distribuição de viagens, este trabalho apresenta um estudo desagregado da demanda de transportes em Campina Grande. Os dados utilizados são de Uma Pesquisa Domiciliar levantada a efeito em 1978, pelo GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. A população foi dividida em cinco faixas de renda, vindo depois a obtenção das matrizes representativas dos deslocamentos daqueles estratos sociais. Em seguida, o trabalho apresenta duas técnicas que mostram numericamente o efeito da estratificação no padrão de viagens: transinformação relativa e correlação linear. Dos vários modelos de distribuição de viagens citados, o modelo gravitacional à base de fator de resistência é usado, nas versões agregada e desagregada, com melhor resultado para a abordagem desagregada. Por fim, é oportuno lembrar que este trabalho constitui uma contribuição para o estudo do problema de transportes na região, uma vez que os dados usados se referem à cidade de Campina Grande, a segunda cidade do estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

The present work, about Transport Planning, and more specifically, about trip distribution, introduces a disaggregated study of the transportation demand in Campina Grande, a 200,000 inhabitant town in Northeast of Brazil. The data used here belong to a survey taken place in 1978, by GEIPOT, the brazilian agency for Transport Planning. The population has been divided in five income levels. Then, O-D matrices were obtained for each of those groups. The study also presents two techniques to show numerically the effect of disaggregation on trip pattern: Transinformation and Linear Correlation. Among the several trip distribution models mentioned here, the gravity model with friction factor is used in its aggregated and disaggregated forms, showing better results for the latter. Finally, it is important to regard this report as a contribution to the study of the in-site transportation problem, for the data used refer to the population of Campina Grande.

# SUMÁRIO

	Pag.
AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>CAPÍTULO I - A ABORDAGEM DESAGREGADA NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES</b>	<b>01</b>
1.1 - Introdução .....	01
1.2 - Conceitos Fundamentais .....	03
1.3 - Objetivo .....	06
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
2.1 - Entropia e Transinformação .....	12
2.2 - Coeficiente de Correlação .....	14
2.3 - Modelos de Distribuição de Viagens .....	15
2.3.1 - Modelos de Distribuição à Base de Fator de Crescimento .....	16
2.3.2 - Modelos Gravitacionais .....	19
2.3.3 - Modelo de Interposição de Oportunidades.	21
2.3.4 - Modelos de Entropia .....	23
2.3.4.1 - Modelo de Rede .....	24
2.3.4.2 - Modelo Proporcional .....	25
2.3.4.3 - Modelo de Custo Médio .....	25

	Pág.
2.3.4.4 - Modelo Gravitacional .....	26
2.3.5 - Modelo de Southworth .....	26
CAPÍTULO III - DESCRIÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO .....	29
CAPÍTULO IV - ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	41
4.1 - Apresentação .....	41
4.2 - Transinformação Relativa .....	49
4.3 - Correlação Linear .....	55
4.4 - Aplicação de um Modelo à Base de Fator de Resis- tência .....	58
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA OUTROS TRA- BALHOS .....	61
5.1 - Conclusões .....	61
5.2 - Sugestões Para Outros Trabalhos .....	63
LITERATURA CITADA.....	64
APÊNDICE.....	65

## LISTA DE QUADROS

QUADRO	Pág.
1.1. - Classificação das Viagens Diárias - Todos os modos, segundo as características do local de Origem e Destino .....	09
1.2 - Distribuição da População por Faixa de Renda.	10
3.1 - Evolução da População .....	30
3.2 - Zoneamento de Tráfego .....	33
3.3 - Oferta de Emprego por Ramo de Atividade, Segundo a Zona de Residência do Empregado .....	34
3.4 - Matrículas Escolares Oferecidas por Zona de Tráfego .....	35
3.5 - Distribuição das Viagens por Motivo, Segundo as Características da Base .....	39
4.1 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda - Motivo: Lazer .....	42
4.2 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda - Motivo: Compras .....	44
4.3 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda - Motivo: Trabalho no Secundário .....	45
4.4 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda - Motivo: Trabalho no Terciário .....	46
4.5 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda - Motivo: Estudo .....	47
4.6 - Zonas Atratoras por Faixa Etária - Motivo: Es	

QUADRO	Pág.
tudo - Faixa de Renda entre 1 a 20 SMR.....	50
4.7 - Transinformação Relativa das Matrizes 0-D Desagregadas Segundo Motivo de Viagem e Nivel de Renda .....	52
4.8 - Coeficiente de Correlação entre Matrizes de Diferentes Níveis de Renda para Diferentes Motivos de Viagem .....	57

## CAPÍTULO I

### A ABORDAGEM DESAGREGADA NO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

#### 1.1 - Introdução

Nos anos 50 e 60, o Planejamento de Transportes preocupou-se principalmente com o problema que parecia mais óbvio, o crescimento do tráfego urbano.

Naquela época, os grandes centros urbanos já apresentavam problemas de fluidez de tráfego. Assim, começaram a surgir medidas, como zonas centrais de estacionamento, descentralização de residências e, depois, de áreas de trabalho e de compras.

O planejamento era feito com projeções a longo prazo do tráfego em hora de pico nos corredores críticos. Enfim, o planejamento era feito em função do automóvel.

Com o passar do tempo, notou-se que os investimentos em transporte rodoviário favoreciam apenas as pessoas que utilizavam o transporte individual, apesar de serem feitos às custas da população, cuja maioria não usa automóvel.

Percebe-se, então, que este enfoque era impreciso, pois em geral, o custo de viagem das pessoas que têm carro

é maior do que o das pessoas sem carro, assim chamadas ca  
tivas do transporte público.

Deve-se levar em conta também o fato de que um carro não é utilizado sempre pela família toda. Assim, na maioria dos casos, mesmo a família possuindo um automóvel, pode acontecer que alguns membros da família tenham necessidades de transporte semelhantes às das pessoas cujas famílias não tem carro. (4)

O que foi dito agora, com referência a grandes centros urbanos, torna-se ainda mais compreensível quando aplicado a uma região menos favorecida como a nossa, onde a maioria dos deslocamentos da população não é feita usando o automóvel.

Tradicionalmente, o Planejamento de Transportes tem se efetivado através de modelos agregados, ou seja, que consideram as necessidades da população como um todo. Contudo, a exposição acima mostra que o uso de tais modelos acarretam imprecisões, já que representam apenas o comportamento médio da população, não detectando as diferenças de comportamento dos diversos grupos dessa população.

Como a população urbana aumenta a cada ano, torna-se cada vez mais necessário planejar o desenvolvimento dos sistemas de transportes, com o uso dos vários modos, de maneira a se obter um eficiente serviço de transportes para a comunidade. Este estudo dos hábitos de viagem mostra preferências de segmentos da população por certos modos, e como essas preferências podem sugerir a tendência do desen

*volvimento dos transportes*

volvimento dos transportes.

## 1.2 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### Deslocamento:

Cada indivíduo, dado o seu papel social, exerce atividades econômicas, culturais e sociais. As atividades pressupõem o uso de equipamentos específicos para cada atividade. Como estes estão espacialmente dispersos no meio urbano, verifica-se a necessidade de deslocamentos.

A conclusão é que o deslocamento não é atividade, mas propicia a execução de atividades. Além do mais, o sistema de deslocamentos pode ser encarado como um sub-sistema do sistema de atividades das pessoas.

### Papel Social:

O papel social do indivíduo é a base para a análise de transportes, uma vez que os deslocamentos não são aleatórios. Na verdade, existem duas tendências principais:

Aproximadamente 90% dos deslocamentos urbanos tem origem ou destino na moradia.

Das atividades restantes, trabalho e estudo ocupam um lugar fundamental como motivo dos deslocamentos.

A combinação das características sócio-demográficas de

um indivíduo permite aproximar o seu padrão médio de atividades. No entanto, a mais importante é a ocupação principal, que é a própria expressão do papel social da pessoa.

#### O Fator Espacial:

Dentro de um mesmo grupo sócio-demográfico, há uma certa variação de comportamento, expressa em diferentes padrões diários de atividades. Isto é causado pela relação entre o padrão potencial de atividade de cada grupo e a distribuição relativa dos equipamentos dentro do meio urbano, assim como a qualidade do sistema de transportes.

Em outras palavras, é necessária a noção de:

*Localização espacial do indivíduo (Residência);*

*Distribuição relativa dos equipamentos específicos;*

*Sistema de transportes acessível ao indivíduo.*

O padrão de atividades do indivíduo dá prioridade à atividade principal. Depois, há um sistema de restrições, baseado em sua escala de prioridades e custos, que tende a reduzir de forma diferenciada o padrão potencial de indivíduos de um mesmo grupo social.

*Resumindo:* o fator espacial e os fatores socio-demográficos são determinantes do padrão de atividades de cada grupo de indivíduos.

Logo, o planejamento de transportes não objetiva apenas adequar a oferta a qualquer demanda, mas assegurar o

exercício das atividades do indivíduo na cidade.

Para isso, é necessário um planejamento integrado, assegurando primordialmente um adequado uso de solo. Isto é, deve ser assegurado o máximo de oportunidades com o mínimo de deslocamento, o que pode ser conseguido com a melhoria da distribuição espacial dos equipamentos ou com a otimização de um sistema de transportes integrado ao sistema urbano.

#### Grupos Homogêneos:

Dadas as suas características, as normas de funcionamento urbano:

- . *dividem o trabalho socialmente, atribuindo a cada pessoa um papel a desempenhar,*
- . *regem organizadamente o horário de exercício das principais atividades, e*
- . *determinam locais próprios para o exercício de cada atividade.*

Esta organização nos permite identificar grupos que, exercendo funções semelhantes, seguem a regulação horária da sociedade e usam os equipamentos específicos de cada atividade. Assim, indivíduos com a mesma localização espacial no meio urbano e mesmas características sócio-demográficas tendem a um comportamento diário que se assemelha ao padrão médio de seu grupo.

### Identificação dos Grupos Homogêneos:

Para essa identificação, é preciso deixar claros os componentes básicos que constituem a demanda pelos diversos modos (ou modalidade de transporte), para cada motivo (atividade causadora do deslocamento).

Devem ser relacionados também os equipamentos específicos para o exercício de cada atividade, proporcionando assim a modelagem da distribuição de viagens.

Isto porque cada indivíduo tem o seu padrão espacial de deslocamento, diferindo dos demais por razões que se dividem em duas categorias:

- . *Características sócio-demográficas do indivíduo;*
- . *Distribuição dos equipamentos no espaço urbano.*

Como foi visto, com relação ao item características do indivíduo, o que realmente define o padrão de deslocamentos é a atividade principal, a qual, por sua vez, condicionará o horário e o motivo das outras viagens do indivíduo.

Quanto ao item distribuição de equipamentos, a origem e o destino de cada viagem dependem da maneira pela qual são distribuídos os equipamentos na cidade.(2)

### 1.3 - OBJETIVO

A abordagem desagregada, por levar a resultados mais

próximos dos valores reais que a agregada, deve, sempre que possível, substituí-la no planejamento.

Seria necessária uma pesquisa domiciliar para que pudesse ser feita a análise dos grupos sócio-demográficos da população. Neste trabalho foram usados dados de uma Pesquisa Domiciliar realizada pelo GEIPOT, Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, em 1978, quando foram entrevistados 2.435 dos 24.604 domicílios da zona urbana de Campina Grande. Foram obtidos dados sócio-econômicos e parâmetros de viagem, que permitem uma análise desagregada da amostra.

Este estudo tem por objetivo verificar a hipótese de que grupos de características sócio-econômicas diferentes produzem diferentes padrões de viagem. Constatando que grupos de níveis de renda diferentes apresentam matrizes O-D diferentes, o presente estudo apresenta uma tentativa no sentido de quantificar essas diferenças. A partir daí, é mostrado que a modelagem feita levando em conta essas diferenças é de melhor qualidade que a agregada.

A característica sócio-econômica levada em conta neste trabalho foi a renda familiar, que foi dividida em cinco patamares, de acordo com a renda da população:

- 1 - até um salário mínimo regional (SMR)
- 2 - entre um a três SMR
- 3 - entre três e seis SMR
- 4 - entre seis e vinte SMR
- 5 - acima de vinte SMR.

Foram pesquisadas viagens com motivo: Compras, Lazer, Estudo, Trabalho no Secundário e Trabalho no Terciário.

Com relação à essa estratificação por motivo de viagem, é oportuno tecer algumas considerações a respeito das atividades que caracterizam cada motivo de viagem:

Moradia ou Residência - constitui a base principal das atividades urbanas, uma vez que é origem ou destino da grande maioria das viagens. Em Campina Grande, conforme informações do GEIPOT (Quadro 1.1), vê-se que aproximadamente 94% das viagens com base não residencial têm a residência como destino. Outra observação extraída desta tabela é que a maioria (49.125, correspondente à 46% do total) das viagens com base residencial têm o trabalho como motivo. Isto significa que a relação mais importante é residência-trabalho.

Trabalho - atividade prioritária, que se caracteriza quase sempre pela regularidade no horário de início e término e na duração. Uma classificação é muito importante: empregados nos setores secundário e terciário da economia. O setor secundário compreende indústria e construção civil. Quanto ao setor terciário da economia, este compreende os empregados no comércio, serviços públicos e serviços privados. Via de regra, o setor secundário tende a se localizar na periferia, enquanto o terciário tradicionalmente se localiza no centro. Como ilustração disso, pode-se ver um estudo comparativo de matrizes O-D, para os motivos trabalho no setor

QUADRO 1.1 - CAMPINA GRANDE: Área de Pesquisa - Classificação das Viagens Diárias - Todos os Modos, segundo as Características do Local de Origem e Destino (1978).

DESTINO \ ORIGEM	RESIDÊNCIA	TRABALHO	ESTUDO	COMPRAS	DISTRAÇÃO	ASSUNTOS PESSOAIS	ESCALA	OUTROS	TOTAL
Residência	0	49.125	37.539	5.083	6.797	4.657	-	4.687	107.888
Trabalho	47.358	936	1.057	215	210	102	-	124	50.002
Estudo	37.687	385	352	61	251	73	-	162	39.371
Compras	5.183	33	13	72	150	113	-	101	5.665
Distração	6.934	82	26	62	252	59	-	66	7.481
Assuntos Pessoais	4.479	118	35	198	79	172	-	57	5.038
Escala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros	4.528	98	74	105	130	52	-	119	5.106
T O T A L	106.169	50.777	29.396	5.696	7.869	5.228	-	5.316	220.451

Fonte: GEIPOT - ESTUDO DA DEMANDA: PESQUISA DOMICILIAR.

secundário e trabalho no setor terciário, para a faixa de renda que engloba a maior parte da população campinense, que é a faixa entre um e três SMR, conforme a tabela 1.2. Este estudo está no Capítulo IV.

Quadro 1.2 - Distribuição da População por Faixas de Renda (em %)

FAIXAS	PERCENTAGEM DA POPULAÇÃO
Até 1 SMR	14,12 %
Entre 1 e 3 SMR	38,92 %
Entre 3 e 6 SMR	24,33 %
Entre 6 e 20 SMR	19,43 %
Acima de 20 SMR	3,20 %

Fonte: GEIPOT: Estudo da Demanda.

Estudo - é atividade de grande parte das pessoas que ainda não estão em idade de trabalhar. Contudo existem muitas pessoas que trabalham e estudam. Como existem poucas instituições de ensino superior em Campina Grande, fica definida a localização espacial dos equipamentos. Com relação a 1º e 2º graus, a rede de ensino está presente em quase todos os bairros.

Lazer - atividade ao alcance de todos, englobando diversos ramos, tais como esportes, cinema, teatro, bares, clubes. Alguns desses equipamentos tendem a localizar-se no centro.

Compras - atividade comumente exercida pelas donas-de-casa. Considerando que a pesquisa foi feita com base em dias úteis, o motivo das viagens são compras habituais (diárias ou semanais). Assim, os equipamentos para esse fim estão distribuídos por toda a cidade, com alguma concentração no centro, por causa do comércio varejista.

No Capítulo II, será apresentada uma revisão teórica sobre conceitos que serão utilizados para a obtenção dos resultados pretendidos. Estes conceitos são a transformação relativa e o coeficiente de correlação linear. Em seguida, serão apresentados alguns modelos de distribuição de viagens, com comentários sobre a sua aplicabilidade à cidade de Campina Grande.

O Capítulo III mostra um histórico da cidade, com alguns quadros explanatórios de uso do solo, características sócio-econômicas e zoneamento.

O Capítulo IV apresenta os resultados e os comentários, à luz dos conceitos estudados no Capítulo II.

O Capítulo V resume as conclusões e apresenta sugestões para outros trabalhos que possam aparecer nessa linha de pesquisa.

O Apêndice apresenta cópia de programas usados no trabalho e o mapa da cidade, para melhor visualização do zoneamento.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO TEÓRICA

#### 2.1 - Entropia e Transinformação

A grandeza básica para se medir a organização de um sistema é a entropia de informação (5). Seja um conjunto de eventos  $E_1, E_2, \dots, E_m$ , com respectivas probabilidades de ocorrência  $p_1, p_2, \dots, p_m$ , onde o somatório de todos os  $p_i$  é igual à unidade.

O conteúdo médio de informação de cada  $E_i$  é dado pela entropia de informação:

$$H(E) = - \sum_{i=1}^m p_i \cdot \text{lb } p_i$$

onde  $\text{lb}$  é o logaritmo de base 2 (binário). Além disso, mais,  
 $0 < H(E) < \text{lb } m$ .

$H(E) = 0$  quando todas as observações pertencem a uma única classe (ou seja  $p_k = 1, p_i \neq k = 0$ ).

$H(E) = \text{lb } m$  quando todas as classes apresentam igual frequência ( $p_i = \frac{1}{m}$ ).

Para uma matriz O-D, pode-se calcular as entropias das origens,  $H(O)$ , dos destinos,  $H(D)$ , e da matriz,  $H(OD)$ . A informação transitada da origem para o destino, chamada tran-

sinformação, e denotada por  $H$ , será dada por:

$$\Delta H = H(O) + H(D) - H(OD)$$

A transformação é geralmente usada em relação ao input (origem). Assim:

$$\Delta H_r = \frac{\Delta H}{H(O)}, \quad 0 < \Delta H_r < 1.$$

Quanto mais próximo de zero o valor de  $\Delta H_r$ , mais desorganizado será o sistema. Quando o valor de  $\Delta H_r$  tende para a unidade, há concentração de relações. (7)

Os valores de  $H(O)$ ,  $H(D)$  e  $H(OD)$  são assim encontrados:

$$p_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_i \sum_j X_{ij}}$$

$$p_i = \frac{\sum_j X_{ij}}{\sum_i \sum_j X_{ij}}$$

$$p_j = \frac{\sum_i X_{ij}}{\sum_i \sum_j X_{ij}}$$

onde  $X_{ij}$  representa o elemento da linha  $i$  e coluna  $j$  da matriz O-D. (1)

$$H(O) = - \sum_i p_i \cdot \ln p_i$$

$$H(D) = - \sum_j p_j \cdot \ln p_j$$

$$H(OD) = - \sum_i \sum_j p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

O conceito químico de entropia - medida de desordem - é análogo à abordagem probabilística aqui apresentada, sendo as propriedades válidas em ambos os casos.

Neste trabalho, o conceito de transinformação será usado no Capítulo IV, quando serão calculados os valores da transinformação relativa para matrizes 0-D de grupos da população com níveis de renda diferentes.

## 2.2 - Coeficiente de Correlação

Outro método que será utilizado neste estudo como indicador numérico da diferença entre os padrões de viagem dos grupos sócio-econômicos é o coeficiente de correlação, que é apresentado de várias formas, entre as quais está a seguinte:

$$R(X,Y) = \frac{\sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i / N}{\left[ \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2 / N \right] \cdot \left[ \sum_{i=1}^N Y_i^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2 / N \right]}^{1/2}$$

onde:

N = número de observações de cada variável, X ou Y

X,Y = variáveis cuja correlação se quer estudar

R é um quantificador adimensional que tem a seguinte interpretação: como  $-1 < R < 1$ , ele mede o grau de linearidade entre as variáveis. Assim, valores de R próximos de -1 ou 1 significam um alto grau de linearidade. Se R é positivo, Y cresce com o crescimento de X, ao passo que valores negativos de R indicam o decrescimento de Y, quando X cresce.

Supondo  $N=2$ , nota-se que  $R$  representa o cosseno do ângulo entre o vetor  $(x_1, x_2)$  e o vetor  $(y_1, y_2)$ . Com efeito, o cosseno vale 1 ou -1 quando os vetores são paralelos, na mesma ou em direções opostas. Se o cosseno for zero, os vetores serão perpendiculares. Estas idéias podem ser generalizadas para um inteiro arbitrário  $n$ . Assim,  $R$  pode ser interpretado como o cosseno do ângulo entre os dois vetores  $n$ -dimensionais  $(x_1, x_1, \dots, x_n)$  e  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ . (3)

Nesta abordagem de correlação linear, também serão comparadas matrizes O-D para grupos de diferentes padrões de renda. A técnica usada para essa comparação é descrita no Capítulo IV.

### 2.3 - Modelos de Distribuição de Viagens

Estes modelos têm por objetivo a simulação das relações de origem e destino da região de estudo. A matriz O-D mostra as relações de origem e destino para todos os indivíduos na região de estudo.

Os modelos mais usados para reproduzir o processo de escolha do destino de cada viagem são os modelos agregados de distribuição de viagem.

Há três suposições básicas na formulação desses modelos:

- 1) *Existem grandezas que expressam a capacidade potencial de cada zona gerar viagens para certos destinos.*

- 2) *Existem grandezas que expressam a força de atração de cada zona.*
- 3) *Existem fatores que se opõem ao deslocamento entre duas zonas.*

Considerando a relação entre os potenciais de produção e atração de viagens, verifica-se que, para diferentes atividades, correspondem diferentes padrões de viagem, fruto de uma distribuição desigual tanto de equipamentos, como de viajantes potenciais pelas zonas da cidade.

Assim sendo, fica claro que se deve separar as viagens por motivo para se modelar a distribuição de viagens.

Neste trabalho, serão apresentados alguns dos modelos de distribuição mais usados atualmente, bem como serão feitos alguns comentários a respeito de sua aplicabilidade numa cidade como Campina Grande.

### 2.3.1 - Modelos de Distribuição à base de Fator de Crescimento:

Para a aplicação destes modelos, deve-se ter a matriz de viagens da região em estudo no ano base, bem como o número de viagens geradas e atraídas por cada zona, para o ano de projeto.

É usado um algoritmo iterativo para encontrar a matriz O-D do ano de projeto, satisfazendo às restrições:

$$\sum_{j=1}^N F_{ij}^n = O_i^n, \quad \sum_{i=1}^N F_{ij}^n = D_j^n$$

onde:

$O_i^n$  = viagens geradas na zona  $i$  no ano de projeto

$D_j^n$  = viagens atraídas para a zona  $j$  no ano de projeto

$F_{ij}^n$  = matriz O-D no ano de projeto

Com base no fator de crescimento, os métodos mais aceitos são os métodos Detroit e Fratar.

### 2.3.1.1 - Método Detroit

A expressão que caracteriza o modelo é:

$$V_{ij}^P = V_{ij}^{(P-1)} \times \frac{m_i^{(P-1)} \times m_j^{(P-1)}}{m^{(P-1)}}$$

onde:

$p$  = índice que indica o número de ordem da iteração

$V_{ij}^P$  = volume de viagens geradas pela zona  $i$ ; e atraídas para a zona  $j$ , na  $p$ -ésima iteração

$V_{ij}^{p-1}$  = ídem, só que na iteração anterior

$m_i$  = fator de crescimento, calculados como a razão entre geração de viagens da zona no ano de projeto e no ano base.

$m_j$  = ídem, para atração de viagens para a zona  $j$ .

$m$  = fator de crescimento do total de viagens, calculado como a razão entre o total de viagens geradas no ano de projeto e no ano base.

A iteração cessa quando as razões  $\frac{m_i^P}{m_i^{(P-1)}}$  e  $\frac{m_j^P}{m_j^{(P-1)}}$  fo

rem suficientemente próximas da unidade.

### 2.3.1.2 - Método Fratar

O método se baseia na expressão seguinte:

$$V_{ij}^p = V_{ij}^{p-1} \cdot \frac{m_i^{(p-1)} \times m_j^{(p-1)}}{2} \left[ \frac{O_i^N}{\sum_{k=1}^N V_{ik}^{p-1} \cdot D_k^{p-1}} + \frac{D_j^N}{\sum_{k=1}^N V_{kj}^{p-1} \cdot O_k^{p-1}} \right]$$

onde:

$O_i^N$  = volume de viagens geradas pela zona i no ano de projeto.

$D_j^N$  = volume de viagens atraídas pela zona j no ano de projeto.

Os demais termos tem notação análoga ao método Detroit.

A iteração cessará quando os fatores de crescimento convergirem para a unidade.

A aplicação dos modelos à base de fator de crescimento em uma cidade como Campina Grande não é recomendável, uma vez que supõem um desenvolvimento uniforme do uso do solo e a permanência do atual padrão de comportamento espacial da população até o ano de projeto, o que não acontece na realidade. Além do mais, eles não mostram a existência de uma relação causa-efeito, pois é apenas um método de cálculo iterativo, representando tão somente tendências numéricas. Pode acontecer, por exemplo, que as zonas maiores tenham seu número de viagens sub-dimensionado, ficando superdimensionado o volume de viagens das menores zonas.

### 2.3.2 - Modelos Gravitacionais

Os modelos gravitacionais de distribuição de viagens são baseados no modelo básico de atração entre dois corpos. O volume de viagens geradas por uma zona  $i$  e atraídas para uma zona  $j$  será dado por:

$$V_{ij} = k \cdot \frac{P_i \cdot A_j}{R_{ij}}$$

onde:

$V_{ij}$  = volume de viagens entre as zonas  $i$  e  $j$

$P_i$  = grandeza que expressa o potencial de elementos atraídos na zona  $i$  (ex: número de empregados na zona  $i$ ).

$A_j$  = grandeza que expressa a força de atração da zona  $j$  (ex.: estabelecimentos de ensino na zona  $j$ ).

$K$  = constante de proporcionalidade

$R_{ij}$  = fator que expressa a resistência ao deslocamento entre  $i$  e  $j$  (custo, distância, tempo de viagem, etc.).

Há diversas versões do modelo gravitacional, variando entre si na escolha da variável do fator de resistência e na definição da constante de proporcionalidade.

A principal restrição ao uso dos modelos gravitacionais, nas suas versões mais tradicionais, é que eles se baseiam na aplicação de uma lei física a um comportamento social. Por isso, estes modelos não devem ser usados sem que se levem em conta particularidades sócio-demográficas da população que utiliza o sistema de transportes. Um ponto que

merece grande atenção é que o volume de viagens é inversamente proporcional ao fator de resistência, que é função do custo (tempo ou distância) de viagem.

Isto pode levar a resultados fora da realidade, quando se calcular o volume de viagens entre zonas com centros muito próximos. Existem outras versões mais elaboradas. Uma versão muito utilizada atualmente é a seguinte:

$$V_{ij} = O_i \cdot K_{ij} \frac{A_j \cdot F_{ij}(t)}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot F_{ij}(t)}$$

onde:

$V_{ij}$  = volume de viagens entre  $i$  e  $j$

$O_i$  = volume de viagens originadas em  $i$

$A_j$  = volume de viagens atraídas para  $j$

$K_{ij}$  = fator de ajustamento para cada relação O-D

$$(K_{ij} = \frac{V_{ij} \text{ real}}{V_{ij} \text{ calc}})$$

$F_{ij}(t)$  = fator de resistência, função da distância a tempo de viagem.

A calibração é um método iterativo, que garante a convergência dos volumes de viagens calculados para os reais. Este método será descrito no Capítulo IV, uma vez que este modelo será ali apresentado como exemplo de modelagem desagregada.

### 2.3.3 - Modelo de Interposição de Oportunidades

Este modelo representa uma abordagem probabilística do problema de distribuição de viagens. Sua condição fundamental é que a probabilidade de uma viagem terminar em qualquer uma das alternativas de destino é constante,  $L$ , independente da ordem na qual os destinos são considerados. Assim:

A probabilidade de a viagem terminar no destino 1,  $d_1=L$

A probabilidade de a viagem não terminar no destino 1,  $d_1=1-L$

A probabilidade de a viagem terminar no destino 2,  $d_2=(1-L)L$

Generalizando, a probabilidade de a viagem parar no destino  $d_k$  é dada por  $(1-L)^{k-1} \cdot L$ . Ou ainda:  $(1-L)^{k-1} - (1-L)^k$ .

Ordenando os destinos em ordem crescente por tempo de viagem e considerando  $A_i$  o número de destinos entre a origem e a zona  $i$ , e  $A_j$ , o número de destinos entre as zonas  $i$  e  $j$ , então a probabilidade de a viagem terminar em  $j$  será dada por:

$$P = (1-L)^{A_i} - (1-L)^{A_i+A_j}$$

Para um número grande de destinos, podemos passar do caso discreto para o caso contínuo. Então, tomando uma região infinitesimal, tem-se que:

$$dP = (1-P) \cdot L \cdot dA$$

onde:

$dP$  = probabilidade de a viagem terminar ao serem considerados

dA possíveis destinos.

$P$  = probabilidade de a viagem terminar ao serem considerados A possíveis destinos.

Resolvendo a equação diferencial, vem:

$$\frac{dp}{1-p} = L \cdot dA \quad \therefore \quad -\ln(1-p) = L \cdot A + C$$

$$1-p = e^{L \cdot A} \cdot e^C \quad \text{Fazendo } e^C = k, \text{ fica:}$$

$$p = 1 - k \cdot e^{-L \cdot A} \quad \therefore \quad p = 1 - e^{-L \cdot A}$$

E, finalmente, o modelo será definido pela expressão:

$$V_{ij} = O_i \cdot P_{ij}, = O_i \cdot \left[ e^{-L \cdot A_i} - e^{-L(A_i+A_j)} \right]$$

onde: -

$V_{ij}$  = volume de viagens de i para j

$O_i$  = volume de viagens geradas em i

$P_{ij}$  = probabilidade de a viagem começar em i e terminar em j.

Existe uma restrição quanto ao uso deste modelo. É o fato de que a probabilidade de cada destino ser escolhido,  $L$ , não ser a mesma para todos os destinos. Além disso, a quantificação de  $L$  para cada zona e para cada motivo de viagem ou ainda para cada tipo de viagem não é simples. (2)

#### 2.3.4 - Modelos de Entropia

Os modelos de entropia se assemelham aos modelos gravitacionais, uma vez que, em ambos, a distribuição de equilíbrio é alcançada através da maximização da entropia. Ou melhor, o modelo gravitacional é um tipo particular de modelo de entropia.

A abordagem dos modelos de entropia é probabilística, senão vejamos:

$$p_{ij} = \frac{f_{ij}}{w}, \text{ onde: } f_{ij} = \text{entrada da matriz O-D}$$

$$w = \text{total de viagens}$$

$$\sum_j f_{ij} = a_i$$

$$\sum_j f_{ij} = b_j$$

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j = w$$

E mais:

$$u_i = \frac{a_i}{w}$$

$$v_j = \frac{b_j}{w}$$

$$\sum_i u_i = \sum_j v_j = \sum_i \sum_j p_{ij} = 1, \quad 0 < p_{ij} < 1$$

Ou seja,  $p_{ij}$ ,  $u_i$  e  $v_j$  podem ser definidos assim:

$p_{ij}$  = probabilidade conjunta de uma viagem ser produzida em  $i$  e atraída por  $j$ .

$u_i$  = probabilidade de uma viagem ser produzida pela zona  $i$ .

$v_j$  = probabilidade de uma viagem ser atraída pela zona  $j$ .

#### 2.3.4.1 - Modelo da rede

A entropia da rede é dada por:

$$H = - \sum_i \sum_j p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

Se  $p_{ij} \rightarrow 0$ ,  $p_{ij} \cdot \ln p_{ij} = 0$

Assim, se  $p_{ij} = 0$  ou  $1$ ,  $- p_{ij} \cdot \ln p_{ij} = 0$

Se  $0 < p_{ij} < 1$ ,  $- p_{ij} \ln p_{ij} > 0$

Interessa saber o comportamento da função  $- p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$ .

Derivando sucessivamente, em função de  $p_{ij}$ :

$$\frac{d(-p_{ij} \cdot \ln p_{ij})}{dp_{ij}} = - \ln p_{ij} - 1$$

$$\frac{d^2(-p_{ij} \cdot \ln p_{ij})}{d(p_{ij})^2} = \frac{d(-\ln p_{ij} - 1)}{d p_{ij}} = \frac{-1}{p_{ij}}$$

A conclusão é que a curva da função  $- p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$  é côncava com máximo para  $p_{ij} = e^{-1}$ .

Já que uma suposição básica de modelo é o deslocamento da distribuição, o modelo de entropia tenta maximizar a entropia do modelo, sujeito a:

$$\max H = - \sum_i \sum_j p_{ij} \ln p_{ij} \quad e^{\sum p_{ij}} = 1$$

O valor de  $p_{ij}$  que soluciona o problema,  $p_{ij}^*$ , é:

$$p_{ij}^* = \frac{1}{m \cdot n}, \quad H^* = H_{\max.} = \ln(m \cdot n) \text{ onde: } m = n^{\circ} \text{ de origens} \\ n = n^{\circ} \text{ de destinos}$$

Em outras palavras, a maximização da entropia distribui as viagens igualmente entre as zonas de destino.

#### 2.3.4.2 - Modelo proporcional

Este modelo é obtido pela maximização da entropia da rede, mais as seguintes restrições:

$$\sum_{j=1}^N p_{ij} = u_i, \quad \sum_{i=1}^N p_{ij} = v_j, \quad 0 < p_{ij} < 1, \quad \sum_{i,j} p_{ij} = 1$$

#### 2.3.4.3 - Modelo do custo médio

O modelo considera uma restrição a mais que o proporcional. Leva em conta que há uma preferência geral pelas viagens curtas, com exceção apenas para as viagens com motivo lazer. O custo médio pode ser medido em função da distância ou do tempo de viagem. Por exemplo. Se  $c_{ij}$  é o custo de uma viagem entre as zonas  $i$  e  $j$ , o custo médio de uma viagem,  $c$ , pode ser definido como:

$$c = \sum_{i,j} p_{ij} \cdot c_{ij}$$

Acrescentando esta restrição às do modelo anterior, passa-se a trabalhar com o Modelo do Custo Médio.

#### 2.3.4.4 - Modelo gravitacional

O Modelo Gravitacional é o mesmo já enfocado anteriormente neste trabalho. Mencioná-lo neste contexto tem o objetivo de mostrar que, usando o enfoque de entropia, os modelos gravitacionais podem ser considerados como uma extensão do Modelo do Custo Médio. Ao invés de fixar um único parâmetro - a média - da distribuição de frequência do custo de viagem, toda a distribuição será ajustada.

Chega-se à maximização da entropia, satisfazendo às condições:

$$P_{ij} = x_i \cdot w_{ij} \cdot y_j, \text{ onde } w_{ij} = \exp\{-\gamma(t)\}$$

onde  $\gamma(t)$  é um fator de resistência para um custo de valor  $t$ . Iterativamente, são determinados  $x_i, y_j$  através de:

$$\sum_j x_i \cdot w_{ij} \cdot y_j = u_i, \sum_i x_i \cdot w_{ij} = v_j \text{ e } \sum' x_i \cdot w_{ij} \cdot y_j = p(t).$$

$\Sigma'$  significa o somatório na região onde  $t < c_{ij} < t + \Delta t$ , e  $p(t)$  é a percentagem de viagens com custo  $c_{ij}$  entre  $t$  e  $t + \Delta t$ .

O maior problema com relação à aplicação dos modelos de entropia reside na sua difícil calibração. (6)

#### 2.3.5 - Modelo de Southworth

F. Southworth (8) propôs em 1979 um modelo desagregado baseado em maximização da entropia. Trabalhando com seu modelo na grande Londres, desenvolveu um método para analisar variações na demanda a nível agregado, com diferentes

condições de escolha de viagem. Estas comparações também podem ser feitas a nível desagregado, para testar a influência de características sócio-econômicas nos tempos de viagem. Tais características podem ser, por exemplo, renda familiar ou localização da residência na malha urbana.

Para testar os resultados, é usada uma técnica estatística que se baseia em máxima verossimilhança.

A forma geral do modelo é:

$$T_{ij}^{ph} = A_i^{ph} \cdot O_i^{ph} \cdot D_j^p \cdot \exp(-\beta_i^{ph} \cdot c_{ij}^{ph})$$

onde:

$T_{ij}^{ph}$  = número estimado de viagens da zona  $i$  para a zona  $j$ , com motivo  $p$ , feitas por pessoas do tipo  $h$ .

$O_i^{ph}$  = número de viagens geradas da zona  $i$ , com  $p$  e  $h$  dados.

$D_j^p$  = número de viagens terminando na zona  $j$ , motivo  $p$ .

$c_{ij}^{ph}$  = tempo (ou custo) de viagem de  $i$  para  $j$ , dados  $p$  e  $h$ .

$\beta_i^{ph}$  = parâmetros inversamente proporcionais, ao tempo, que serão estimados pelo modelo.

$$A_i^{ph} = \text{fator de equilíbrio} = \left[ \sum_j D_j^p \cdot \exp(-\beta_i^{ph} \cdot c_{ij}^{ph}) \right]^{-1}$$

Esta equação é considerada um "modelo de maximização de entropia com restrição de produção", uma vez que o fator de equilíbrio  $A_i^{ph}$  garante que é respeitada a restrição seguinte, sobre o total de origens de viagem, para todas as zonas:

$$\sum_j T_{ij}^{ph} = O_i^{ph}$$

Para se calibrar o modelo, estimam-se os parâmetros  $\beta_i^{ph}$ , cujos valores são obtidos com a restrição:

$$\sum_j T_{ij}^{ph} \cdot c_{ij}^{ph} = C_i^{ph}$$

Esta condição deve ser satisfeita para todas as zonas de origem e é específica para cada zona.  $C_i^{ph}$  é o tempo (conhecido) gasto pelos viajantes dos grupos p e h da zona i, na sua viagem. Ou seja:

$$C_i^{ph} = \sum_j N_{ij}^{ph} \cdot c_{ij}^{ph}$$

onde:

$N_{ij}^{ph}$  é a matriz de viagem estratificada encontrada na pesquisa.

Conforme já foi mencionado, os conceitos de transformação relativa e coeficiente de correlação linear serão usados no Capítulo IV, no sentido de quantificar a diferença entre as matrizes.

Além disso, será apresentado um exemplo prático, mostrando a aplicação comparativa de um modelo em duas versões: agregada e desagregada. O modelo utilizado será o modelo gravitacional à base de fator de resistência, que foi descrito na seção 2.3.2..

## CAPÍTULO III

### DESCRIÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO

O núcleo inicial da cidade de Campina Grande, fundada pelo sertanista português *Teodósio de Oliveira Ledo*, surgiu em torno de um aldeamento indígena em fins do século XVII.

Mas só se considera a evolução urbana de Campina Grande a partir do século XVIII, quando a farinha de Mandioca, então base da economia campinense, fazia florescer o comércio.

Foi elevada à categoria de cidade em 11 de outubro no ano de 1864, mas ainda não passava de um núcleo com pouco mais de 300 casas.

A cultura de algodão, reforçada pela chegada do trem em 1907, fez com que a cidade ganhasse novo impulso, com o qual contribuiu também a ampliação do mercado de algodão, gerando as primeiras atividades do setor secundário, através do beneficiamento e prensagem de produto.

Em 1931, a cidade já contava com 4 bairros: *Açude Velho*, *Areias*, *São José* e *Piabas*.

Um novo surto de ativação da economia ocorreu em 1940, quando foram implantadas indústrias de beneficiamento de óleo e têxteis em Bodocongô, além da inauguração do abaste-

cimento de água.

Com a metade do comércio paraibano em Campina Grande, o setor terciário era em 1950 o grande suporte da economia campinense. Com a implantação em 1956 do serviço de energia elétrica, acelerou-se novamente a expansão da cidade, então com população de 110.670 habitantes.

Em nossos dias, a cidade perdeu a condição polarizadora da produção agrícola do estado, por causa da expansão e melhoria da malha rodoviária. O aglomerado urbano tem aproximadamente 188.390 habitantes, conforme quadro 3.1.

QUADRO 3.1 - CAMPINA GRANDE - Evolução da População  
(1970-1978)

POPULAÇÃO ANO	MUNICÍPIO	DISTR. SEDE	URBANA DO DISTRITO SEDE
1970	195.974	172.323	147.681
1978(1)	249.945	219.824	188.390

FONTE: IBGE para 1970 e 1975.

(1) - Estimativa do Estudo da Demanda com base na visão do IBGE para o período 1970/80

A cidade de Campina Grande tem características muito peculiares. Tradicionalmente, a cidade cresceu em torno de feira, formando um núcleo central onde se concentravam os setores secundário e terciário, bem como praticamente todos

os estabelecimentos de ensino e opções de lazer. Dentro deste núcleo e em redor dele foram se formando setores residenciais.

Com o aumento da população, foram se formando na periferia zonas residenciais, processo este que ainda hoje continua. Há zonas como os bairros *Alto Branco* e *Bairro das Nações*, estritamente residenciais, cujos moradores apenas residem lá, tendo que se deslocar para qualquer outra atividade.

Depois da década de 60, algumas atividades foram se retirando do centro. Com a criação do *Distrito Industrial*, *Campus Universitário* e *escolas públicas nos bairros*, a cidade se expandiu e com ela o sistema de transportes coletivos.

Apesar do crescimento da cidade, a grande maioria dos equipamentos continua localizada no centro. Devido a isso, uma boa parte da população anda a pé, sem prejuízo de suas atividades. Uma outra razão para que isto aconteça é o custo de transporte público, muito alto para o baixo poder aquisitivo da população em geral.

Assim, é natural que uma pesquisa domiciliar mostre como grandes zonas atradoras de viagens as zonas que se localizam no centro da cidade, para todos os motivos de viagem. Em seguida aparecem as zonas com equipamentos específicos, como o *Bairro Universitário* e o *Distrito Industrial*.

Em 1978, o GEIPOT, Empresa Brasileira de Planeamen-

to de Transportes, realizou nesta cidade uma pesquisa domiciliar com o objetivo de estudar a estrutura da demanda de transportes. A cidade foi dividida em 23 zonas de tráfego, conforme especifica o Quadro 3.2. Deste trabalho, foram tiradas algumas observações interessantes, tais como:

Em termos de evolução da população, observou-se na área de estudo de Campina Grande uma taxa de crescimento a cumulativa superior à média nacional. Em 1978, a população residente era de 177.864 habitantes, ocupando 34.604 domicílios, correspondendo a um tamanho médio de família de 5,14 hab/domicílio, índice típico das cidades do norte e nordeste do país, caracterizados por famílias numerosas.

Referida população pode ser considerada jovem, pois 58,13% situa-se na faixa etária de 0 a 24 anos e aproximadamente 37% na idade escolar, de 6 a 18 anos.

Quanto à população que trabalha, excetuando-se os ocupados na agropecuária que, via de regra, não realizam viagens por motivo trabalho dentro da área de estudo, observa-se que 24,5% da população total trabalha, dos quais 89% representam os absorvidos pelo setor terciário e 11% pelo secundário. Dentro de setor terciário destacam-se os serviços privados, absorvendo 38,1% do terciário ou 33,8% da população que trabalha.

Em termos de local de trabalho, 35% da população que trabalha o faz na própria zona de residência, enquanto que 65% se obriga a realizar viagens interzonais por motivo tra

QUADRO 3.2 - CAMPINA GRANDE - Zoneamento de Tráfego  
(1978)

ZONA DE TRÁFEGO	DENOMINAÇÃO	SUPERFÍCIE (ha)
01	Centro	66,3
02	Terminal intermunicipal	-
03	Centro	67,0
04	Feira	-
05	Alto Branco, Lauritzen, Tavares	200,6
06	Ceasa	-
07	Louzeiro, Menezes, Pirineus, Conceição	219,2
08	Araxá, Jeremias, Monte Santo, Palmeira	285,1
09	Areias	28,6
10	Bela Vista, Açude Novo, Cidadã Alta	151,7
11	Universidade	44,1
12	St <sup>o</sup> Izidro, Zoobotânico, Redentorista e <u>Bo</u> docongô	437,9
13	Dr. Merquinha, Casa de Pedras e Minerais	131,7
14	Centenário e São José	139,9
15	St <sup>a</sup> Rosa, Santana, Quarenta, Moita, Jardim Nordeste e Cruzeiro	529,5
16	Liberdade, Graça e Jardim Paulistano	406,9
17	Distrito industrial	-
18	Provisão, Catolé, Passa tempo, Sandra Cavalcanti e Tambor	374,0

ZONA DE TRÁFEGO	DENOMINAÇÃO	SUPERFÍCIE (ha)
19	Sanbra e Prado	98,1
20	Açude Velho	65,3
21	Ariūs, Acauã e Vila Cabral	194,6
22	Santo Antônio e José Pinheiro	138,3
23	Vila Castelo Branco, Monte Castelo, Nova Brasília e Cachoeira	133,5
T O T A L		3.711,6

FONTE: GEIPOT - Estudo da Demanda: Pesquisa Domiciliar.

QUADRO 3.3 - CAMPINA GRANDE - Área de Pesquisa - Oferta de Emprego por Ramo de Atividade, segundo a zona de residência do empregado. - 1978 -

ZONA DE TRÁFEGO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO	TOTAL
01	128	1.425	1.553
02	-	-	-
03	82	2.337	2.419
04	-	-	-
05	129	2.061	2.190
06	-	-	-
07	224	1.917	2.141
08	559	4.877	5.436
09	26	604	630

ZONA DE TRÁFEGO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO	TOTAL
10	167	2.832	2.999
11	-	-	-
12	516	1.284	1.800
13	40	657	697
14	414	3.522	3.936
15	912	3.674	4.586
16	436	4.090	4.526
17	-	-	-
18	306	1.045	1.351
19	509	1.825	2.334
20	17	697	714
21	129	977	1.106
22	525	5.442	5.967
23	292	3.083	3.375
TOTAL	5.411	42.349	47.760

FONTE: GEIPOT - Estudo da Demanda - Pesquisa Domiciliar.

QUADRO 3.4 - CAMPINA GRANDE: Área de Estudo - Matrículas Escolares Oferecidas por zona de Tráfego. 1978.

ZONA DE TRÁFEGO	MATRÍCULAS ESCOLARES	MATRIC./HA
01	18.633	281.04
02	91	3.64
03	6.865	102.46

ZONA DE TRÁFEGO	MATRÍCULAS ESCOLARES	MATRIC./HA
04	36	102,46
05	2.616	13,04
06	0	0
07	961	4,39
08	4.843	16,99
09	105	3,68
10	6.913	45,57
11	5.220	118,37
12	4.473	10,21
13	43	0,33
14	2.263	16,26
15	2.743	5,18
16	4.056	9,97
17	91	0,26
18	3.471	9,26
19	832	8,48
20	1.443	22,11
21	1.040	5,34
22	7.100	51,34
23	2.398	7,19
T O T A L	76.236	

FONTE: GEIPOT - Estudo da Demanda - Pesquisa Domiciliar.

balho. A zona 12 destaca-se por absorver relativamente o maior número de empregados residentes na própria zona, ou seja, 55%. À zona 12, seguem-se as zonas 1 e 7, com 48% e 42%, respectivamente.

Quanto aos empregos oferecidos, observa-se que, do total de 47.760, 89% correspondem ao setor terciário, predominância que ocorre em quase todas as cidades brasileiras. A zona 1 destaca-se por oferecer o maior número de emprego, ou seja, 16.560, correspondente a 35% do total. Considerando-se o número de empregos oferecidos e a população que trabalha, tem-se que, em média, cada pessoa ocupa 1,1 empregos. Ver Quadro 3.3.

No que concerne à população estudantil, registra-se que 43% da população da cidade declarou que estuda, seja como atividade principal ou secundária. Dessa população, 60,1% estuda na própria zona de residência, enquanto que 39,9% o faz em outras zonas. O Quadro 3.4 mostra a distribuição de matrículas por zona.

Em termos de renda, a cidade apresentava em 1978 uma renda mensal média domiciliar de Cr\$ 4.530,00, com as zonas 1, 13 e 3 as de maior renda. O salário mínimo regional era Cr\$ 1.111,20. Além do mais, 77% da população tinha renda inferior a Cr\$ 5.000,00.

A demanda global diária, todos os modos e motivos, era 220.441 viagens, correspondendo a um índice de mobilidade pessoal de 1,24 viagens/pessoa e domiciliar de 6,37 via-

gens/domicílio.

No que concerne aos motivos predominantes das viagens, observa-se que o motivo predominante é trabalho, vindo a seguir estudo, conforme o Quadro 3.5. Cabe mencionar que os índices de atratividade exercidos pelos empregos e pelas matrículas escolares são, respectivamente, 1,94 viagens/emprego e 0,99 viagens/matrícula, de onde se observa que o índice de atratividade de matrículas é relativamente baixo.

Quanto à distribuição geográfica da demanda por viagens por todos os modos e motivos, tem-se que das 220.441 viagens, 18,7% correspondem a viagens internas às zonas e 81,3% às interzonais. A análise das linhas de desejo das viagens, modo público e privado, que demandam o centro mostrou que a zona 1 atrai o maior número de viagens motorizadas, principalmente provenientes das zonas 16, 2 e 8. A distribuição geográfica das viagens a pé destaca também o movimento de troca das zonas 3, 7 e 8, com zona 1, bem como da zona 22 com a 23.

QUADRO 3.5 - CAMPINA GRANDE: Área de Pesquisa - Distribuição das Viagens por motivo, segundo as características da Base. - 1978 -

CARACTERÍSTICA QUANTO A BASE MOTIVO	DOMICILIAR		NÃO DOMICILIAR	
	VALOR ABSOLUTO	%	VALOR ABSOLUTO	%
Trabalho	96.480	45,07	1.679	26,28
Estudo	75.223	35,14	1.860	29,12
Outros	42.350	19,79	2.849	44,60
TOTAL	214.053	100,00	6.388	100,00

FONTE: GEIPOT - Estudo da Demanda: Pesquisa Domiciliar.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 4.1 - APRESENTAÇÃO

A estratificação das matrizes foi feita em dois níveis: motivo de viagem - cinco motivos - e nível de renda familiar - também cinco níveis. Como resultado disso, a base deste estudo é composta de 25 matrizes, que apresentaram características diferentes entre si.

Para motivo lazer, nota-se que as zonas centrais (zonas 1 e 3) concentram a atração de viagens, ficando em média com 40% das viagens atraídas em toda a cidade. O restante é de viagens para zonas vizinhas.

As faixas de renda 1 e 5 mostram pequenos volumes de viagem, mas têm comportamento espacial semelhante ao da população, à nível agregado. A matriz agregada mostra maior procura pelas zonas 1,3; 8,10 e 22. Ver Quadro 4.1.

Para motivo compras, existe uma particularidade interessante: Para a faixa de renda mais alta, a zona mais procurada é a 20, onde se situa o maior supermercado da cidade. Esta zona atrai 43% das viagens contra 30% do centro comercial da cidade. Para as demais faixas de renda, predomina a zona 1, polarizando em média 56% das viagens. A zona

QUADRO 4.1 - Zonas Atradoras por Faixa de Renda.

Motivo: Lazer

Lazer - Faixa de Renda 1

Zona	1	3	4	7	8	10	12	14	16	18	19	20	21	22	TOTAL
Volume	233	35	14	17	118	98	17	27	34	17	75	20	22	75	802
%	0,29	0,04	*	*	0,15	0,12	*	*	0,04	*	0,09	*	*	0,09	

Lazer - Faixa de Renda 2

Zona	1	2	3	5	6	7	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL	
Volume	483	18	124	30	18	15	91	228	40	55	66	112	144	16	88	30	1	39	311	116	2025	
%	0,25	*	0,07	*	*	*	0,05	0,12	*	*	*	0,06	0,08	*	*	*	*	*	*	*	0,16	0,06

Lazer - Faixa de Renda 3

Zona	1	3	5	6	7	8	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL	
Volume	601	260	26	54	34	157	107	27	11	112	24	69	26	105	56	49	13	174	92	1997	
%	0,35	0,15	*	*	*	0,09	0,06	*	*	0,07	*	*	*	0,06	*	*	*	0,10	0,05		

Lazer - Faixa de Renda 4

Zona	1	2	3	4	5	8	10	11	12	14	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Volume	623	9	261	9	54	103	129	50	29	62	139	1	69	101	73	26	116	1854
%	0,34	*	0,14	*	*	0,06	0,07	*	*	*	0,07	*	*	0,05	*	*	0,06	

Lazer - Faixa de Renda 5

Zona	1	3	5	10	12	14	16	18	20	TOTAL
Volume	60	82	43	53	15	17	26	30	38	364
%	0,17	0,23	0,12	0,15	*	*	0,07	0,08	0,10	

Lazer - TOTAL

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	2000	27	762	23	153	72	66	469	615	90	143	11	284	136	412	43	209	262	181	100	676	208	7.042
%	0,28	*	0,11	*	*	*	*	0,07	0,09	*	*	*	0,04	*	0,06	*	0,04	0,04	*	*	0,10	*	

\* = percentagem menor que 3%.

4, correspondente à feira central, também aparece com significativo valor de atração. Agregando todas as rendas, vê-se que as zonas com valores significantes para atração de viagens são: 1, 3, 4 e 20. Ver Quadro 4.2.

Nesta agregação, se perdem relações importantes como as viagens intra-zonais e a influência da atração para a zona 20 para as faixas de renda mais alta.

Para as viagens de trabalho, foi feita a divisão entre trabalho no setor secundário e no setor terciário da economia. Com relação ao secundário, vê-se que a maioria das viagens tem como destino as zonas 12 e 17 (Distrito Industrial) e as zonas centrais (1 e 3). A faixa de renda 5 não faz viagens com este motivo. Existem ainda outras relações menores, aparecendo, após a agregação, as zonas 1,3; 12; 14; 16; 17 e 22 como as principais atratoras de viagens. Ver Quadro 4.3.

Com relação a trabalho no terciário, o padrão de viagens é diferente, a começar pelo volume de viagens, que é cerca de sete vezes maior que o relativo ao secundário. Além do mais, o trabalho no terciário pode ser exercido em quase todas as zonas, embora com concentração acentuada no centro, o que não acontece com o secundário, que predomina no Distrito Industrial. As zonas 1 e 3 atraem cerca de 53 %, havendo também fluxos para as zonas 4, 8, 10, 12, 14, 16, 17 e 22. Ver Quadro 4.4.

O motivo estudo é o que apresenta o maior número de

## QUADRO 4.2 - Zonas Atradoras por Faixa de Renda.

Motivo: Compras.

## Compras - Faixa de Renda 1

Zona	1	3	4	5	15	20	22	23	TOTAL
Volume	228	28	136	15	17	26	13	21	484
%	0,47	0,06	0,28	*	*	*	*	0,05	

## Compras - Faixa de Renda 2

Zona	1	3	4	6	10	12	14	18	20	22	23	TOTAL
Volume	1086	144	184	15	86	1	64	49	167	30	43	1869
%	0,48	0,08	0,10	*	*	*	*	*	0,09	*	*	

## Compras - Faixa de Renda 3

Zona	1	3	4	6	8	16	20	TOTAL
Volume	758	100	171	108	34	86	131	1388
%	0,55	0,07	0,12	0,08	0,03	0,06	0,09	

## Compras - Faixa de Renda 4

Zona	1	3	4	6	7	10	14	17	20	22	TOTAL
Volume	868	38	205	52	15	7	13	13	140	26	1377
%	0,63	*	0,15	0,04	*	*	*	*	0,10	*	

## Compras - Faixa de Renda 5

Zona	1	3	4	14	20	TOTAL
Volume	74	11	26	27	103	241
%	0,30	0,05	0,11	0,11	0,43	

## Compras - TOTAL

Zona	1	3	4	5	6	7	8	10	12	14	15	16	17	18	20	22	23	TOTAL
Volume	2014	321	722	15	175	15	34	93	1	104	17	86	13	49	567	69	64	5.359
%	0,56	0,06	0,13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,11	*	*	

\* = percentagem menor que 3%.

### QUADRO 4.3 - Zonas Atradoras por Faixa de Renda.

Motivo: Trabalho no Secundário.

#### Trabalho no Secundário - Faixa de Renda 1

Zona	1	3	5	8	10	16	17	18	20	21	23	TOTAL
Volume	92	55	13	30	36	55	78	17	9	19	51	455
%	0,20	0,12	*	0,07	0,08	0,12	0,17	*	*	0,04	0,11	

#### Trabalho no Secundário - Faixa de Renda 2

Zona	1	3	4	5	7	8	9	10	12	14	15	16	17	18	19	22	23	TOTAL
Volume	286	97	43	17	152	59	50	114	303	27	71	95	422	30	34	187	24	2.012
%	0,14	0,05	*	*	0,08	*	*	0,06	0,15	*	*	0,06	0,21	*	*	0,09	*	

#### Trabalho no Secundário - Faixa de Renda 3

Zona	1	3	4	5	6	12	14	15	16	17	19	20	22	TOTAL
Volume	93	30	34	82	34	102	51	54	45	320	13	55	34	947
%	0,10	*	*	0,09	*	0,11	0,05	0,06	*	0,34	*	0,06	*	

#### Trabalho no Secundário - Faixa de Renda 4

Zona	1	3	11	12	14	16	17	TOTAL
Volume	113	56	31	104	129	82	92	607
%	0,19	0,09	0,05	0,17	0,21	0,14	0,15	

#### Trabalho no Secundário - Faixa de Renda 5

Zona	15	TOTAL
Volume	15	15
%		

#### Trabalho do Secundário - TOTAL

Zona	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	584	238	77	112	34	152	89	50	150	31	509	207	125	278	927	47	47	64	19	221	75	4.036
%	0,14	0,06	*	*	*	*	*	*	*	*	0,13	0,05	*	0,07	0,23	*	*	*	*	0,05	*	

\* = percentagem menor que 3%.

QUADRO 4.4 - Zonas Atratoras por Faixa de Renda.

Motivo: Trabalho no Terciário.

Trabalho no Terciário - Faixa de Renda 1

Zona	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Volume	453	224	120	34	62	280	38	143	13	93	9	47	111	46	9	44	13	177	1.916
%	0,24	0,12	0,06	*	* 0,15	* 0,07	* 0,05	*	* 0,06	*	*	*	*	*	*	*	*	* 0,09	

Trabalho no Terciário - Faixa de Renda 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	5144	311	1223	461	141	62	219	468	101	1017	112	521	11	267	188	715	552	170	149	196	64	450	103	12.645
%	0,41	* 0,10	0,41	*	*	*	* 0,04	* 0,08	* 0,04	*	*	*	*	* 0,06	0,04	*	*	*	*	*	*	* 0,04	*	

Trabalho no Terciário - Faixa de Renda 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	TOTAL
Volume	3571	35	1043	302	149	9	17	114	485	174	230	22	377	286	174	367	61	292	34	276	8.018
%	0,45	* 0,13	0,04	*	*	*	* 0,06	*	*	* 0,05	*	*	* 0,05	*	* 0,05	* 0,04	*	*	*	*	

Trabalho no Terciário - Faixa de Renda 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Volume	2525	56	887	81	91	26	19	208	38	384	242	201	195	176	178	188	75	1	83	82	261	5.997
%	0,42	* 0,15	*	*	*	*	* 0,03	* 0,06	0,04	0,03	* 0,03	0,03	* 0,03	0,03	0,03	*	*	*	*	*	* 0,04	

Trabalho no Terciário - Faixa de Renda 5

Zona	1	2	3	5	7	10	11	12	14	18	22	TOTAL
Volume	267	17	95	17	20	27	156	29	124	36	9	797
%	0,34	* 0,12	*	*	*	* 0,20	* 0,16	0,05	*			

Trabalho no Terciário - TOTAL

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	11960	419	3472	964	432	97	337	1070	177	2056	697	1074	33	972	697	1067	1218	388	159	615	193	1173	103	29.373
%	0,41	* 0,12	0,03	*	*	*	* 0,04	* 0,07	* 0,04	* 0,03	* 0,04	0,04	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* 0,04	*	

\* = percentagem menor que 3%.

QUADRO 4.5 - Zonas Atradoras por Faixa de Renda.

Motivo: Estudo

Estudo - Faixa de Renda 1

Zona	1	3	5	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	270	30	17	544	235	17	258	72	151	235	34	104	13	28	66	394	171	2.639
%	0,10	*	* 0,21	0,09		* 0,10		* 0,06	0,09		*	*	*	*		* 0,15	0,06	

Estudo - Faixa de Renda 2

Zona	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	1960	947	34	244	161	1168	13	1382	562	1110	390	517	1025	834	157	271	195	1404	930	13.294
%	0,15	0,07	*	*	* 0,09		* 0,10		* 0,08		*	* 0,08	0,06		*	*		* 0,11	0,07	

Estudo - Faixa de Renda 3

Zona	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	2899	9	1288	453	148	550	11	802	1039	646	9	333	378	518	408	181	240	234	992	81	11.219
%	0,26	*	0,11	0,04		* 0,05		* 0,07	0,09	0,06		*	*	* 0,05		*	*	*		* 0,09	*

Estudo - Faixa de Renda 4

Zona	1	3	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	3318	986	488	91	50	47	478	923	583	239	206	145	9	296	131	159	107	437	21	8.714
%	0,38	0,11	0,06	*	*		* 0,05	0,11	0,07		*	*	*	*	*	*	*	*	* 0,05	*

Estudo - Faixa de Renda 5

Zona	1	2	3	5	7	8	10	11	12	14	15	18	20	21	22	TOTAL
Volume	425	26	210	132	17	34	125	457	73	67	47	19	26	19	7	1.684
%	0,25	*	0,12	0,08	*		* 0,07	0,27	0,04		*	*	*	*	*	

Estudo - TOTAL

Zona	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	8872	35	3461	34	4334	417	2346	71	3022	2998	2670	9	1101	1299	1923	43	1651	482	724	621	2234	1203	37.550
%	0,24	*	0,09		* 0,05		* 0,06		* 0,08	0,08	0,07		*	*	* 0,05		* 0,05		*	*		* 0,09	*

\* = percentagem menor que 3%.

viagens em Campina Grande, dentre os motivos de viagem considerados neste trabalho. A única zona não procurada pelos estudantes é a 6. As faixas de renda mais baixas apresentam preferência, respectivamente, pelas zonas 8 e 22, onde existem colégios da rede oficial. Da faixa de renda 3 à faixa 5, já se observa predominância pelas zonas centrais, onde se situa a maioria dos colégios particulares. A nível agregado, as zonas que mais atraem viagens com motivo estudo são: 1, 3, 5, 8, 10, 11, 12, 16, 18 e 22. as zonas 1 e 3 atraem 33% das viagens. Ver Quadro 4.5.

Dentro do motivo estudo, foi feita uma outra estratificação: foi considerada apenas a faixa de população com renda familiar entre 1 e 20 salários mínimos, deixando de lado as faixas 1 e 5. Com isso, deixa-se de considerar as faixas mais atípicas da população, correspondendo a 17,12% da população total. Observa-se entretanto, que o estrato de população de renda entre 1 e 20 salários mínimos faz 33.354 das 37.550 viagens de toda a população. Dentro desse estrato, foram tomados cinco grupos de idade, objetivando verificar se a idade do viajante influencia o seu comportamento de viagem. Os grupos de idade foram assim estabelecidos:

- . 6 a 10 anos
- . 11 a 14 anos
- . 15 a 18 anos
- . 19 a 24 anos
- . 25 a 64 anos

Através do Quadro 4.6, observa-se, inicialmente a nível agregado, que a zona 1 atrai a maioria das viagens. Depois vêm as zonas 3, 10, 11 e 12 e 22. Quando são consideradas as viagens desagregadas por faixa etária, vê-se que os padrões de viagem são diferentes de uma faixa para outra. Para os estudantes de 6 a 10 anos, as zonas 1, 22 e 8 são as principais atratoras, o mesmo acontecendo para a faixa de 11 a 14 anos. Nas faixas de idade acima de 18 anos, ainda permanece a zona 1 como grande atratora de viagens, mas já se nota a influência do Campus Universitário (zonas 11 e 12). Assim, é de se concluir que a variável idade influi no comportamento espacial da população, devendo, sempre que possível, ser feito um estudo desagregado para que sejam detectadas as diferenças acima referidas.

#### 4.2 - Transinformação Relativa.

Após estes comentários sobre a natureza das matrizes estratificadas, é preciso fazer uma tentativa no sentido de encontrar um critério quantitativo para estabelecimento da diferença entre matrizes.

Devido basicamente à distribuição desigual de equipamentos na malha urbana, há um espalhamento de viagens pelas zonas de destino, que é refletido nas matrizes O-D. Esta organização das matrizes pode ser quantificada, se se levar em conta o conceito de entropia, que mede a desordem de um sistema.

## QUADRO 4.6 - Zonas Atradoras por Faixa Etária.

Motivo: Estudo - Faixa de Renda: 1 a 20 SMR.

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - 6 a 10 anos

Zona	1	2	3	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	793	9	210	202	178	991	11	475	18	345	320	430	498	363	138	140	106	711	381	5.919
%	0,13	*	*	*	*0,10	*0,08	*	0,06	0,05	0,70	0,08	0,06	*	*	*	0,12	0,06			

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - 11 a 14 anos

Zona	1	3	5	7	8	9	10	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	TOTAL		
Volume	1898	389	200	97	595	13	326	436	223	381	426	481	88	67	118	996	403	7.137		
%	0,27	0,05	*	*	0,08	*	0,05	0,06	*	0,05	0,06	0,07	*	*	*	0,14	0,06			

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - 15 a 18 anos

Zona	1	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	2440	624	34	320	73	390	37	1178	129	554	235	169	556	433	205	16	55	620	146	8.214
%	0,30	0,08	*	*	0,05	*	0,14	*0,07	*	*	0,07	0,05	*	*	*	0,08	*			

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - 19 a 24 anos

Zona	1	3	5	7	8	10	11	12	14	15	16	17	18	20	21	22	23	TOTAL		
Volume	1922	992	307	24	80	690	1375	735	125	108	147	192	37	116	184	338	60	7.432		
%	0,26	0,13	*	*	*	0,09	0,19	0,10	*	*	*	*	*	*	*	0,05	*			

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - 25 a 64 anos

Zona	1	3	5	7	8	10	11	12	14	15	16	17	18	20	21	22	23	TOTAL		
Volume	1120	1005	134	15	112	160	1066	268	48	13	50	9	61	330	51	169	43	4654		
%	0,24	0,22	*	*	*	*	0,23	0,06	*	*	*	*	*	0,07	*	*	*			

## Estudo - Faixa de Renda 1 a 20 SMR - Todas as Idades

Zona	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL
Volume	8173	9	3220	34	1163	387	1768	61	2829	2588	2338	951	1101	1675	9	1530	468	669	514	2834	1033	33.354
%	0,25	0,10	*	*	*	0,05	*	0,09	0,08	0,07	*	*	0,05	*	0,05	*	*	*	*	0,09	*	

=\* percentagem menor qu 3%.

No estudo de entropia, Capítulo II, foi visto o conceito de transinformação relativa de uma matriz, que é uma medida de desorganização de um sistema, através dos valores dos elementos de sua matriz de relações, que pode ser, por exemplo, uma matriz O-D. No caso presente, ela representa o espalhamento das viagens geradas e distribuídas ao longo das 23 zonas. Para cada uma das matrizes estratificadas, foi calculada a transinformação relativa às origens. Os resultados podem ser vistos no Quadro 4.7.

Observa-se que a tendência geral, para quase todos os motivos de viagem, é acontecerem nas faixas de renda 1 e 5 os maiores valores de transinformação. Estas faixas correspondem a grupos minoritários da população, já que, como foi visto antes, menos de 4% da população pertencem a faixa 5, e aproximadamente 14%, a faixa 1.

Além do mais, é importante ressaltar que valores de transinformação relativa próximos da unidade significam tendência de concentração de relações, o que pode ser confirmado pelo exame das matrizes onde se observa que isto ocorre predominantemente nas zonas 1 e 3.

Do ponto de vista do planejador de transportes, isto significa que as zonas 1 e 3 são as que atraem maior número de viagens. É natural que estas zonas, sendo zonas centrais, polarizem a atração de viagens, o que se dá por dois motivos:

1 - numa cidade como Campina Grande, a maioria dos

QUADRO 4.7 - Transinformação Relativa das Matrizes O-D Desagregadas Segundo Motivo de Viagem e Nível de Renda.

MOTIVO	NÍVEL DE RENDA	TRANSINFORMAÇÃO RELATIVA
Trabalho no Secundário	1	0,76
	2	0,47
	3	0,54
	4	0,63
	5	-
Trabalho no Terciário	1	0,54
	2	0,19
	3	0,18
	4	0,25
	5	0,48
Compras	1	0,34
	2	0,22
	3	0,22
	4	0,21
	5	0,51
Estudo	1	0,58
	2	0,39
	3	0,29
	4	0,23
	5	0,36

Cont. do Quadro 4.7.

MOTIVO	NIVEL DE RENDA	TRANSINFORMAÇÃO RELATIVA
Lazer	1	0,61
	2	0,43
	3	0,41
	4	0,40
	5	0,52

equipamentos - exceto moradia -, para todos os motivos de viagem, está localizada nas zonas centrais. As exceções dignas de registro são o Distrito Industrial e o Campus Universitário. Fora disso, existem equipamentos por toda a cidade, mas a grande maioria está no centro.

2 - o sistema de transportes tem apenas linhas do tipo bairro-centro-bairro (radiais), isto é, para se deslocar para um bairro fora de sua linha, o usuário tem de tomar um outro ônibus a partir do centro, o que aumenta seu custo de viagem. Assim, há uma tendência de a viagem terminar no centro. Isso é válido especialmente para atividades para as quais há possibilidade de escolha do local de exercício, como compras, lazer e, de certo modo, estudo. A escolha do local de trabalho é fortemente limitada também por outros fatores, que não a maior ou menor acessibilidade.

Com relação às faixas de renda 2, 3 e 4, vê-se que os valores de transinformação relativa estão aproximadamente nu

ma mesma faixa, para todos os motivos de viagem. A menor diferença corresponde ao motivo compras. Contudo é importante ressaltar que os valores estão numa mesma faixa, mas são diferentes, espelhando o que se passa com as respectivas matrizes, que não são iguais, mas tem estrutura semelhante no que tange a atração de viagens.

Se for examinada apenas a faixa de renda 2, aquela que contém a maioria da população campinense, observa-se que a maior concentração de relações corresponde ao motivo trabalho no setor secundário, enquanto que a menor corresponde a trabalho no terciário, o que se coaduna com as considerações tecidas no início deste capítulo.

É importante notar que a matriz correspondente à faixa de renda 5, motivo trabalho no secundário, não deve ser considerada neste estudo. Com efeito, quando foi efetuada a pesquisa domiciliar, foi registrada uma única viagem, o que é desprezível quando comparado com as relações O-D das matrizes correspondentes a outras faixas de renda.

Contudo, cumpre lembrar que a transinformação relativa é uma medida de desorganização do sistema. Seu valor tende para a unidade quando há tendência de concentração de relações, não importante em que região da matriz isto aconteça. Assim sendo, esta medida não deve ser usada como critério isolado para comparação de matrizes.

Em todo caso, o cálculo da transinformação relativa para diversos motivos e para diferentes faixas de renda mos

tra que hã uma diferena marcante no grau de organizao das matrizes O-D para cada faixa de renda dentro de cada motivo. O grau de organizao deve ser tomado aqui como um indica dor do comportamento espacial da populao de cada faixa de renda.

#### 4.3 - Correlao Linear

Hã tambem a abordagem da correlao linear, que foi introduzida no capitulo referente a reviso bibliografica . Neste enfoque, pode-se calcular o coeficiente de correlao R entre dois vetores. Aplicando isto ao presente problema, pode-se entao, comparando duas matrizes, linha a linha, encontrar o valor de R para cada par de linhas. Em outras palavras, seriam comparadas as linhas de ordem i de duas matrizes, matrizes estas representando estratos diferentes da populao. Assim, seriam obtidos 23 valores de R para cada par de matrizes.

Como e preciso encontrar um parametro que compare matrizes, foi feito o seguinte: partindo dos 23 valores de R, atraves de um calculo de media ponderada, chegou-se a um coe ficiente de correlao entre duas matrizes A e B, atraves da expressao seguinte:

$$R_{A,B} = \frac{\sum_{i=1}^{23} O_i^{A,B} \cdot R_i^{A,B}}{\sum_{i=1}^{23} O_i^{A,B}}, \text{ onde:}$$

$R_{A,B}$  = coeficiente de correlação entre as matrizes A e B

$R_i^{A,B}$  = coeficiente de correlação entre as linhas, das matrizes A e B

$O_i^{A,B}$  = média aritmética entre os totais de viagens geradas pelas zonas i das matrizes A e B.

Ao invés de fazer o cálculo de correlação para a matriz completa, preferiu-se fazer o cálculo ponderado, porque a experiência mostra que, quando cresce o número de casos, os valores de R tendem a crescer. Isto se dá especialmente quando a matriz tem muitas entradas nulas (como no caso de matrizes O-D em uma cidade com tendência a estrutura monocêntrica). Além do mais, a ponderação permite valorar de forma distinta zonas com valores distintos de viagens geradas, o que a correlação da matriz completa, por si, não o faz.

Foram calculados coeficientes de correlação entre a matriz correspondente à faixa de renda 1 e as matrizes correspondentes às quatro outras faixas de renda, tendo sido obtidos os resultados que constam do Quadro 4.8.

Neste quadro, pode ser visto que, quando as faixas de renda variam, os valores dos coeficientes de correlação entre as matrizes de faixa de renda 1 e as demais variam entre 0,7273 e 0,2082 para estudo, entre 0,1559 e 0,0040 para trabalho no secundário, entre 0,4344 e 0,2827 para trabalho no terciário, entre 0,5434 e 0,1986 para compras e, finalmen

te, entre 0,4556 e 0,1210 para motivo lazer. Isto mostra, numericamente, que motivos de viagem diferentes acarretam distintos padrões de viagem.

QUADRO 4.8 - Coeficiente de Correlação entre Matrizes de Diferentes Níveis de Renda para Diferentes Motivos de Viagem.

MOTIVO R	TRABALHO NO TERCIÁRIO	TRABALHO NO SECUNDÁRIO	LAZER	ESTUDO	COMPRAS
R <sub>12</sub>	0,4344	0,1559	0,4556	0,7273	0,4243
R <sub>13</sub>	0,3795	0,0916	0,3988	0,4237	0,5434
R <sub>14</sub>	0,3559	0,0040	0,3208	0,3339	0,3976
R <sub>15</sub>	0,2827	0,0000	0,1210	0,2082	0,1986

Dentro do mesmo motivo de viagem, verifica-se como era de se esperar, que quanto mais alta a faixa de renda da matriz estudada, menor será a correlação com a matriz correspondente à faixa de renda mais baixa. A única exceção foi a faixa de renda 3, para motivo compras.

Também neste caso foi desprezada do estudo a matriz correspondente a trabalho no secundário, faixa de renda 5.

Assim, os valores de R sugerem que tanto o motivo de viagem como o nível de renda familiar são fatores cuja variação implica em alteração no comportamento de transporte da população.

Tudo o que foi dito até agora neste capítulo, ou seja,

as considerações sobre as matrizes estratificadas, os comentários sobre a transformação relativa daquelas matrizes e os coeficientes de correlação entre aquelas matrizes, leva ao entendimento de que a desagregação deve ser levada a efeito, como uma tentativa de obter uma modelagem de melhor qualidade.

#### 4.4 - Aplicação de um Modelo à Base do Fator de Resistência.

Será feita neste trabalho, à guisa de ilustração, a calibração e aplicação de um modelo gravitacional à base de fator de resistência. Este modelo, que foi descrito no Capítulo de revisão teórica, será aplicado neste contexto como um exemplo comparativo de modelagem agregada versus modelagem desagregada.

Serão tomadas cinco matrizes O-D, correspondentes às cinco faixas de renda já explicitadas. O motivo escolhido foi trabalho no secundário.

Este modelo supõe que o fator de resistência é função do tempo de viagem, e, mais especificamente, do intervalo  $t$  do tempo de viagem. É necessária então a obtenção da matriz de tempos de viagem. A partir dela, calcula-se a distribuição de frequência das viagens em cada intervalo. Neste estudo, foram considerados intervalos de 5 minutos.

Tendo como entrada as matrizes de viagens e de tempos, o algoritmo de calibração começa então com a obtenção da distribuição de frequência das viagens em função dos interva-

damente o mesmo grau de organização.

Todavia, convém ressaltar que o fato de as matrizes terem aproximadamente o mesmo grau de organização não implica necessariamente em padrões semelhantes de viagem. Por esta razão, a transinformação relativa não pode ser usada como critério único para comparação de matrizes.

A seguir, com o uso da correlação linear, ficou clara a influência da renda familiar no padrão de viagem da população, para um mesmo motivo de viagem. Assim sendo, a correlação pode ser usada como um indicador eficaz da diferença entre matrizes correspondentes a grupos da população com características sócio-econômicas diferentes.

Tanto a transinformação relativa como a correlação linear também podem ser usadas para verificar o efeito diferenciado, para os padrões de viagem em cada motivo, da estratificação da população em níveis de renda. Pela observação dos quadros do capítulo anterior, nota-se que, para motivos de viagem diferentes, a variação dos valores de transinformação relativa para as diferentes faixas de renda não obedece ao mesmo padrão. O mesmo é válido para o coeficiente de correlação.

É intuitivo que uma modelagem, para captar as necessidades de viagem de cada grupo referido acima teria que ser desagregada por faixa de renda. Quando isto não é feito, incorre-se no erro de considerar toda a população nas mesmas condições e com as mesmas necessidades de viagem, sem que

se consiga detectar fluxos marcantes, que s $\bar{o}$  acontecem em certos grupos, como se pode ver das matrizes estudadas.

Como comprova $\tilde{c}$ o num $\acute{e}$ rica da melhor qualidade do estudo desagregado com rela $\tilde{c}$ o no agregado, foram usadas as duas abordagens para compara $\tilde{c}$ o, tendo a estimativa desagregada apresentado melhores resultados, como era previsto.

## 5.2 - Sugest $\tilde{o}$ es Para Outros Trabalhos.

- Testar as vari $\acute{a}$ veis s $\bar{o}$ cio-econ $\acute{o}$ micas dispon $\acute{i}$ veis na pesquisa domiciliar, fazendo assim uma modelagem completa, que terminar $\acute{a}$  com a obten $\tilde{c}$ o dos grupos s $\bar{o}$ cio-econ $\acute{o}$ micos de comportamento homog $\acute{e}$ neo.
- Analisar a demanda para equipamentos espec $\acute{i}$ ficos, objetivando a otimiza $\tilde{c}$ o da localiza $\tilde{c}$ o dos equipamentos.
- Detectar o impacto das diferen $\tilde{c}$ as sociais no comportamento espacial, no sentido de melhorar a oferta de equipamentos.

## LITERATURA CITADA

- 1) ACZEL, J; DARÓCZY, Z. On Measures of Information and their characterizations - 1975, Academic Press - New York.
- 2) LEAL, J. E. Notas de Aulas sobre Modelos de Distribuição de Viagens (não publicadas)
- 3) MEYER, P. L. Probabilidade - Aplicações à Estatística. McGraw-Hill do Brasil, 1980.
- 4) PAASWELL, R. E. Problems of the Carless in the United Kingdom and the United States. Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1973.
- 5) POTTHOF, G. Verkehrsströmungslehre, Band 3, Transpress, Berlin, 1970.
- 6) POTTS, R. B.; OLIVER, R. M. - Flows in Transportation Network, 1972 - Academic Press - New York.
- 7) RICHTER, K. J. Kybernetische Analyse Verkehrsökonomischer Systeme - Verkehrsökonomie I, Transpress, Berlin, 1971.
- 8) SOUTHWORTH, F. Spatial Structure and Parameter Disaggregation in Trip Distribution Models. Regional Studies, 13: 381-394. 1979.

APÊNDICE

```

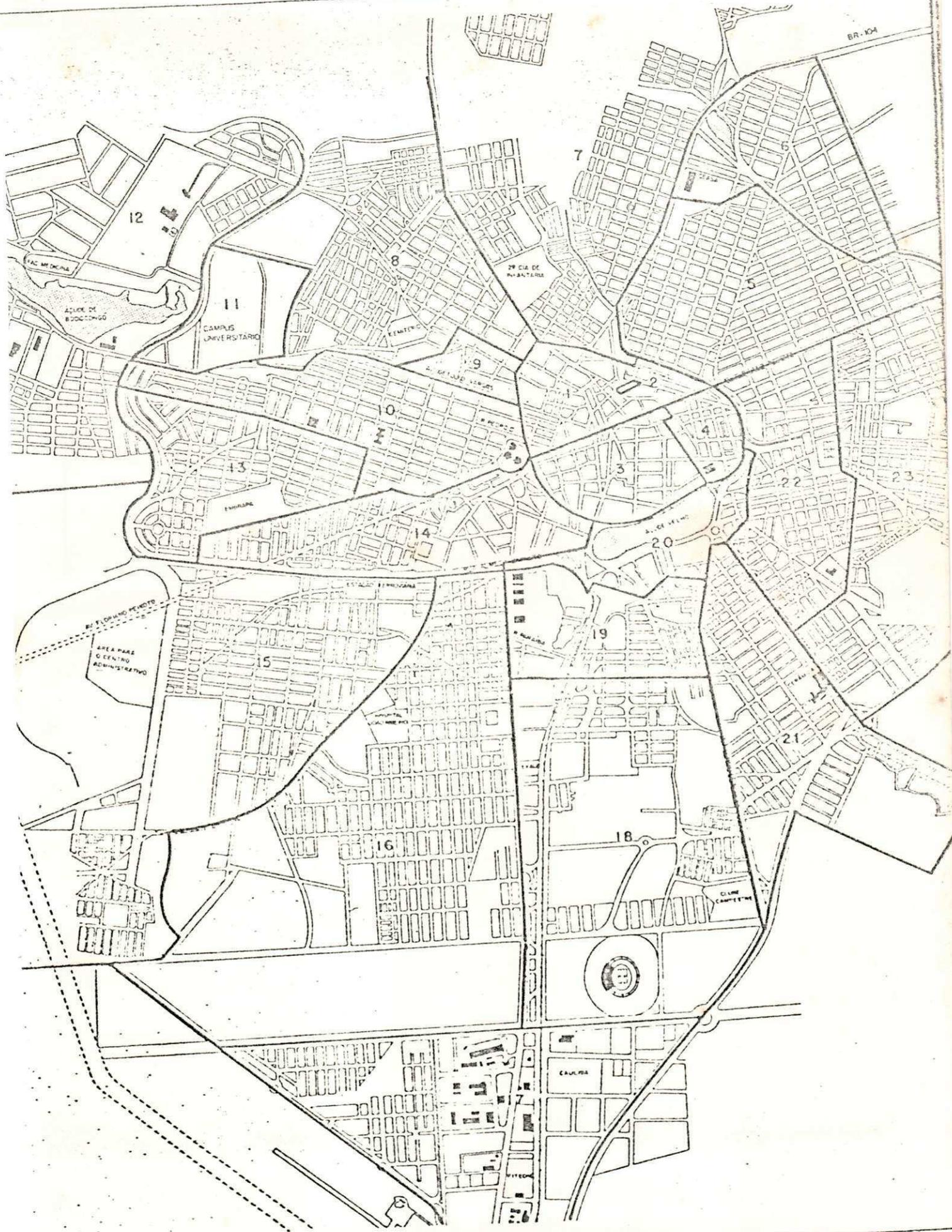
C      PROGRAMA SIN69, QUE COMPARA MATRIZES O-D, MOTIVO TRABALHO
C      NO SECUNDARIO E TRABALHO NO TERCIARIO, COM FAIXA DE RENDA
C      DE UM A TRES SALARIOS MINIMOS REGIONAIS
      INTEGER*4 RENDA
      DIMENSION RMAT2(23,23),RMAT3(23,23),FAT(23)
      OPEN(UNIT=1,NAME='L110,1JTUDO.DAT',TYPE='OLD')
      OPEN(UNIT=2,NAME='SIN69.DAT',TYPE='NEW')
      DO 1 I=1,23
      DO 1 J=1,23
      RMAT2(I,J)=0.
      RMAT3(I,J)=0.
1      CONTINUE
      FAT(1)=8.625
      FAT(2)=1.
      FAT(3)=7.33
      FAT(4)=1.
      FAT(5)=8.66
      FAT(6)=1.
      FAT(7)=15.
      FAT(8)=16.75
      FAT(9)=10.6
      FAT(10)=8.9
      FAT(11)=1.
      FAT(12)=12.61
      FAT(13)=10.76
      FAT(14)=13.39
      FAT(15)=23.7
      FAT(16)=16.75
      FAT(17)=1.
      FAT(18)=20.55
      FAT(19)=18.65
      FAT(20)=14.46
      FAT(21)=12.95
      FAT(22)=16.94
      FAT(23)=21.43
27     READ(1,1000,END=999)RENDA,NTP
1000    FORMAT(22X,16,7X,12)
      DO 10 M=1,NTP
      READ(1,1500)NV
1500    FORMAT(36X,12)
      IF(NV.EQ.0)GO TO 10
      DO 11 N=1,NV
      READ(1,2000)IZOR,IZDE,MOTDE
2000    FORMAT(10X,12,5X,12,11)
      IF(IZOR.GT.23.OR.IZDE.GT.23)GO TO 11
      IF(RENDA.GT.3333.OR.RENDA.LE.1111)GO TO 11
      IF(MOTDE.NE.2.AND.MOTDE.NE.3.AND.MOTDE.NE.4.AND.MOTDE.
1NE.7.AND.MOTDE.NE.8.AND.MOTDE.NE.10.AND.MOTDE.NE.11.A
1ND.MOTDE.NE.12)GO TO 11
      IF(MOTDE.EQ.2.OR.MOTDE.EQ.4)GO TO 444
      RMAT3(IZOR,IZDE)=RMAT3(IZOR,IZDE)+1.
      GO TO 11
444    RMAT2(IZOR,IZDE)=RMAT2(IZOR,IZDE)+1.
11     CONTINUE
10     CONTINUE
      GO TO 27
999    CONTINUE
      DO 5300 I=1,23
      DO 5300 J=1,23
      RMAT2(I,J)=RMAT2(I,J)*FAT(I)
5300   CONTINUE
      DO 5200 I=1,23
      DO 5200 J=1,23
      RMAT3(I,J)=RMAT3(I,J)*FAT(I)
5200   CONTINUE
      WRITE(2,3000)
3000   FORMAT('1',////,1X,'MATRIZ O-D, MOTIVO TRABALHO NO SECUN
1CARIO, FAIXA DE RENDA ENTRE UM E TRES SMR',////)
      DO 4500 I=1,23
      WRITE(2,4000)(RMAT2(I,J),J=1,23)
4500   CONTINUE
4000   FORMAT(1X,F5.0,1X,22(F4.0,1X),/)
      WRITE(2,5000)
5000   FORMAT('1',////,'MATRIZ O-D, MOTIVO TRABALHO NO TERCI
1ARIO, FAIXA DE RENDA ENTRE UM E TRES SMR',////)
      DO 4600 I=1,23
      WRITE(2,4000)(RMAT3(I,J),J=1,23)
4600   CONTINUE
      STOP
      END

```

```

C      COEFICIENTE DE CORRELACAO ENTRE LINHAS DE MATRIZES 0-D COM
C      DIFERENTES PADROES DE RENDA - PROGRAMA SIN6 - ESTUDO
DIMENSION AX(23,23),AY(23,23),X(23),Y(23),TOT(5,23),R(23)
OPEN(UNIT=1,NAME="SIN42.DAT",TYPE="OLD")
OPEN(UNIT=2,NAME="SIN8.DAT",TYPE="NEW")
READ(1,4)((TOT(K,I),I=1,23),K=1,5)
READ(1,5)((AX(I,J),J=1,23),I=1,23)
K=0
A=0.5
100   K=K+1
      S=0.
      DO 50 I=1,23
      S=S+(TOT(1,I)+TOT(K,I))*A
50    CONTINUE
      READ(1,5)((AY(I,J),J=1,23),I=1,23)
      DO 200 I=1,23
      SX=0.
      SY=0.
      SXX=0.
      SYY=0.
      SXY=0.
      DO 200 J=1,23
      X(J)=AX(I,J)
      Y(J)=AY(I,J)
      SX=SX+X(J)
      SY=SY+Y(J)
      SXX=SXX+X(J)*X(J)
      SYY=SYY+Y(J)*Y(J)
      SXY=SXY+X(J)*Y(J)
200   CONTINUE
      SN=SXY-(SX*SY)/23
      SD=SQRT(SXX-(SX*SX/23))*SQRT(SYY-(SY*SY/23))
      IF(SD.EQ.0)SD=1
      P=SN/SD
      DO 55 L=1,23
      RT=0.
      R(L)=P*(TOT(L,1)+TOT(K+1,L))*A
55    CONTINUE
      RT=RT/S
2000  CONTINUE
      WRITE(2,7)RT,S
7     FORMAT(8X,"R =",2X,F6.4,5X,"S =",2X,F6.1,/)
      IF(K.LT.4)GO TO 100
4     FORMAT(1X,23(F4.0,1X))
5     FORMAT(1X,23(F4.2,1X))
      STDP
      END

```



TUDO DE TRANSPORTES COLETIVOS - TRANSCOL