

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

DENISE DE MIRANDA E SILVA CORREIA

**ANÁLISE ESPACIAL DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM
CENTROS URBANOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos - D.Sc.

Rio de Janeiro
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

c 2007

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em sua base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

<p>C824 Correia, Denise de Miranda e Silva Análise Espacial da Mobilidade Sustentável em Centros Urbanos / Denise de Miranda e Silva Correia - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2007. 184 p. : il., tab., eq. Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia – Rio de Janeiro, 2007. 1. Centros urbanos. 2. Mobilidade sustentável. 3. Análise espacial. I. Título. II. Instituto Militar de Engenharia.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.23</p>
--

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

DENISE DE MIRANDA E SILVA CORREIA

**ANÁLISE ESPACIAL DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM
CENTROS URBANOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos - D.Sc.

Aprovada em 24 de abril de 2007 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos - D.Sc. do IME - Presidente

Prof. Marcus Vinícius Quintella Cury - D.Sc. do IME

Prof. Walter Porto Junior - Dr.-Ing. da COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro

2007

Aos meus pais, Nilton e Neusa, pela companhia eterna, à minha irmã, Christiane, pelo exemplo de força de vontade, e ao Charles, pelo amor e incentivo...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me guiar e por ser meu companheiro nos momentos de solidão.

À cidade do Rio de Janeiro, por ter me recebido de braços abertos.

Ao Instituto Militar de Engenharia, pela oportunidade de aprendizado e crescimento acadêmico e profissional, e à CAPES, por ter financiado meus estudos durante o mestrado.

À Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos, pela excelente orientação e contribuição na formulação deste trabalho e pelas palavras de incentivo.

Aos professores do Mestrado em Engenharia de Transportes do IME, por todo conhecimento compartilhado e por todo apoio dado ao longo do curso, em especial ao Prof. Luiz Antônio Silveira Lopes, Prof^a. Maria Cristina Fogliatti de Sinay e ao Prof. Paulo Afonso Lopes.

Aos professores Marcus Vinícius Quintella Cury e Walter Porto Júnior, que aceitaram gentilmente participar da Banca Examinadora deste trabalho.

À minha Nanãe Neusa, por sempre ter me apoiado em minhas decisões, pelo amor incondicional, pela amizade e companheirismo.

À minha irmã Christiane, pelo auxílio durante o mestrado e pelo carinho.

Ao meu namorado Charles, pela amizade, companheirismo, amor e todo apoio dado durante o curso.

Aos meus amigos e primos queridos, pela paciência e pelo carinho.

Ao Danilo Dourado e ao Erblai Mattos, pela companhia adorável e pelos momentos “desestressantes” durante estes anos.

Aos meus colegas de curso: Olívio, Giovanni, Siquara, Natália, Macedo, Giuseppe e Nei, pelos dias agradáveis e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários do PG Transportes, pela presteza dos serviços solicitados, em especial ao Sargento Oazem, André e Dona Lucinda.

Ao Grupo Tectran e aos funcionários deste, pelas informações cedidas durante a elaboração desta dissertação.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“A vida está cheia de desafios que, se aproveitados de forma criativa, transformam-se em oportunidades.”

MAXWELL MALTZ

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE EQUAÇÕES	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	16
LISTA DE SIGLAS.....	17
1. INTRODUÇÃO	21
1.1. Objetivo	22
1.2. Justificativa.....	23
1.3. Estrutura do Trabalho	25
2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	27
2.1. Considerações Iniciais	27
2.2. Conceitos e Dimensões da Sustentabilidade	27
2.3. Sustentabilidade Urbana	31
2.4. Agenda 21	35
2.5. Sustentabilidade Urbana Relacionada com Transportes	37
2.5.1. Projetos relacionados com transporte e desenvolvimento sustentável	39
2.6. Considerações Finais.....	43
3. MOBILIDADE URBANA	45
3.1. Considerações Iniciais	45
3.2. Aspectos da Mobilidade urbana	45
3.2.1. A mobilidade urbana medida por número de deslocamentos	51
3.2.2. A mobilidade para pessoas com dificuldade de deslocamento no Brasil	54
3.3. Mobilidade Urbana Sustentável	58
3.4. Considerações Finais.....	61
4. AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL POR INDICADORES	63

4.1.	Considerações Iniciais	63
4.2.	Conceito de Indicadores	63
4.3.	Indicadores de Sustentabilidade Relacionados com Transporte.....	67
4.4.	Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável	74
4.5.	Avaliação de Indicadores	80
4.5.1.	Avaliação de indicadores de sustentabilidade segundo o projeto PROPOLIS 81	
4.5.2.	Indicadores de mobilidade sustentável segundo CAMPOS e RAMOS	83
4.5.3.	Indicadores de mobilidade sustentável segundo COSTA	86
4.6.	Considerações Finais.....	88
5.	O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E A ANÁLISE ESPACIAL	90
5.1.	Considerações Iniciais	90
5.2.	O Sistema de Informações Geográficas	90
5.2.1.	O SIG na engenharia de transportes – SIG-T	96
5.3.	A Análise Espacial	99
5.3.1.	A análise espacial segundo sua forma geométrica	101
5.3.2.	Ferramentas da análise espacial	103
5.3.3.	Estatística espacial	104
5.3.3.1.	Autocorrelação e dependência espacial	107
5.3.3.2.	Estacionaridade e isotropia	107
5.3.3.3.	Estatísticas de autocorrelação local e global	108
5.3.3.4.	Matriz de proximidade espacial.....	108
5.3.4.	Análise espacial de dados em áreas.....	109
5.3.4.1.	Visualização de dados	110
5.3.4.2.	Média móvel espacial.....	110
5.3.4.3.	Estatísticas de autocorrelação espacial global.....	111
5.3.4.4.	Diagrama de espalhamento de Moran	113
5.3.4.5.	Estatísticas de autocorrelação espacial local.....	115
5.4.	A Análise Espacial utilizando SIG	118
5.4.1.	Spring.....	120
5.4.2.	GeoDa.....	121

5.5.	Considerações Finais.....	124
6.	PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM CENTROS URBANOS.....	125
6.1.	Considerações Iniciais	125
6.2.	Estrutura do Procedimento.....	125
6.2.1.	1ª Fase: Área de estudo.....	126
6.2.2.	2ª Fase: Seleção dos indicadores e cálculo dos Índices de Mobilidade Sustentável.....	127
6.2.2.1.	Medição dos indicadores	128
6.2.2.2.	Normalização dos indicadores	132
6.2.2.3.	Cálculo dos índices de mobilidade sustentável.....	133
6.2.3.	3ª Fase: Análise espacial dos dados em área	134
6.3.	Considerações Finais.....	135
7.	APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL.....	137
7.1.	Considerações Iniciais	137
7.2.	1ª Fase: Área de Estudo	137
7.2.1.	Atividade 1: Base Geográfica.....	137
7.2.2.	Atividade 2: Delimitação da Área de Estudo	139
7.2.3.	Atividade 3: Pesquisa de Origem e Destino.....	141
7.2.4.	Atividade 4: Informações sobre Uso e Ocupação do Solo	142
7.2.5.	Atividade 5: Pesquisas <i>in loco</i>	143
7.3.	2ª Fase: Seleção de Indicadores e Cálculo dos Índices de Mobilidade Sustentável.....	143
7.3.1.	Atividade 1: Seleção dos Indicadores	143
7.3.2.	Atividades 2 e 3: Medição e Cálculo dos Indicadores	145
7.3.3.	Atividade 4: Normalização dos Indicadores	147
7.3.4.	Atividade 5: Cálculos dos Índices.....	147
7.4.	3ª Fase: Análise Espacial dos Dados em Área	148
7.4.1.	Atividade 1: Mapas Temáticos	149
7.4.2.	Atividade 2: Média Móvel Espacial.....	152

7.4.3.	Atividade 3: Autocorrelação Espacial Global.....	154
7.4.4.	Atividade 4: Diagrama de Espalhamento de Moran.....	154
7.4.5.	Atividade 5: Autocorrelação Espacial Local	159
7.5.	Considerações Finais.....	161
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	163
8.1.	Conclusões	163
8.2.	Recomendações	165
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	167
10.	ANEXOS.....	173
10.1.	Anexo 1: Valores dos Indicadores por Setor Censitário.....	174
10.2.	Anexo 2: Valores Normalizados dos Indicadores por Setor Censitário	180

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 2.1 Conceito de sustentabilidade.....	29
FIG. 2.2 Bases da sustentabilidade (dimensões)	31
FIG. 2.3 Modelo de decisão humana para assentamentos de Newman e Kenworthy	32
FIG. 2.4 Distribuição das iniciativas da Agenda 21 Local no Brasil por região.....	37
FIG. 3.1 Grupos de conceito da mobilidade (adaptado)	48
FIG. 3.2 Representação gráfica da mobilidade urbana por modo de transporte no Brasil	51
FIG. 3.3 Comparativo gráfico da mobilidade urbana nas regiões do Brasil.....	52
FIG. 3.4 Gráfico comparativo da mobilidade na RMSP	54
FIG. 3.5 Ônibus de piso baixo em Belo Horizonte.....	56
FIG. 3.6 Veículo com elevador para o transporte de deficientes em Vitória.....	57
FIG. 4.1 Pirâmide de informação.....	65
FIG. 5.1 Mapa temático da renda por responsável em Belo Horizonte	94
FIG. 5.2 Vista parcial do banco de dados da rede de transporte de Belo Horizonte no Transcad.....	98
FIG. 5.3 Representação da rede de transporte da cidade de Belo Horizonte	98
FIG. 5.4 Gráfico do diagrama de espalhamento de Moran.....	114
FIG. 5.5 <i>Box Map</i> representando índices de acidentes / km em Fortaleza	115
FIG. 5.6 <i>Lisa Map</i> representando o índice local de acidentes / km em Fortaleza ..	117
FIG. 5.7 <i>Moran Map</i> ilustrando o índice local de acidentes / km em Fortaleza	117
FIG. 5.8 Etapas para a criação de uma base de dado no Spring.....	121
FIG. 5.9 <i>Choropleth map</i> gerado no GeoDa.....	122
FIG. 5.10 Banco de dados no <i>software</i> GeoDa.....	122

FIG. 5.11 Técnicas de análise exploratória de dados disponíveis no GeoDa	123
FIG. 5.12 Tipos de mapas relacionados com a estatística espacial disponíveis no GeoDa	123
FIG. 7.1 Município de Belo Horizonte dividido em setores censitários	138
FIG. 7.2 Localização das regiões da área de estudo	140
FIG. 7.3 Matriz do transporte urbano da RMBH	141
FIG. 7.4 Mapa temático representando os índices de mobilidade sustentável da Região A.....	149
FIG. 7.5 Mapa temático representando os índices de mobilidade sustentável da Região B.....	150
FIG. 7.6 Média móvel do índice de mobilidade sustentável da Região A.....	153
FIG. 7.7 Média móvel do índice de mobilidade sustentável da Região B.....	153
FIG. 7.8 Diagrama de espalhamento de Moran para a Região A.....	155
FIG. 7.9 Diagrama de espalhamento de Moran para a Região B.....	155
FIG. 7.10 Box Map da Região A.....	156
FIG. 7.11 Box Map da Região B.....	157
FIG. 7.12 Distribuição dos quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran da Região A.....	158
FIG. 7.13 Distribuição dos quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran da Região B.....	158
FIG. 7.14 <i>Lisa Map</i> para a Região A	160
FIG. 7.15 <i>Lisa Map</i> para a Região B	161

LISTA DE TABELAS

TAB. 2.1 Temas e indicadores de sustentabilidade segundo NEWMAN e KENWORTHY	33
TAB. 3.1 Mobilidade urbana no Brasil	51
TAB. 3.2 Índice de mobilidade urbana por região do Brasil.....	52
TAB. 3.3 Mobilidade urbana por região do Brasil	52
TAB. 3.4 Perfil da mobilidade na RMSP em 1977	53
TAB. 3.5 Perfil da mobilidade na RMSP em 1987 e em 1997	54
TAB. 4.1 Dimensão, questão e indicadores potenciais para a sustentabilidade – BANISTER.....	69
TAB. 4.2 Indicadores de sustentabilidade – PROPOLIS	69
TAB. 4.3 Indicadores da sustentabilidade urbana – PROSPECTS	71
TAB. 4.4 Indicadores integrados de transporte e uso do solo - TRANSPLUS.....	73
TAB. 4.5 Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável – CAMPOS e RAMOS	74
TAB. 4.6 Sistemas de indicadores analisados por COSTA	75
TAB. 4.7 Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável – COSTA	76
TAB. 4.8 Temas, indicadores e seus respectivos pesos de sustentabilidade - PROPOLIS	82
TAB. 4.9 Temas, indicadores e pesos da mobilidade urbana sustentável segundo CAMPOS e RAMOS.....	85
TAB. 4.10 Categorias, temas e pesos obtidos relacionados à monitoração da mobilidade urbana sustentável para Brasil e Portugal.....	86
TAB. 4.11 Categorias, temas, indicadores e seus respectivos pesos	87
TAB. 7.1 Características da área de estudo	139
TAB. 7.2 Informações demográficas da área de estudo.....	140

TAB. 7.3 Viagens realizadas nas regiões A e B, segundo os principais meios de transporte	142
TAB. 7.4 Lista de indicadores utilizados na área de estudo	144
TAB. 7.5 Índices de mobilidade sustentável de cada região de análise, por setor censitário	148
TAB. 7.6 Informações extraídas dos mapas temáticos sobre as regiões A e B	151
TAB. 7.7 Percentuais da distribuição dos quadrantes	159

LISTA DE EQUAÇÕES

EQ. 4.1	83
EQ. 4.2	86
EQ. 5.1	111
EQ. 5.2	111
EQ. 5.3	116
EQ. 6.1	132
EQ. 6.2	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

AH	–	área homogênea
AHP	–	Processo Analítico Hierárquico (<i>Analytic Hierachy Process</i>)
dB (A)	–	decibéis (curva A)
ha	–	hectares
IM	–	índice de mobilidade
IMS	–	índice de mobilidade sustentável
Km	–	quilômetro
Km/h	–	quilômetros por hora
Nº	–	número
O/D	–	origem e destino
Pop.	–	população
PUAM	–	Problema da Unidade de Área Modificável
SI	–	índice de sustentabilidade
SIG	–	Sistema de Informações Geográficas
SIG-T	–	Sistema de Informações Geográficas na Engenharia de Transportes
SM	–	salário mínimo
TP	–	transporte público
TPU	–	transporte público urbano
Transp.	–	transporte

SÍMBOLOS

%	–	porcentagem
Σ	–	somatório
\$	–	valor monetário

LISTA DE SIGLAS

ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BHTrans	Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
Censo 2000	Censo Demográfico 2000
CPDS 21 Nacional	Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional
ECO 92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDS	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQVUBH	Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte/MG
ISIS	Istituto di Studi per l'Integrazione dei Sistemi
LEGAL	Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PROPOLIS	Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability
PROSPECTS	Procedure for Recommending Optimal Sustainable Planning for European City Transport Systems
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SCATTER	Sprawling Cities and Transport: from Evolution to Recommendation
SEMOB	Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana
SIDS	Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável

SNIU	Sistema Nacional de Indicadores Urbanos
SPARTACUS	Sistema para Planejamento e Pesquisa em Centros e Cidades para a Sustentabilidade Urbana
STELLA America	Sustainable Transport in Europe and Links and Liaisons with America
TERM	Sistema de Relatórios sobre Transportes e Ambiente na UE
TISSUE	Trends and Indicators for Monitoring the EU Thematic Strategy on Sustainable Development of Urban Environment
TRANSLAND	Integration of Transport and Land-use Planning
TRANSPLUS	Transport Planning, Land Use and Sustainability
UNCSD	United Nations Commission of Sustainable Development
UNCHS	United Nations Human Settlements Programmed Un-habitat

RESUMO

A busca pela mobilidade urbana sustentável compreende a implantação de políticas de transporte sustentável e de circulação para todos, que contribuem para o bem-estar econômico e social sem prejudicar o meio ambiente futuro. Assim torna-se importante o desenvolvimento de um procedimento de avaliação desta mobilidade numa região urbana.

Dentro deste contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar um procedimento para analisar espacialmente a mobilidade sustentável de uma região, caracterizando este fenômeno a partir de um conjunto de indicadores baseados nas três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica e social) e na relação destas dimensões com a estrutura urbana e o transporte. Através destes indicadores é definido um índice de mobilidade sustentável e com o auxílio de ferramentas como a análise espacial e a plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), é possível conhecer os aspectos e as relações da mobilidade sustentável com o meio urbano.

Uma aplicação do procedimento foi realizada em duas regiões do município de Belo Horizonte, sendo utilizados dois *softwares*: Geoda, para a análise espacial e Transcad, como SIG. Esta aplicação possibilitou avaliar o procedimento como ferramenta de análise da mobilidade sustentável de regiões urbanas e relacioná-la com variáveis sócio-econômicas, como por exemplo, a renda de uma população.

ABSTRACT

The search for sustainable urban mobility includes the sustainable transportation and traffic polices implementation for everybody, which contributes to the economic and social well-being without harming the future environment. So, the development of such evaluation procedure of the mobility in an urban region is essential.

In this sense, this work aims to present a process of spatial analysis of sustainable mobility of a location, describing this phenomenon from a group of indicators based on the three dimensions of the sustainability (environmental, economic and social) and on the relationship of these dimensions with the urban structure and the transport. Based on these indicators, an index of sustainable mobility is defined, and with the aid of tools like spatial analysis and Geographic Information Systems (GIS), it is possible to know the aspects and relationships between sustainable mobility and the urban environment.

The procedure was performed in two areas of the city of Belo Horizonte, with the assistance of the following softwares: Geoda, for the spatial analysis and Transcad, as a GIS. This practice allowed the evaluation of the process as an instrument of sustainable mobility analysis in urban areas and its relation with social-economic variables, such as population income.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade os transportes têm sido promotores de desenvolvimento, tornando possível a realização de atividades comerciais, o acesso aos serviços de saúde, educação e lazer e o crescimento das cidades. Os transportes também têm contribuído igualmente para o desenvolvimento de um extenso corpo de teorias que relacionam acessibilidade e mobilidade ao progresso econômico e social. Se por um lado são fundamentais para a manutenção de diversos setores da sociedade, por outro, têm sido responsáveis por uma variedade de “efeitos colaterais”, muitos deles prejudiciais ao meio ambiente (COSTA, 2003).

Segundo o mesmo autor, o crescimento do número de pessoas vivendo nas cidades, a contínua sobrecarga nos recursos, infra-estrutura e instalações urbanas, além dos profundos impactos causados no meio ambiente têm por consequência principal, a deterioração da qualidade de vida nas cidades. Os problemas relacionados à mobilidade acabam por agravar ainda mais este quadro. Questões como a segregação espacial ainda maior das atividades e serviços urbanos, a adoção crescente de modo de transporte pouco sustentável, a ineficiência do transporte coletivo, ruído, poluição e congestionamento, estão cada vez mais presentes no contexto de muitas cidades.

Sendo a mobilidade, um dos fatores que contribuem para a análise da qualidade de vida de uma população, e a sustentabilidade, um importante meio para o alcance do desenvolvimento social, econômico e ambiental, estes dois conceitos foram unidos, gerando o conceito da mobilidade urbana sustentável. Neste conceito busca-se abranger os aspectos do desenvolvimento sustentável (econômico, social e ambiental) na mobilidade urbana, promovendo políticas de transporte e de circulação para todos, contribuindo para o bem-estar econômico e social, sem prejudicar o meio ambiente futuro.

Atualmente, a preocupação com a promoção do desenvolvimento sustentável é grande, já que este proporciona um crescimento social e econômico, sem prejudicar o meio ambiente e o futuro das próximas gerações.

A mobilidade urbana vem sofrendo com a dependência do transporte individual por automóvel, ineficiência do transporte público, falta de infra-estrutura que atenda pedestres e ciclistas, desrespeito às pessoas com dificuldade de deslocamento, necessidade de deslocamento cada vez maior, congestionamentos, entre outros aspectos que prejudicam a qualidade de vida da sociedade urbana.

Essa é uma das causas que torna necessário o conhecimento do comportamento do deslocamento cotidiano, a fim de buscar melhorias na dinâmica do sistema de transporte atual e buscar uma mobilidade sustentável na qual toda população teria acesso a bens e serviços, sem comprometer o meio e contribuir para o bom desempenho da sociedade e da economia (KRÜGER, 2004).

Para melhor compreender o comportamento da mobilidade urbana sustentável faz-se essencial a aplicação de ferramentas de análise que permitam quantificar a variação espacial dos dados observados. Essas ferramentas se referem às técnicas de análise espacial, incluindo as técnicas descritivas e inferenciais da estatística espacial, que associadas a uma plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), apresentam-se com um enorme potencial de aplicação na caracterização e diagnóstico dos fenômenos urbanos e regionais relacionados ao sistema de transportes (TEIXEIRA *et al.*, 2003 *apud* HENRIQUE, 2004).

1.1. OBJETIVO

O objetivo da dissertação é desenvolver um procedimento para caracterizar o nível de mobilidade sustentável de uma região urbana, buscando identificar de forma eficaz o padrão de distribuição espacial desse fenômeno, assim como de outras variáveis correlacionadas, como, por exemplo, a renda de uma população. O procedimento adotado se baseia na técnica de análise espacial associada ao sistema de informações geográficas.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo o Ministério das Cidades, por meio do Estatuto da Cidade (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2001), a política de transporte e mobilidade é obrigatória, especialmente para as cidades de grande porte e situadas nas regiões metropolitanas. Um dos componentes da política urbana, que deve ser um elemento indutor do cumprimento da função social da propriedade urbana, é a viabilização do exercício do direito ao transporte, que deve assegurar às pessoas que vivem na cidade o direito de locomoção e circulação, ou seja, a mobilidade urbana.

Segundo XAVIER (2006), são desafios e diretrizes da política de mobilidade urbana sustentável:

- Reorientar o planejamento urbano: já que não é possível reconstruir as cidades, são necessárias e possíveis a formação e a consolidação de novas centralidades urbanas, com a descentralização dos equipamentos sociais, com a informatização e descentralização dos serviços públicos e, sobretudo, com a ocupação dos vazios urbanos potencializando a infra-estrutura já implantada, alterando os pólos geradores de viagens e reduzindo a necessidade daquelas motorizadas.

- Moderar a circulação de veículos motorizados individuais: não se trata de se propor a eliminação das viagens motorizadas, porém de recusar o automóvel como elemento principal da organização viária e urbana, a partir do pressuposto de que todos almejam e terão condições de, em algum dia, adquirir um veículo automotor. A racionalização do uso do automóvel passa por medidas restritivas, a exemplo do impedimento para o tráfego de passagem em áreas residenciais e nas áreas centrais; àquelas que visam a prioridade e a segurança na circulação de pedestres, como a ampliação de calçadas e alteração do desenho das vias para a redução da velocidade dos veículos.

- Conferir relevância ao deslocamento de pedestres: os deslocamentos a pé devem ser favorecidos pela melhoria das calçadas, que devem tornar-se parte integrante e essencial da via pública, do paisagismo do entorno, das condições de iluminação e sinalização.

- Proporcionar mobilidade às pessoas com deficiência: isso exige a adequação de ambientes naturais e edificados e dos sistemas de transporte, convertendo-se em um estímulo às inovações tecnológicas, à aplicação e ao aperfeiçoamento da legislação específica e, ainda, à implementação do conceito de desenho universal nos novos projetos.
- Inserir o transporte por bicicletas na rede de transportes: a bicicleta é um elemento essencial da mobilidade para as cidades sustentáveis, redesenhando em novos moldes a expansão urbana, por meio da implantação de ciclovias e ciclofaixas, integrando-se à rede de transporte coletivo e reduzindo o custo de mobilidade das pessoas.
- Priorizar o transporte coletivo: significa construir um sistema integrado que, nas grandes cidades, exige um núcleo de grande capacidade segregado do tráfego em geral, na modalidade adequada à realidade da área urbana – ônibus, bondes, trens, metrô. Esse sistema deve ser complementado por uma rede alimentadora que produza a maior capilaridade possível, valendo-se de todas as tecnologias veiculares e de sinalização disponíveis, não se esquecendo da integração tarifária.
- Baratear as tarifas de transporte: o barateamento das tarifas pode ser alcançado por meio de um conjunto de ações, que contemplem medidas que associem subvenções ao custeio, eventuais renúncias fiscais, ampliação do financiamento à infra-estrutura e modernização administrativa, além da definição das fontes para as gratuidades hoje cobertas pelos usuários cativos dos sistemas e da adoção de um modelo de remuneração que estimule a eficiência empresarial.
- Adequar as redes de transporte e reestruturar a gestão local: essa postura requer a regularização dos contratos com os operadores, proporcionando um ambiente estável que permita o controle da informalidade e clandestinidade na operação; a municipalização do trânsito; a gestão compartilhada entre os municípios e estados, visando a racionalização das redes de áreas metropolitanas; mecanismos que possibilitem a participação da sociedade na formulação e acompanhamento da implementação da política de mobilidade.
- Elaborar planos diretores de mobilidade urbana: os municípios brasileiros com população superior a 500 mil habitantes são obrigados por lei a elaborar e instituírem planos de transporte e trânsito, com base nas diretrizes da política de mobilidade urbana.

- Desenvolver novas fontes energéticas: desenvolvimento e aplicação em larga escala de fontes energéticas alternativas, como biodiesel, gás natural e hidrogênio, tem ocupado uma posição de vanguarda em pesquisas aplicadas no Brasil.
- Ampliar as possibilidades de financiamento: estímulo para a criação de parcerias público-privadas para a prestação de serviços para que a terra urbana possa desempenhar sua função social.

Sintetizando, as diretrizes de uma política de mobilidade sustentável devem priorizar e incluir socialmente pedestres, ciclistas, passageiros de transporte coletivo, pessoas com deficiência, portadores de necessidades espaciais e idosos, no uso do espaço urbano de circulação.

O desenvolvimento de indicadores voltados a monitorar as condições de mobilidade assume grande importância no processo de planejamento, ao fornecer os subsídios necessários para a elaboração de qualquer plano ou projeto que vise a maior sustentabilidade do ambiente urbano, sendo fundamental avaliar o quanto as questões relacionadas à mobilidade urbana têm contribuído para o desenvolvimento sustentável das cidades (COSTA, 2003).

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação de mestrado está dividida em 9 (nove) capítulos, descritos a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo são realizadas as considerações iniciais do tema proposto, destacando a importância deste, o objetivo, as justificativas e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Desenvolvimento Sustentável: É apresentada a importância da sustentabilidade no contexto atual para o desenvolvimento econômico, social e ambiental. São destacados conceitos e dimensões da sustentabilidade, a Agenda 21 e projetos relacionados com transporte e desenvolvimento sustentável.

Capítulo 3 – Mobilidade Urbana: São abordados conceitos, aspectos e o perfil da mobilidade urbana no Brasil, destacando-se como as entidades públicas vem melhorando o atendimento ao transporte público para as pessoas com dificuldade de deslocamento. É apresentado um conjunto de conceitos relacionados com a mobilidade urbana sustentável e sua importância para a qualidade de vida nas cidades.

Capítulo 4 – Avaliação da Mobilidade Urbana Sustentável por Indicadores: Neste capítulo são apresentados e avaliados diversos grupos de indicadores de sustentabilidade e de mobilidade urbana sustentável.

Capítulo 5 – O Sistema de Informações Geográficas e a Análise Espacial: São introduzidos conceitos, características, vantagens e funções destas duas ferramentas na tomada de decisão na engenharia de transportes. É destacada a importância da união destas duas técnicas.

Capítulo 6 – Procedimento para Análise da Mobilidade Sustentável em Centros Urbanos: Apresentam-se as etapas e o detalhamento de um procedimento de fácil aplicação proposto a partir do conhecimento adquirido nos capítulos posteriores.

Capítulo 7 – Aplicação do Procedimento para Análise da Mobilidade Urbana Sustentável: É apresentado um exemplo de aplicação do procedimento proposto no Capítulo 6, realizado no município de Belo Horizonte.

Capítulo 8 – Conclusões e Recomendações: São apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 9 – São descritas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do trabalho.

2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O conceito de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável vem sendo amplamente utilizado na formulação de políticas urbanas, possuindo diversas abordagens. A sustentabilidade, com suas três dimensões (social, econômica e ambiental), objetiva atender as gerações atuais, sem comprometer as gerações futuras, respeitando a capacidade de suporte do meio ambiente.

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável vem sendo apresentada na área de planejamento de transporte, além de diversas áreas de conhecimento.

O objetivo deste capítulo é apresentar a importância da sustentabilidade para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, com alguns de seus diversos conceitos, abordando a sustentabilidade urbana relacionada com transporte. Além disso, são apresentados diversos projetos que relacionam transporte e sustentabilidade.

2.2. CONCEITOS E DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade surgiu a partir da identificação das maiores necessidades de caráter global de nosso tempo, procurando atender a todas simultaneamente, como: o desenvolvimento econômico, a proteção ambiental do ar, da água, do solo, da biodiversidade e a justiça social. Desta maneira, este conceito carrega uma variedade de significados originados das interpretações dadas pelos diferentes autores, tais como ecologistas e economistas, não existindo uma definição universalmente aceita (RIBEIRO, 2001).

Ainda para RIBEIRO (2001), o conceito de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável, de forma simplificada, nada mais é do que a capacidade de um sistema reproduzir-se por um período indeterminado de tempo.

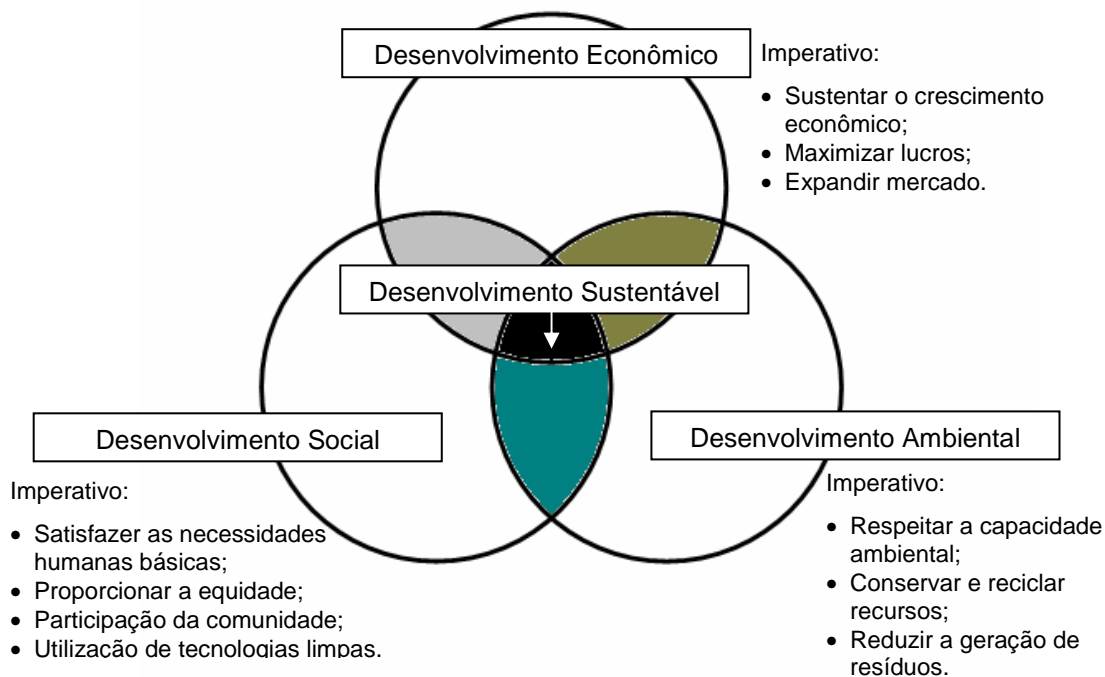
Nos anos 70, a preocupação com a sustentabilidade surgiu na agenda política internacional, sendo amplamente discutida em uma série de conferências internacionais.

A Organização das Nações Unidas (ONU), através do Relatório de Brundtland (1987), define desenvolvimento sustentável:

“É aquele que harmoniza o imperativo do crescimento econômico com a promoção da equidade social e preservação do patrimônio natural, garantindo assim que as necessidades das atuais gerações sejam atendidas sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras”.

Esse relatório foi publicado em 1987, chamado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como relatório da Comissão Brundtland, nome da responsável por este documento, a ex-primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, contendo uma série de recomendações que eram novidade na época (RIBEIRO, 2001).

Segundo NEWMAN e KENWORTHY (1999), o conceito de sustentabilidade surgiu de um processo de política global que tentou agregar simultaneamente as maiores necessidades da atualidade: (1) a necessidade de desenvolvimento econômico; (2) a necessidade da proteção ambiental do ar, água, solo, e da biodiversidade, do qual a sociedade depende para continuar a se desenvolver; e (3) a necessidade de equidade social e diversidade cultural. Esse conceito é ilustrado na FIG. 2.1.



Fonte: INTERNATIONAL COUNCIL ON LOCAL ENVIRONMENTAL INITIATIVES (1996) *apud* NEWMAN e KENWORTHY (1999).

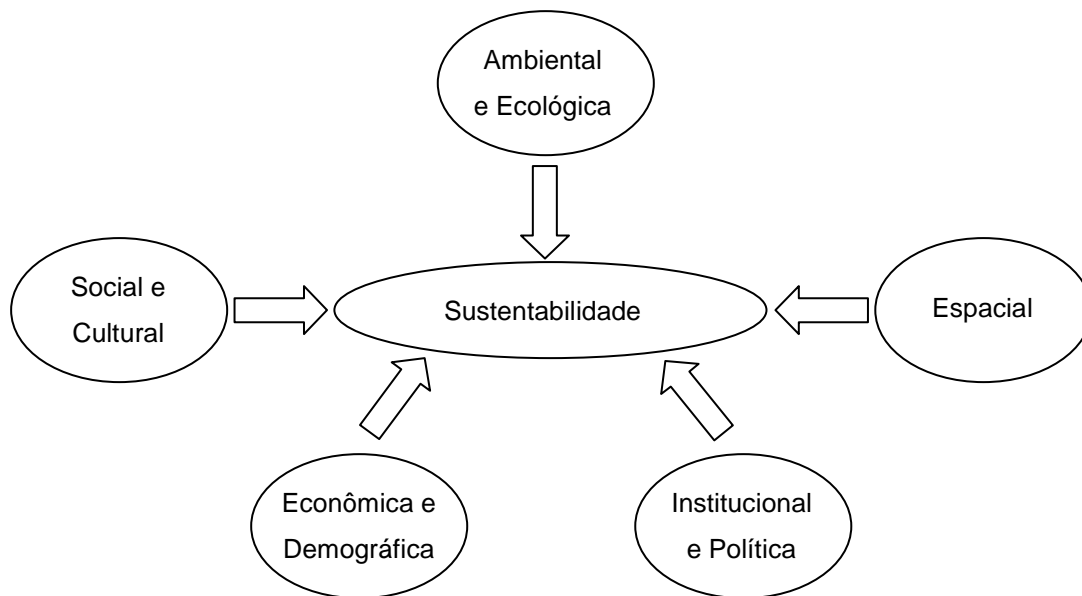
FIG. 2.1 Conceito de sustentabilidade

BOSSEL (1999) *apud* REAL (2005) afirma que a sustentabilidade é um conceito dinâmico. As sociedades, o meio ambiente, as tecnologias, as culturas, os valores e as aspirações mudam e uma sociedade sustentável tem que permitir mudanças, como forma de favorecer a um desenvolvimento contínuo e viável. O resultado desse processo não pode ser previsto, pois ainda que muitas das restrições ao desenvolvimento de uma sociedade sejam conhecidas, outras não o são. Portanto, o desenvolvimento sustentável é um processo evolutivo e adaptativo, sujeito a contínuas mudanças para ampliar a sustentabilidade ao mais longo prazo.

Como o desenvolvimento é um processo a ser construído, seu fortalecimento depende da participação e do comprometimento da sociedade, pois envolve as relações dos indivíduos com a natureza. O processo de busca da sustentabilidade, via o desenvolvimento sustentável, requer a integração dos indivíduos com as suas várias dimensões, conforme destacado por NOVAES *et al.* (2000) *apud* REAL (2005), resumidas a seguir:

- Ecológica: refere-se à base física, que está associada à manutenção do capital natural que é continuamente transformado em atividades produtivas;
- Ambiental: que está associada à manutenção da capacidade de sustentação dos ecossistemas, ou seja, a sua capacidade de absorção e recomposição da natureza em função das atividades humanas;
- Social: que tem como base o desenvolvimento, com foco dirigido à melhoria da qualidade de vida da população, sendo associada às relações intrapessoais dos seres humanos, suas habilidades e experiências;
- Política: refere-se ao processo de construção da cidadania, que visa promover a participação dos indivíduos no processo de desenvolvimento;
- Econômica: implica na gestão eficiente dos recursos naturais e materiais, de forma integrada aos recursos humanos, incluindo não somente a economia formal e o capital construído pelo homem, como também todo o conjunto de atividades que fornece serviços aos indivíduos e desta forma melhora o seu padrão de vida, além da renda per capita;
- Demográfica: revela os limites da capacidade de suporte de determinado território e de sua base de recursos, requerendo que as tendências de crescimento econômico sejam confrontadas com as de crescimento demográfico, sua composição etária e os contingentes de população economicamente ativa;
- Cultural: está relacionada à capacidade de manter a diversidade de culturas, valores e práticas de cada região, compondo a identidade dos povos;
- Institucional: trata de criar e fortalecer as instituições que se orientam por critérios de sustentabilidade;
- Espacial: está direcionada com o alcance de maior equidade nas relações inter-regionais.

A FIG. 2.2 sintetiza, segundo REAL (2005), a integração do conceito de sustentabilidade com suas bases de sustentação.



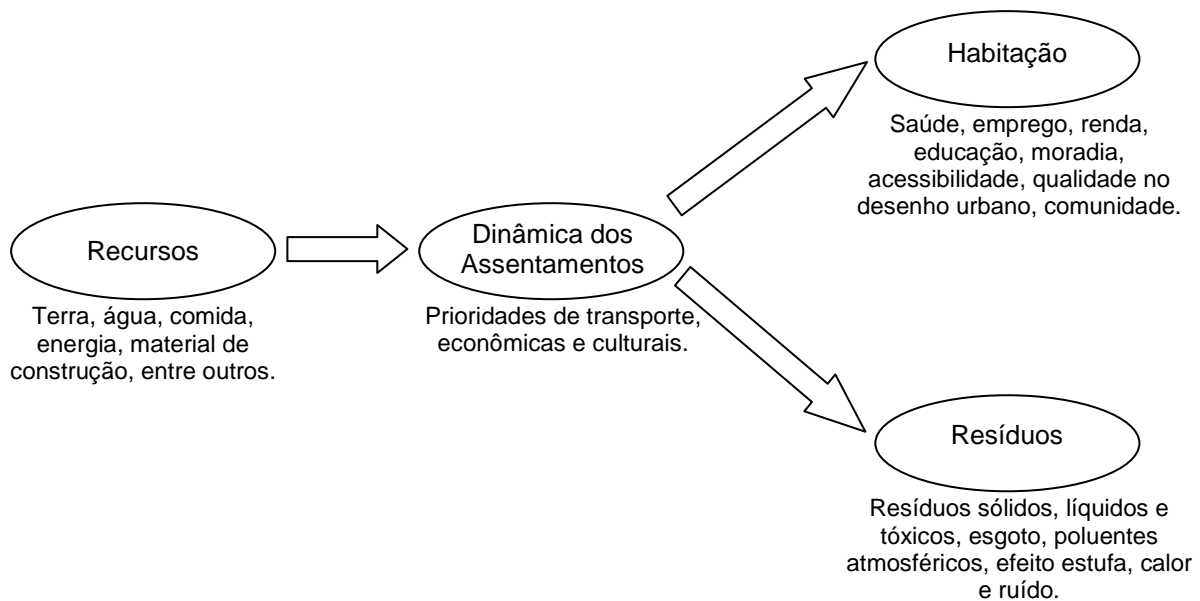
Fonte: REAL (2005)

FIG. 2.2 Bases da sustentabilidade (dimensões)

Segundo as Nações Unidas (1996) *apud* REAL (2005), para o processo de avaliação de desenvolvimento sustentável se tornar politicamente viável, deve-se contemplar no mínimo quatro das dimensões da sustentabilidade: a ambiental, a social, a econômica e a institucional. Porém, operacionalmente poucos critérios e indicadores foram propostos para avaliar as questões institucionais, muitos o foram para as demais, ainda que nem sempre vinculados aos propósitos de avaliação da sustentabilidade (KELLY, 1998 *apud* REAL, 2005).

2.3. SUSTENTABILIDADE URBANA

Segundo NEWMAN e KENWORTHY (1999) é possível definir a meta da sustentabilidade de uma determinada cidade como a redução do uso de recursos naturais e da produção de resíduos poluidores, enquanto simultaneamente melhora-se a qualidade de vida, dentro da capacidade do ecossistema local. Essa meta é apresentada na FIG. 2.3 em um modelo de decisão humana para assentamentos.



Fonte: NEWMAN e KENWORTHY (1999)

FIG. 2.3 Modelo de decisão humana para assentamentos de Newman e Kenworthy

Com base neste modelo é possível especificar as bases física e biológica da cidade, assim como as bases humanas. Os processos físico e biológico de conversão de recursos em produtos usuais e resíduos são como o processo de metabolismo humano. Eles são baseados em leis da termodinâmica, que mostra que tudo que entra deve sair, e que a quantidade de resíduo é consequentemente dependente da quantidade de recursos adquiridos. Assim, a melhor forma de controlar e reduzir a geração de resíduos, é gerenciando e reduzindo a exploração de recursos (NEWMAN e KENWORTHY 1999).

É possível imaginar que no futuro, em função das restrições estabelecidas por aspectos econômicos, poderão surgir vários tipos de cidades sustentáveis, que variarão desde as comunidades complexas, onde predominará tecnologia de alto nível para atender as atividades dos cidadãos, até as comunidades elementares ou simples, que viverão muito mais próximas da natureza. Entre estes dois extremos, muitas outras sociedades poderão surgir, e o posicionamento de cada uma no espaço da sustentabilidade, dependerá do equilíbrio entre os recursos naturais disponíveis e as rotas selecionadas para o seu desenvolvimento sustentável (REAL, 2005).

Cidades por todo o mundo estão reconhecendo a necessidade de seguir uma agenda de sustentabilidade, definindo assim, indicadores. Segundo NEWMAN e

KENWORTHY (1999), a partir da derivação do modelo de decisão humana para assentamentos, é possível definir uma série de temas e indicadores de sustentabilidade, sendo alguns deles apresentados na TAB. 2.1. Os indicadores de sustentabilidade podem mostrar o quanto as cidades estão contribuindo para os problemas globais e indicam aspectos onde estão existindo melhoras ou pioras em relação aos recursos consumidos e seus conseqüentes resíduos.

TAB. 2.1 Temas e indicadores de sustentabilidade segundo NEWMAN e KENWORTHY

Assuntos	Indicadores
Energia e qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do uso de energia; - Aumento da utilização de combustíveis alternativos e renováveis; - Redução da quantidade de poluentes atmosféricos; - Redução do efeito estufa.
Água, matéria-prima e resíduos	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzir o uso de água; - Diminuição da quantidade de esgoto e de resíduos industriais lançados em córregos e oceanos; - Redução do consumo de material de construção; - Redução do consumo de papel; - Aumento da quantidade de resíduo orgânico retornando ao solo.
Terra, áreas verdes e biodiversidade	<ul style="list-style-type: none"> - Preservação do uso da agricultura e da paisagem natural ao redor da área urbana; - Aumento da quantidade de área verde em parques locais ou regionais ao redor da cidade.
Transportes	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do uso de automóvel; - Aumento de passagens para pedestres e de ciclovias; - Incentivo à "carona".
Serviços públicos e saúde	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da mortalidade infantil; - Aumento do número de atividades educacionais; - Aumento do número de bibliotecas;

	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição de crimes; - Diminuição de mortes pela violência urbana.
--	--

Fonte: NEWMAN e KENWORTHY (1999)

Segundo COSTA (2003), a questão das cidades, ou mais precisamente a questão urbana, é uma questão chave para a promoção do desenvolvimento sustentável.

De acordo com MACLAREN (1996) *apud* COSTA (2003), algumas características-chave relacionadas à sustentabilidade urbana são encontradas com frequência na literatura, incluindo:

- Equidade entre gerações;
- Equidade intragerações, incluindo equidade social, geográfica (minimização das desigualdades entre diferentes comunidades) e governamental;
- Proteção ao meio ambiente natural e respeito aos seus limites;
- Minimização do uso de recursos não-renováveis;
- Vitalidade e diversidade econômica;
- Autoconfiança por parte da comunidade;
- Bem-estar individual;
- Satisfação das necessidades básicas para todos.

Para COSTA (2003), ainda que não exista um entendimento a respeito da diversidade de elementos que devem ser considerados para o desenvolvimento urbano sustentável, há um consenso no que se refere à introdução das questões ambientais nos debates em torno do futuro de nossas cidades.

Não é possível, igualmente, estabelecer uma definição única ou mesmo uma definição “ótima” para a sustentabilidade urbana, uma vez que cada comunidade irá desenvolver seu conceito próprio, baseado em suas características econômicas, sociais, ambientais e no julgamento de sua população. No entanto, qualquer que seja a definição ou conceituação teórica adotada para a sustentabilidade urbana, é fundamental desenvolver estratégias para sua implementação (COSTA, 2003).

2.4. AGENDA 21

Como forma de estabelecer as bases para promover o desenvolvimento sustentável no mundo, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92) propôs a Agenda 21. Este documento define o objetivo geral do desenvolvimento sustentável que é melhorar a qualidade social, econômica e ambiental das decisões humanas e os ambientes de moradia e do trabalho das pessoas (SUCHAROV, 1995).

Segundo o MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2006), a Agenda 21 é um plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. Constitui-se na mais abrangente tentativa já realizada de orientar para um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a sinergia da sustentabilidade ambiental, social e econômica, perpassando em todas as suas ações propostas.

Segundo SUCHAROV (1995), o documento observa que todos os países devem:

- Minimizar os prejuízos ambientais;
- Assegurar decisões relevantes antecedidas por avaliações de impacto ambiental;
- Integrar uso do solo e planejamento de transportes para reduzir a demanda de transporte;
- Adotar programas de transporte urbano favorecendo a alta ocupação do transporte público.

O mesmo autor afirma que alguns tópicos importantes levantados pelo documento são que o transporte:

- É o maior consumidor de energia e causador de poluição;
- Possui um permanente e às vezes irreversível impacto no meio ambiente;

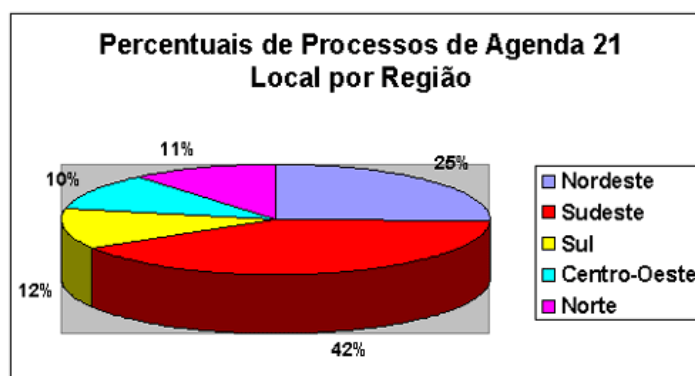
- Requer racionalização e controle da demanda pela mudança através de modos de transporte ambientalmente amigáveis e coletivos, e uma melhor utilização da capacidade existente;
- Precisa ser integrado com o uso e o planejamento espacial do solo.

A Agenda 21 Brasileira, coordenada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional – CPDS, consiste em um plano estratégico de desenvolvimento sustentável para o país, que envolve não só o setor público como também a sociedade civil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Segundo COSTA (2003), no processo de construção da Agenda 21 Brasileira foram identificados seis temas centrais, de modo a integrar toda a diversidade e complexidade do país e suas regiões dentro do conceito da sustentabilidade ampliada, incluindo:

- Agricultura sustentável;
- Cidades sustentáveis;
- Infra-estrutura e integração regional;
- Gestão dos recursos naturais;
- Redução das desigualdades sociais;
- Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável.

A Agenda 21 Local é um instrumento de planejamento de políticas públicas que envolvem a sociedade civil e o governo em um processo amplo e participativo de consulta sobre os problemas ambientais, sociais e econômicos locais e o debate sobre soluções para esses problemas através da identificação e implementação de ações concretas que visem o desenvolvimento sustentável local. Atualmente, pôde-se constatar que houveram iniciativas locais no que se refere à informação, conhecimento e entendimento dos conceitos e das etapas necessárias para a Agenda 21 Local. A FIG. 2.4 ilustra a distribuição das iniciativas regionais da Agenda 21 no Brasil.



Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2005)

FIG. 2.4 Distribuição das iniciativas da Agenda 21 Local no Brasil por região

2.5. SUSTENTABILIDADE URBANA RELACIONADA COM TRANSPORTES

Apesar do termo sustentabilidade estar normalmente associado com ecologia e recursos naturais, seu emprego tem sido expandido para outras áreas de conhecimento como economia, sociologia, urbanismo e, neste caso relacionado à atividade de transporte (GOLDEMBERG, 2000 *apud* RIBEIRO, 2001).

Segundo RIBEIRO (2001), o transporte de bens e pessoas é central para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida. Estratégias inapropriadas para o setor de transporte resultam em redes e serviços que agravam as condições de pobreza e prejudicam o meio ambiente, ignorando as necessidades dos usuários e excedendo a capacidade dos recursos financeiros públicos. Uma política de transporte sustentável que concilie os objetivos sociais, ambientais e econômicos deve ser prioridade dos governantes e da própria sociedade.

A sustentabilidade do setor de transporte deve ser encarada com base econômica e financeira, ou seja, exigindo que os recursos sejam usados de forma apropriada, eficiente e ambientalmente correta, requerendo que os impactos ambientais sejam levados em consideração nos planos de expansão do setor. Além disto também deve ser contemplada a sustentabilidade social, o que significa que os benefícios do setor de transporte atinjam a todas as camadas da sociedade (RIBEIRO, 2001).

Para RIBEIRO (2001), o setor de transporte deve satisfazer três requisitos básicos:

- Com relação ao conceito de sustentabilidade econômica e financeira, ele deve assegurar a melhoria da capacidade existente de manutenção do padrão de consumo material;
- Com relação à sustentabilidade ambiental, ele deve gerar uma melhora na qualidade de vida e não apenas se ater às questões de circulação de bens;
- Com relação à sustentabilidade social, os benefícios devem ser repartidos de maneira eqüitativa entre todos os setores da sociedade.

Segundo CAMPOS e RAMOS (2005a), para se entender a sustentabilidade relacionada com transporte é necessário um pouco de conhecimento sobre a relação transporte e uso do solo, ou seja, os impactos que medidas tomadas numa destas áreas possam vir a ter sobre cada uma delas, assim como, no desempenho das atividades na cidade, na mobilidade, no meio ambiente e no seu próprio desenvolvimento. A sustentabilidade de uma cidade tem que ter como suporte o conhecimento da interação entre transporte e uso do solo, além dos fatores e medidas que tratam isoladamente de cada um destes elementos.

Para os autores do relatório PROPOLIS (LAUTSO *et al.*, 2004), a maioria das análises ou questões teóricas para entendimento da relação transporte e uso do solo em áreas metropolitanas inclui conceitos técnicos (sistemas de mobilidade urbana), conceitos econômicos (cidades como mercado) e conceitos sociais (sociedade e espaço urbano), que podem ser assim resumidas:

- Impacto do uso do solo no transporte: densidade residencial, centralização de empregos e facilidades atrativas na vizinhança são características do uso do solo que impactam diretamente no transporte. Quanto maior a densidade residencial e o número de facilidades atrativas na vizinhança, menor será o comprimento médio das viagens. Quanto maior a centralização de empregos, maior será o comprimento do deslocamento a ser realizado.

- Impacto do transporte no uso do solo: acessibilidade impacta diretamente no uso do solo. Um local que possui alta acessibilidade, tende a ter um desenvolvimento mais rápido em relação a outras regiões.
- Impacto do transporte sobre o transporte: enquanto o tempo e o custo de viagem tendem a ter um impacto negativo sobre o comprimento da viagem, a alta acessibilidade de uma localização gera longas viagens ao trabalho e ao lazer.

A OECD – *Organization for Economic Co-operation and Development* (1999), define um sistema de transporte ambientalmente sustentável como aquele que não prejudica a saúde dos habitantes ou ecossistemas e que preenche as necessidades de deslocamentos dos habitantes com o uso de recursos renováveis abaixo dos níveis de regeneração ou com o uso de fontes não renováveis abaixo das taxas de desenvolvimento de recursos substitutos renováveis.

De acordo com o projeto PROSPECTS (MINKEN *et al.*, 2001), a sustentabilidade do sistema de transporte e uso do solo deve compreender os seguintes aspectos:

- Proporcionar acesso aos bens e serviços de uma forma eficiente para todos os habitantes da área urbana;
- Proteger o meio ambiente, patrimônio urbano e cultural e o ecossistema para a geração presente;
- Não prejudicar as oportunidades das futuras gerações em alcançar, no mínimo, o mesmo bem-estar de agora, incluindo o bem-estar derivado do meio ambiente e do patrimônio cultural.

2.5.1. PROJETOS RELACIONADOS COM TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

CAMPOS e RAMOS (2005a) realizaram uma ampla revisão bibliográfica junto a diversos autores, descrevendo vários projetos e abordando a relação entre transporte e uso do solo como forma de promover a sustentabilidade urbana.

O projeto TRANSPLUS – *Transport Planning, Land Use and Sustainability*, coordenado pelo *Istituto di Studi per l'Integrazione dei Sistemi* (ISIS, 2003), com duração de 2000 a 2003, foi um projeto colaborativo com parceiros de toda a Europa. Identificou as melhores práticas na organização de transportes e usos do solo para obtenção de um padrão sustentável de mobilidade nas cidades e regiões europeias, promovendo melhorias econômicas, sociais e ambientais. Como resultados deste projeto, foram apresentados:

- Tendências atuais desfavoráveis nos transportes e no uso do solo;
- Estratégias integradas de planejamento, com o objetivo de alcançar padrões de espaço e de mobilidade mais sustentáveis;
- Barreiras encontradas frequentemente, possíveis soluções e intercâmbio de experiências;
- Papel chave da participação e dos métodos necessários para garantir uma adequada abordagem dos pontos de vista dos cidadãos e agentes interessados no planejamento do uso do solo;
- Indicadores integrados de uso do solo e transporte;
- Estudos de caso em vinte e três cidades europeias.

O projeto TRANSLAND – *Integration of Transport and Land-use Planning* (TRL, 2000), desenvolvido durante o ano de 1999, estudou políticas inovadoras e pesquisou as necessidades futuras, considerando a integração do transporte e o planejamento do uso do solo. Teve como objetivos identificar exemplos de boas práticas de planejamento no passado, introspecções para conduzir pesquisas na área e condições institucionais e barreiras para a construção de políticas integradas, propondo alternativas para a melhor prática do planejamento. O projeto recomenda que as viagens por automóvel devam tornar mais caras ou lentas, desestimulando assim, a utilização e a dependência deste meio, com o auxílio de políticas de uso do solo.

SCATTER – *Sprawling Cities and Transport: from Evaluation to Recommendation* (GAYDA *et al.*, 2005), que teve duração de 2001 a 2004, objetivou estudar as causas e impactos do mecanismo do espalhamento urbano. Analisou quantitativamente e qualitativamente o espalhamento em seis cidades, projetando e

avaliando a eficiência de medidas para prevenir, mitigar ou controlar esta tendência de espalhamento que se observa na maioria das cidades da Europa. Como resultados deste projeto, foram formuladas recomendações para cidades europeias na implantação de transportes públicos acompanhadas de medidas para controlar o espalhamento urbano com o objetivo de se obter um desenvolvimento urbano sustentável.

O projeto PROPOLIS – *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability* (LAUTSO *et al.*, 2004), que teve início em 2000 e término em 2004, possuiu o objetivo de pesquisar, desenvolver e testar políticas integradas de transporte e uso do solo, ferramentas e metodologias de avaliação visando definir estratégias de desenvolvimento urbano sustentável e mostrar seus efeitos em cidades europeias. A princípio, concluiu que nas cidades europeias a sustentabilidade, com foco ambiental e social, está se reduzindo com o crescente volume de tráfego, sendo necessárias ações radicais para manter o nível atual de sustentabilidade e a visão conjunta do uso do solo e do transporte dentro deste contexto. Foram realizados estudos de caso em sete cidades europeias, com o objetivo de melhorar o serviço do transporte público, restringindo o uso do automóvel e sendo adotadas políticas de uso do solo como suporte a estas medidas. Foi observada nestas aplicações, a melhoria simultânea das dimensões ambiental e social da sustentabilidade, após a implantação das medidas, sendo ainda economicamente eficientes.

STELLA – *Sustainable Transport in Europe and Links and Liaisons with America* (NIJKAMP *et al.*, 2005), que teve início em 2002 e término em 2005, teve como objetivo gerar uma troca de conhecimentos, pesquisas comuns e experiências entre países da América do Norte e da Europa, sendo direcionado para cinco áreas críticas de atuação de interesse comum no campo de transportes:

- Globalização, economia eletrônica e negócios: função dos transportes e da comunicação no auxílio à globalização;
- Tecnologia da informação e da comunicação, inovação e sistema de transporte: mudanças que as novas tecnologias propiciam nas formas de viver e de trabalhar;

- Sociedade, comportamento e transporte público e privado: inter-relações entre alterações na sociedade e no transporte;
- Meio ambiente, segurança, saúde, uso do solo e congestionamentos: políticas direcionadas para estes fatores;
- Instituições, regulamentos e mercados nos transportes: impactos das instituições e sistemas reguladores nos sistemas de transporte e no comportamento do indivíduo que realiza a viagem.

O projeto STELLA criou uma plataforma para troca de informação e conhecimento sobre transporte sustentável entre especialistas dos países participantes, além de ser uma iniciativa para juntar pesquisas que possuem um foco em comum.

O projeto PROSPECTS – *Procedure for Recommending Optimal Sustainable Planning for European City Transport Systems*, que teve início em 2000 e término em 2003, teve como objetivo desenvolver um guia com propostas de integração de planos de transporte com o uso do solo para que as cidades pudessem gerar estratégias de desenvolvimento para alcançar a sustentabilidade de acordo com suas características particulares (MINKEN *et al.*, 2001).

TISSUE – *Trends and Indicators for Monitoring the EU Thematic Strategy on Sustainable Development of Urban Environment*, possui como objetivo principal identificar e especificar tendências detalhadas para a medição do progresso em relação ao desenvolvimento sustentável do meio ambiente urbano no nível local de cidades europeias. O segundo objetivo é avaliar as necessidades e perspectivas das cidades europeias e a demanda para um conjunto de indicadores harmoniosos para o meio ambiente urbano. O projeto TISSUE foca em quatro temas: controle urbano da sustentabilidade, transporte urbano sustentável, construção urbana sustentável e desenho urbano sustentável (AREND *et al.*, 2004).

O projeto *Mobility 2030* (WBCSD, 2004), que teve início em 2000, objetivou apresentar uma visão da mobilidade sustentável e caminhos para alcançar esta. Foi levantada a questão de como as necessidades da sociedade de deslocar livremente, conseguir acessibilidade, comunicar, negociar e estabelecer relacionamentos, poderiam ser melhoradas sem o sacrifício de outras necessidades atuais ou futuras, humanas e ecológicas. Seguindo esta lógica, no projeto foram identificados sete

objetivos pelos quais a sociedade deve lutar, podendo tornar a mobilidade mais sustentável:

- Redução de emissões convencionais ligadas a transporte (monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, particulados etc.) a níveis não prejudiciais à saúde pública;
- Limitação de emissões de gases estufa a níveis sustentáveis;
- Redução significativa do número mundial de mortes e de graves lesões em acidentes rodoviários;
- Redução da poluição sonora ligada a transporte;
- Redução de congestionamentos;
- Redução da divisão que existe hoje na mobilidade, onde a população pobre e a rica possuem oportunidades de deslocamento diferentes;
- Preservar e realçar as oportunidades de mobilidade para a população em geral.

2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de desenvolvimento sustentável carrega uma variedade de interpretações, mas sempre focado nas suas três principais dimensões: econômica, social e ambiental, agregando as maiores necessidades globais de desenvolvimento. Sua promoção requer a integração das suas dimensões com a sociedade, sendo esta responsável pelo fortalecimento das relações entre os indivíduos e a natureza.

O conhecimento do conceito vem sendo ampliado no mundo desde a elaboração do Relatório de Brundtland (1987), e no Brasil, consolidado a partir da proposição da Agenda 21, durante a ECO 92. A Agenda 21, além de definir o objetivo geral do desenvolvimento sustentável, propõe planos estratégicos para serem adotados global, nacional e localmente.

O transporte, como o maior consumidor de energia e causador de poluição, merece destaque na formulação de projetos relacionados com a sustentabilidade.

Vários projetos concluíram que com a utilização de um transporte público sustentável e o incentivo ao deslocamento a pé ou por bicicleta, a qualidade de vida nas cidades melhora, propiciando o desenvolvimento econômico, a inclusão social e a proteção ao meio ambiente.

3. MOBILIDADE URBANA

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, a abordagem da mobilidade urbana vai além do simples conhecimento do número de deslocamentos, englobando também o aspecto qualitativo deste fenômeno, estudando a razão da viagem e o comportamento dos indivíduos que realizam o deslocamento.

A relação do transporte com a melhoria da qualidade de vida, a inclusão social, a eficiência da economia nos centros urbanos, além dos impactos causados ao meio ambiente, têm exigido um conceito mais sustentável para a mobilidade urbana.

O conceito de mobilidade urbana sustentável busca incorporar aos preceitos da sustentabilidade econômica, social e ambiental à capacidade de se atender as necessidades da sociedade de se deslocar livremente a fim de realizar as atividades desejadas, visando, em última análise, a melhoria da qualidade de vida urbana desta e das futuras gerações (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

A fim de mostrar a importância deste novo conceito, este capítulo apresenta primeiramente conceitos, aspectos e o perfil da mobilidade urbana no Brasil e como as entidades públicas vem melhorando o atendimento ao transporte público para as pessoas com dificuldade de deslocamento. Posteriormente, será apresentado um conjunto de conceitos relacionados com a mobilidade urbana sustentável e sua importância para a qualidade de vida nas cidades.

3.2. ASPECTOS DA MOBILIDADE URBANA

As decisões individuais dos deslocamentos não são formuladas de forma isolada, e encontram sustentação em forças e condicionantes coletivos que são estruturados historicamente no espaço urbano por diferentes atores. Estes atores

configuram três lógicas que determinam a mobilidade urbana, as quais reproduzem, de forma constante, o espaço urbano desigual e que estão também na base dos deslocamentos nos sistemas urbanos. Segundo DELGADO (1995) *apud* RAIA JUNIOR (2000), as três lógicas são de:

- Inserção no espaço urbano: é o comportamento das pessoas e grupos para a inserção no espaço como localização. Esta lógica poderá favorecer ou não a localização do cidadão como consumidor;
- Inserção no sistema produtivo: representa o comportamento das pessoas e grupos para sua inserção no processo produtivo. Esta lógica favorecerá ou não a localização do usuário da cidade como produtor e, portanto, como consumidor;
- Oferta de transporte: determina a mobilidade urbana, representando as práticas das pessoas e grupos para se inserirem, de modo favorável, nas atividades de circulação no espaço urbano, fator este que configura a oferta de serviço.

O estudo da mobilidade urbana, ou seja, o conhecimento das especificidades dos deslocamentos de uma determinada população, nasceu nos Estados Unidos na década de 50, com o objetivo de entender os motivos e o processo de realização das viagens, visando uma melhor adequação da oferta à demanda do uso mais eficiente da infra-estrutura viária (KRÜGER, 2004).

Na década de 60, o enfoque da mobilidade urbana assumiu um caráter mais social, com o intuito de explorar mais profundamente esse fenômeno, não só quantitativa, mas qualitativamente também, tentando descobrir a razão da viagem e as características dos indivíduos envolvidos, procurando descobrir e entender a estrutura dos deslocamentos (KRÜGER, 2004).

Segundo BOTELHO (1996) *apud* KRÜGER (2004), nos Estados Unidos durante os anos 70, os estudos passaram a se preocupar mais com as questões dos deslocamentos individuais dos cidadãos, desenvolvendo abordagens mais analíticas da demanda. Já no Brasil, no período dos anos 70 e 80, houve uma maior preocupação com esse tipo de estudo devido ao crescimento demográfico e desordenado das cidades e ao aumento da frota veicular, que trouxeram consigo graves conseqüências no deslocamento da população.

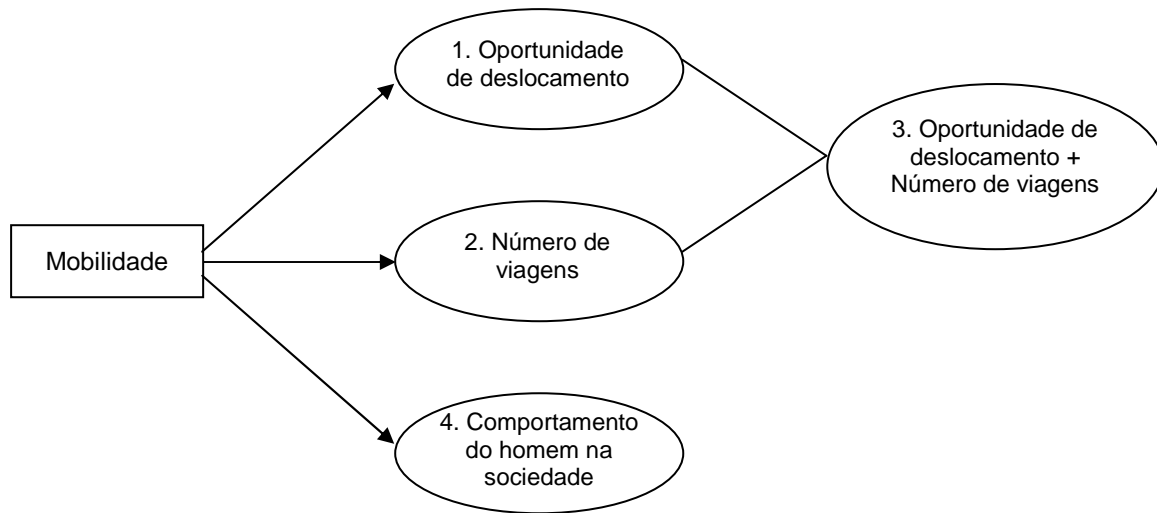
O estudo da mobilidade urbana é de primordial importância, não só em países emergentes, mas também nos países de primeiro mundo. A mobilidade urbana está relacionada não apenas com a efetiva ocorrência dos deslocamentos diários das pessoas no espaço urbano, mas também na sua facilidade ou possibilidade de ocorrência.

Esta pode ser estudada tanto sob os aspectos quantitativos, quanto sob os qualitativos. No aspecto quantitativo, a quantidade dos deslocamentos efetuados é avaliada, sendo utilizados índices que determinam os deslocamentos em regiões em momentos diferentes. No aspecto qualitativo, as tendências da mobilidade são questionadas e avaliadas, assim como a natureza desses problemas inter-relacionados com diversas áreas de estudo, para que novas formas de abordagem sejam propostas (KRÜGER, 2004).

SOUZA (1990), a fim de promover uma melhor compreensão, divide o conceito de mobilidade urbana em quatro grupos distintos de acordo com a sua principal característica:

- Definições associadas à idéia das oportunidades de deslocamento, ou seja, associada ao conceito de acessibilidade;
- Definições associadas às análises do número de viagens;
- Definições que unem a idéia da análise do número de viagens (comportamento das viagens) ao conceito de acessibilidade;
- Definições que entendem a mobilidade a partir do comportamento do homem na sociedade.

A FIG. 3.1 apresenta a estruturação do conceito de mobilidade e a integração entre os grupos.



Fonte: SOUZA, 1990

FIG. 3.1 Grupos de conceito da mobilidade (adaptado)

O primeiro grupo retrata as definições de mobilidade a partir das facilidades de deslocamento, sendo utilizado como alicerce de suas análises o conceito de acessibilidade. Para CASTÑON (1994) *apud* KRÜGER (2004), a mobilidade é vista como um ato de deslocamento, sendo a realização de um movimento da demanda através do acesso ao sistema de transporte. Os trabalhos, que seguem esse tipo de enfoque conceitual, têm como objetivo avaliar os atributos locacionais que facilitem a locomoção de uma determinada população de uma região, ou seja, estudar o ir e vir sem restrição em um determinado local (KRÜGER, 2004).

O segundo grupo observa a mobilidade do indivíduo a partir do número de viagens realizadas por ele, sendo que suas necessidades e possibilidades de viagem são analisadas. Segundo STRAMBI e BILT (2001) *apud* KRÜGER (2004), a mobilidade pode ser medida pura e simplesmente através do número médio de viagens diárias por pessoa, por todos os motivos e modos de viagens, inclusive a pé.

O terceiro grupo, além de observar o número de viagens realizadas por um indivíduo, analisa também a sua qualidade e as informações de oportunidades de acesso aos meios de transporte para que ocorra o deslocamento necessário. POPPER (1976) *apud* SOUZA (1990) acredita que o nível de mobilidade pode ser indicado pelo volume de viagens feitas, mas também pela psicológica “paz de espírito” de saber que uma viagem pode ser realizada se for necessária.

No quarto grupo a mobilidade é estudada sob o ponto de vista do comportamento humano na sociedade em que vive. Segundo PINHEIRO (1994) *apud* KRÜGER (2004), para conhecer os aspectos da mobilidade é necessário que inicialmente se faça um reconhecimento das necessidades e aspirações do sujeito urbano a ser estudado, assim como as suas especialidades e as peculiaridades de sua inserção urbana.

Muitos autores confundem os conceitos de acessibilidade e de mobilidade, sendo indispensável a distinção destes. Para CARRUTHERS e LAWSON (1995) *apud* RAIA JUNIOR (2000), é necessário fazer a distinção entre acesso e mobilidade. Muitas viagens são feitas com os mais diversos motivos para acessar o local de trabalho, compras, educação, recreação etc. Mobilidade, por sua vez, é a demanda para o movimento e surge como resultado do desejo de acesso.

WACHS e KOENIG (1979) *apud* RAIA JUNIOR (2000), compreenderam a mobilidade como a capacidade de viajar associada com um dado grupo ou pessoa, medida por indicadores tais como propriedade de automóveis e sua disponibilidade, de poder usar e pagar ônibus ou táxi. Este conceito pode parecer complementar ao de acessibilidade. Medidas de mobilidade refletem a capacidade da pessoa utilizar vários modos e medidas de acessibilidade descrevem as localizações que poderiam ser atingidas por um dado modo.

Vários autores relacionam o conceito de mobilidade com a liberdade de deslocamento, o desempenho do sistema de transportes e as características do indivíduo realizador da viagem, mas outros vão além destes fatores, abordando questões espaciais, econômicas e sociais.

O conceito de mobilidade é interpretado, segundo TAGORE e SIKDAR (1995) *apud* RAIA JUNIOR (2000), como sendo a capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar para outro, sendo dependente do desempenho do sistema de transportes (disponibilidade, frequência, tempo de espera etc.) e das características do indivíduo (renda, veículo próprio, recursos que ele pode gastar na viagem etc.).

AKINYEMI e ZUIDGEEST (1998) *apud* RAIA JUNIOR (2000), por sua vez, consideram mobilidade como sendo muito mais uma variável de oferta do que uma variável de demanda. Em vez de significar viagens atuais ou viagens feitas, caracterizadas por medidas tais como quilômetro por viagem feita por uma pessoa, número de viagens feitas por dia ou por ano por uma pessoa etc., a mobilidade pode

ser definida como um termo qualitativo que representa a capacidade que um grupo de pessoas tem para viajar a partir de uma zona, por diversos modos de transporte. Mobilidade, conseqüentemente, se torna dependente da disponibilidade dos modos de transporte para o grupo de pessoas, tanto quanto a facilidade com a qual os membros do grupo encontram para viajar.

Segundo PASCHETTO *et al.* (1983) *apud* RAIA JUNIOR (2000), a mobilidade urbana depende de vários fatores: desenvolvimento urbano, crescimento da cidade no espaço e no tempo, tendências sociais urbanas, mudanças e expansão das comunicações e disponibilidade de transportes. Dentro deste contexto, a mobilidade urbana mostra-se como uma necessidade por transporte, moldada pelo modo de vida como um todo.

VASCONCELLOS (2002), em pesquisa realizada na cidade de São Paulo, identificou duas barreiras que impedem o equilíbrio e o desenvolvimento apropriado da mobilidade urbana:

- Barreira social: dificuldade de uma determinada camada da sociedade em utilizar meios de transportes (coletivos), por ter sua renda mensal muito baixa;
- Barreira física: uso intensivo do sistema viário, principalmente através do uso indiscriminado dos carros particulares que causam grandes congestionamentos.

Para HAMBURG *et al.* (1995) *apud* RAIA JUNIOR (2000), não existe equidade social quando alguns podem escolher livremente a mobilidade espacial, enquanto que outros têm uma diferente e talvez difícil escolha a fazer. A ausência de mobilidade a um grupo de pessoas pode reduzir a possibilidade de empregos, e pode sistematicamente contribuir para o desemprego.

Pensando em soluções para que as cidades sejam mais viáveis do ponto de vista da qualidade de vida de seus cidadãos, CARRUTHERS e LAWSON (1995) *apud* RAIA JUNIOR (2000) sugeriram que a mobilidade deve ser gerenciada de forma conducente para a manutenção de uma cidade sustentável, permitindo a coexistência de diferentes formas de viagens.

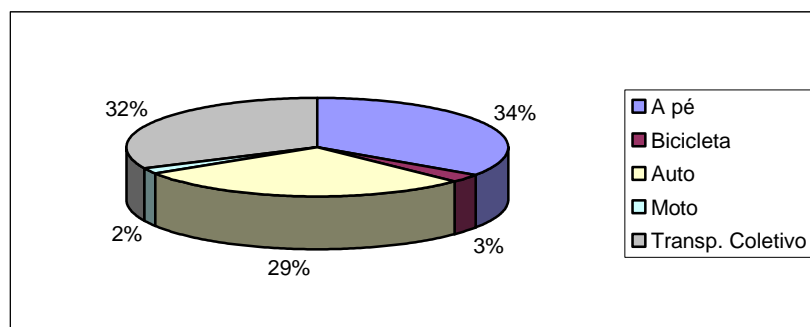
3.2.1. A MOBILIDADE URBANA MEDIDA POR NÚMERO DE DESLOCAMENTOS

A Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) considera a mobilidade urbana, sob o aspecto quantitativo, como sendo o número de deslocamentos realizados pelo indivíduo urbano. Este órgão desenvolveu um Sistema de Informações de Transporte e Trânsito Urbanos, que consiste em um banco de dados e informações sobre a mobilidade urbana de municípios brasileiros, com população acima de 60 mil habitantes. Estes dados são sintetizados para o total dos municípios brasileiros pesquisados na TAB. 3.1 e na FIG. 3.2.

TAB. 3.1 Mobilidade urbana no Brasil

Dados de Mobilidade		Viagens diárias	%
Não motorizado	A pé	50.853.854	34,4%
	Bicicleta	3.999.245	2,7%
	Sub-total	54.853.099	37,1%
Coletivo	Ônibus municipal	35.850.231	24,2%
	Ônibus metropolitano	6.569.673	4,4%
	Metro-ferroviário	4.657.273	3,1%
	Sub-total	47.077.177	31,8%
Individual	Auto	42.788.203	28,9%
	Moto	3.154.326	2,1%
	Sub-total	45.942.529	31,1%
Total		147.872.805	100,0%

Fonte: ANTP (2003)



Fonte: ANTP (2003)

FIG. 3.2 Representação gráfica da mobilidade urbana por modo de transporte no Brasil

A partir da relação do número de viagens e da população de cada região, é possível calcular o índice de mobilidade urbana por região do Brasil, que é apresentado na TAB. 3.2. A distribuição da mobilidade urbana por região é apresentada na TAB. 3.3 e na FIG. 3.3 por modo de transporte.

TAB. 3.2 Índice de mobilidade urbana por região do Brasil

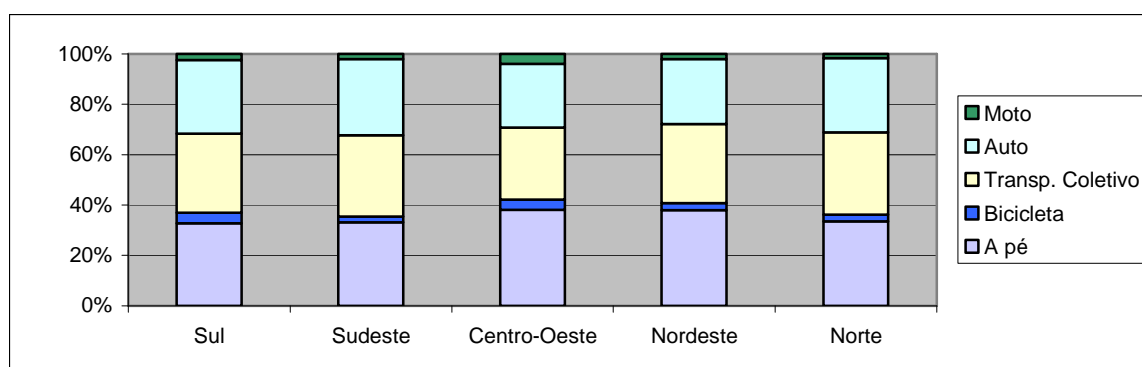
	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
Viagens motorizadas	12.605.435	52.279.866	5.382.972	16.426.261	6.325.172
IM - motorizadas	0,88	0,93	0,74	0,73	0,86
Viagens não-motorizadas	7.399.081	28.657.227	3.907.500	11.300.335	3.588.957
IM - não-motorizadas	0,52	0,51	0,53	0,50	0,49
Total de viagens	20.004.515	80.937.093	9.290.473	27.726.596	9.914.129
População	14.305.090	56.115.173	7.310.314	22.500.527	7.365.811
Índice de mobilidade (IM)	1,40	1,44	1,27	1,23	1,35

Fonte: ANTP (2003)

TAB. 3.3 Mobilidade urbana por região do Brasil

	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
A pé	32,8%	33,2%	38,0%	38,0%	33,5%
Bicicleta	4,1%	2,2%	4,1%	2,7%	2,7%
Transp. Coletivo	31,4%	32,3%	28,6%	31,4%	32,7%
Auto	29,3%	30,3%	25,3%	25,9%	29,4%
Moto	2,4%	2,0%	3,9%	2,0%	1,7%

Fonte: ANTP (2003)



Fonte: ANTP (2003)

FIG. 3.3 Comparativo gráfico da mobilidade urbana nas regiões do Brasil

A partir da análise das tabelas e das figuras acima, percebe-se que a região Sudeste possui o maior índice de mobilidade urbana e o maior número de deslocamentos por automóvel, as regiões Sudeste e Norte, por transporte público,

as regiões Sul e Centro-Oeste, por bicicleta, as regiões Centro-Oeste e Nordeste, a pé (deslocamentos acima de 500 metros), e a região Centro-Oeste possui o maior número de viagens por moto. Esses valores podem estar relacionados com a renda per capita da população, a frota veicular, as condições do transporte coletivo, o motivo da viagem, o tamanho do deslocamento, entre outros fatores, de cada região.

Um estudo, realizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), mostra que, nas últimas décadas, seu índice de mobilidade urbana vem decrescendo. A pesquisa de origem e destino (O/D), de 1997, detectou um índice de 1,23 viagens diárias / habitante, sendo que em 1987, esse índice era de 1,32, considerando somente as viagens motorizadas (FREITAS, 2003). Esse decréscimo se atribui à descentralização do espaço urbano, e conseqüentemente aos congestionamentos. Nesta mesma pesquisa foram identificados 30 milhões de deslocamentos diários, sendo que este valor se divide igualmente entre o transporte coletivo, o transporte individual (automóvel e moto) e o deslocamento a pé (SCARINGELLA, 2001). O valor expressivo para as viagens a pé pode estar relacionado ao desemprego, ao alto valor da tarifa do transporte público e aos congestionamentos constantes nos horários de pico.

Para demonstrar como a mobilidade da RMSP vem decrescendo, as tabelas TAB. 3.4, TAB. 3.5 e o gráfico da FIG. 3.4 apresentam os índices de mobilidade (viagens diárias motorizadas / habitante) de diferentes classes de renda na região, nos anos de 1977, 1987 e 1997. Pelo gráfico é possível perceber como a variável renda está diretamente relacionada com a mobilidade nos centros urbanos.

TAB. 3.4 Perfil da mobilidade na RMSP em 1977

Renda familiar mensal ¹	Classe de renda	Mobilidade	Variação (%)
até 4	1	0,81	-
de 4 a 8	2	1,33	64,2
de 8 a 15	3	1,68	26,3
de 15 a 30	4	2,23	32,7
acima de 30	5	2,50	12,1

¹SM de setembro de 1977: Cr\$ 4.651.

Fonte: CMSP (1990)

TAB. 3.5 Perfil da mobilidade na RMSP em 1987 e em 1997

Renda familiar mensal (R\$)	Classe de renda	Mobilidade em 1987	Varição (%)	Mobilidade em 1997	Varição (%)
até 250	1	1,33	-	1,16	-
de 250 a 500	2	1,63	22,6	1,47	26,7
de 500 a 1.000	3	1,95	19,6	1,76	19,7
de 1.000 a 1.800	4	2,31	18,5	2,07	17,6
de 1.800 a 3.600	5	2,65	14,7	2,34	13,0
acima de 3.600	6	3,08	16,2	2,64	12,8

Fonte: CMSP (1998)

Em 1977, constata-se a grande diferença de taxas de mobilidade que havia entre as classes de renda 1 e 2, sendo que a segunda era aproximadamente 64% maior que a primeira. Entre os anos de 1987 e 1997 houve uma queda dos índices de mobilidade urbana, por exemplo, se analisarmos os dados da população com a menor renda, é percebida uma queda de 13%.

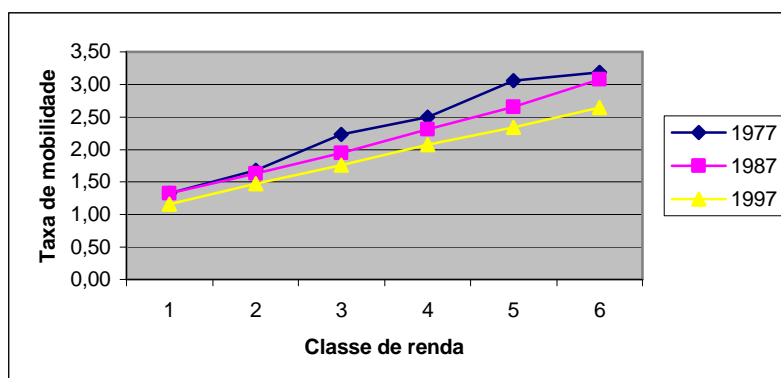


FIG. 3.4 Gráfico comparativo da mobilidade na RMSP

3.2.2. A MOBILIDADE PARA PESSOAS COM DIFICULDADE DE DESLOCAMENTO NO BRASIL

A questão da capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar para outro vem sendo amplamente discutida, devendo ter uma especial atenção no processo de planejamento dos transportes. São consideradas pessoas com mobilidade reduzida aquelas de baixa renda, idosos, mulheres e portadores de deficiência.

Apesar de todos os problemas relacionados com a exclusão de mobilidade para estes grupos sociais serem de significativa importância, este item abordará somente a falta de mobilidade das pessoas com deficiência física e motora.

No Censo 2000, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) investigou pessoas portadoras de deficiência, objetivando o conhecimento dos graus de severidade da incapacidade e não somente se a pessoa possui ou não uma deficiência. No ano pesquisado, 14,5% da população brasileira declarou-se como portadora de algum tipo de deficiência, sendo que as deficiências físico-motoras correspondem a 25,1% desta porcentagem.

O grupo das pessoas com mobilidade reduzida enfrenta várias dificuldades, já que muitos não podem dirigir porque são fisicamente incapazes, a infra-estrutura urbana não está preparada para o seu atendimento, e o transporte público, quando disponível, não atende às suas necessidades pessoais, desencorajando a realização de viagens e restringindo o seu acesso às atividades de trabalho, educação, saúde e lazer.

A compreensão da necessidade de se inserirem estas pessoas ao dia-a-dia de todos, não apenas no conceito físico da presença, mas de uma forma ampla e participativa, acaba gerando a definição de inclusão social. Trata-se de um processo em que a sociedade se adapta para receber em seus sistemas sociais as pessoas com deficiências ou com mobilidade reduzida e estas, por sua vez, passam a assumir seus devidos papéis na sociedade (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

A fim de aumentar a mobilidade urbana, e conseqüentemente a inclusão social de pessoas com mobilidade reduzida, diversos municípios estão exigindo das empresas operadoras do transporte público por ônibus, a substituição de seus veículos por veículos de piso baixo. Numa outra esfera, as prefeituras estão oferecendo o transporte porta a porta para estas pessoas em veículos especiais, adaptados para este tipo de transporte.

A Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTrans), responsável pelo gerenciamento do sistema de transportes e do trânsito de Belo Horizonte, instituiu projeto com o objetivo de melhorar o acesso ao sistema de transporte coletivo por meio da substituição de oitenta por cento da frota de ônibus por veículos de piso baixo. O programa, iniciado em outubro de 1999, com oito veículos de piso baixo, em janeiro de 2002 chegava a contabilizar 153 veículos, cerca de cinco por

cento do total da frota, então 2.912 ônibus. Os ônibus de piso baixo trazem facilidade de acesso e comodidade a todos os passageiros, pois a altura máxima entre o pavimento e o piso do ônibus, quando parado, é de trinta centímetros, como mostrado na FIG. 3.5 (ANTP, 2003).



Fonte: ANTP (2003)

FIG. 3.5 Ônibus de piso baixo em Belo Horizonte

A Prefeitura Municipal de Vitória desenvolveu o projeto Porta a Porta, com o objetivo de proporcionar às pessoas, com cadeira de rodas, a possibilidade de realizar seus deslocamentos na cidade. São três veículos adaptados com elevador, como ilustrado na FIG. 3.6, que transportam cerca de quarenta passageiros por dia. O usuário se cadastra na Secretaria Municipal de Transportes desse município ou por telefone com ligação gratuita, e programa suas viagens, sendo que o sistema funciona de segunda a sexta-feira, das 6 às 20 horas (ANTP, 2003).



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA (2006)

FIG. 3.6 Veículo com elevador para o transporte de deficientes em Vitória

Outro exemplo é o programa Cidade Acessível, que funciona desde dezembro de 1997, e é fruto da parceria entre o poder público e a iniciativa privada da cidade de Santo André em São Paulo, tendo por objetivo ampliar a mobilidade dos portadores de deficiência física, quando precisam de transporte para tratamento médico. Oito vans com elevador e equipamentos internos adequados à fixação de cadeiras de rodas atendem a uma média de cinquenta usuários por dia, num total de cem viagens diárias. O serviço é feito porta a porta e o preço da passagem é o mesmo do transporte convencional, sendo que usuários pobres ou maiores de sessenta anos recebem isenção (ANTP, 2003).

Em grandes centros urbanos, existem leis municipais determinando que o sistema de transporte dê condições de acesso aos portadores de deficiência, conseqüentemente, aumentando a mobilidade destes. Como exemplo de lei em âmbito federal, pode-se citar a Lei nº 10098, de 19 de dezembro de 2000 (SENADO FEDERAL, 2000), que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

As cidades, no que diz respeito à sociedade e à estrutura urbana, devem passar por profundas transformações, com o objetivo de eliminar barreiras físicas e adequar a mobilidade urbana para atender às necessidades de todas as pessoas, permitindo a inclusão social.

3.3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Para COSTA (2003), a importância dos transportes para o desenvolvimento econômico e da equidade social, além dos muitos impactos que podem causar ao meio ambiente, têm exigido o desenvolvimento de uma perspectiva mais sustentável para a mobilidade urbana.

Para GUDMUNDSSON e HOJER (1996) *apud* COSTA (2003) quatro princípios básicos que compõem o conceito de desenvolvimento sustentável devem ser aplicados no contexto dos transportes:

- Proteção dos recursos naturais dentro de limites, níveis e modelos pré-estabelecidos;
- Manutenção do capital produtivo para as futuras gerações;
- Melhoria da qualidade de vida dos indivíduos;
- Garantia de uma distribuição justa da qualidade de vida.

Na Agenda 21 reforça-se a idéia de que sistemas de transporte eficientes e adequados são fundamentais dentro das estratégias de combate à pobreza e que medidas que minimizem os impactos das atuais tecnologias de transporte sobre a saúde humana e o meio ambiente necessitam ser desenvolvidas (UNSD, 2003 *apud* COSTA, 2003).

As bases de uma mobilidade urbana sustentável passam pelo amplo acesso à informação relativa aos custos e formas de financiamento das diversas opções de transporte. Informações mais detalhadas dos benefícios e dos custos sociais (poluição, ruído, congestionamento, uso do solo) causados pelas diferentes modalidades de transportes devem, tanto quanto possível, estar disponíveis ao público, já que a quantificação apropriada destes fatores é fundamental para a proposição de planos e políticas para o setor. Além destes, os seguintes aspectos também são fundamentais na implantação de políticas de mobilidade sustentável (GREENE e WEGENER, 1997; GUDMUNDSSON e HOJER, 1996; MOORE e JOHNSON, 1994 *apud* COSTA, 2003):

- Equilíbrio e incentivo: Equilíbrio entre os diferentes modos de transporte e incentivo ao uso de modos não motorizados, como caminhada ou bicicleta;
- Transporte e energia: o uso eficiente dos recursos energéticos constitui uma questão-chave para o desenvolvimento sustentável. Esta preocupação deve, portanto, estar presente nos planos e estratégias desenvolvidas para o setor de transportes, uma vez que o mesmo é responsável por consumir uma parcela considerável de recursos energéticos não-renováveis do planeta;
- Tecnologia para um transporte sustentável: os impactos causados pelos transportes não são imutáveis, mas são dependentes diretos das tecnologias empregadas para promovê-los. Não há dúvidas que mudanças tecnológicas são fundamentais para se alcançar a sustentabilidade, porém, questões como a viabilidade econômica e a aceitação de novas tecnologias por parte dos usuários devem ser investigadas;
- Demanda por transportes: a demanda por transportes é resultado da separação física das atividades humanas. O desenvolvimento de medidas de gerenciamento da demanda visa, portanto, reduzir a necessidade por transporte em sua origem, promovendo maior adensamento das cidades, incentivando o uso misto do solo, encorajando a substituição da viagem pela telecomunicação e concedendo privilégios especiais para a maior ocupação dos automóveis;
- Oferta de transportes: a provisão de infra-estrutura de transporte para satisfazer ou mesmo estimular a demanda, num crescente movimento de pessoas e bens, é vista como pré-requisito para a prosperidade econômica. No entanto, o incentivo à construção de rodovias e vias de trânsito rápido tem aumentado as oportunidades de deslocamento a maiores distâncias, acelerando a trajetória das cidades para os subúrbios e contribuindo para seu maior espalhamento. Somente recentemente o gerenciamento da oferta de transportes para o controle de crescimento da demanda tem sido reconhecido. Desta forma, os impactos gerados por projetos de infra-estruturas de grande escala têm sido discutidos mais detalhadamente, ao mesmo tempo em que são incentivadas medidas para a restrição do uso do automóvel, construção e renovação dos caminhos para pedestres, além da melhoria da qualidade do transporte coletivo;
- Integração transportes e uso do solo: não existe consenso no que diz respeito ao estabelecimento de uma estrutura ideal do ponto de vista de um

transporte sustentável, nem da forma urbana que colabore para isso. Sabe-se, no entanto, que a configuração urbana influi na necessidade de viagens e nas características dos deslocamentos realizados, determinados aspectos como tempo médio de viagem, modo utilizado, consumo de combustíveis, entre outros.

No Brasil, o conceito de mobilidade urbana sustentável ainda é pouco explorado, e somente recentemente alguns esforços têm sido notados no sentido de melhor defini-lo. Dentre eles, cabe destacar a criação do Ministério das Cidades, que através da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SEMOB), a principal percussora do conceito no país, definiu mobilidade urbana sustentável a fim de nortear os trabalhos a serem desenvolvidos. A definição procurou abranger os princípios de sustentabilidade econômica e ambiental da mobilidade, e também da questão da inclusão social, podendo ser assim definida:

“Mobilidade urbana sustentável é o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável” (ANTP, 2003).

CAMPOS e RAMOS (2005a) definem mobilidade sustentável como sendo:

“Uma forma de mobilidade que promova uma igualdade de possibilidades de deslocamentos, com facilidades de acesso às diversas atividades de uma região, promovendo uma redução no consumo de energia associada aos meios de transporte, e buscando assim, uma redução da poluição ambiental e uma melhoria na eficiência dos recursos aplicados no transporte”.

Um conceito trabalhado pela OECD (2000, *apud* MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006) define como mobilidade sustentável aquela que contribui para o bem-estar econômico e social, sem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente, integrando as dimensões sociais, econômicas e ambientais, podendo ainda ser definida como aquela que:

- Permite a satisfação das necessidades básicas de acesso e mobilidade de pessoas, empresas e sociedade, de forma compatível com a saúde humana e o

equilíbrio do ecossistema, promovendo igualdade dentro das gerações e entre as mesmas;

- Possui custos aceitáveis, funciona eficientemente, oferece a possibilidade de escolha do modo de transporte e apóia uma economia dinâmica e o desenvolvimento regional;
- Limita as emissões e os resíduos em função da capacidade do planeta para absorvê-los, utiliza recursos renováveis a um ritmo inferior ou igual a sua renovação, utiliza os recursos não renováveis a um ritmo inferior ou igual ao desenvolvimento de substitutos renováveis e reduz ao mínimo o uso do solo e a emissão de ruído.

No projeto TRANSLAND (TRL, 2000), a mobilidade sustentável relacionada com os transportes, pode ser alcançada através das seguintes metas:

- Promover a acessibilidade e o uso do espaço;
- Aumentar a parcela de transporte ambientalmente correto (transporte público, caminhada e uso da bicicleta);
- Reduzir o congestionamento;
- Reduzir a poluição sonora, atmosférica e visual;
- Desenvolver e manter o bem estar urbano e o equilíbrio da economia urbana;
- Assegurar a igualdade social e as oportunidades de transporte para toda a comunidade.

Estas metas devem ser alcançadas sem provocar impactos ambientais, sociais e econômicos, ou pelos menos fazer com que estes impactos sejam compensados pelos benefícios da implantação destas estratégias.

3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas associados à mobilidade têm contribuído para o declínio da qualidade de vida e a perda da eficiência da economia nas cidades. O grande

número de deslocamentos nos centros urbanos vem gerando congestionamentos, ineficiência do transporte público, poluição ambiental, aumento do número das viagens individuais, entre outras situações que afetam a mobilidade dos seus habitantes.

A fim de melhorar a qualidade de vida dos usuários das cidades, aumentar a inclusão social, o desenvolvimento econômico e a proteção ao meio ambiente, surgiu o conceito de mobilidade urbana sustentável. Segundo o MINISTÉRIO DAS CIDADES (2006), os principais aspectos que devem ser contemplados com o intuito de promovê-la são:

- Equilíbrio e integração entre os diferentes modos de transporte;
- Uso eficiente dos recursos energéticos;
- Tecnologia para o transporte sustentável;
- Gerenciamento da demanda e redução da necessidade por transporte em sua origem;
- Gerenciamento da oferta de transportes para controle do crescimento da demanda;
- Controle do crescimento urbano para a redução dos tempos de viagem e consumo de combustíveis;
- Incentivo à adoção de modos não motorizados de transportes;
- Mobilidade para pessoas com dificuldade de deslocamento;
- Melhoria da qualidade do transporte público;
- Aplicação de tarifas justas.

A mobilidade sustentável é um tema chave, por isso, os métodos e práticas para conquistá-la devem ser formulados e amplamente difundidos, a fim de obter melhores resultados na qualidade da mobilidade e da vida urbana.

4. AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL POR INDICADORES

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Uma forma de promover a sustentabilidade e a mobilidade urbana sustentável é com a formulação de indicadores relacionados com estes fenômenos, sintetizando informações complexas, facilitando o entendimento e o acompanhamento dos progressos destes.

Um grande número de indicadores relacionados com a sustentabilidade pode ser desenvolvido. Neste sentido, o presente capítulo apresenta uma série de grupos de indicadores de sustentabilidade elaborados por diversos autores. Estes indicadores são subsídios para a fundamentação de outros grupos de indicadores, como os de mobilidade urbana sustentável, que também serão apresentados neste capítulo.

No intuito de demonstrar melhores grupos de indicadores, no final deste capítulo será apresentado um item que avalia um grupo de indicadores de sustentabilidade e dois de indicadores de mobilidade urbana sustentável, onde serão apresentados pesos que determinam a importância de certo indicador em relação a outros, além de citar índices que agregam estes indicadores.

4.2. CONCEITO DE INDICADORES

A utilização de indicadores tem ganhado um peso crescente nas metodologias utilizadas para resumir a informação de caráter técnico e científico na forma original ou “bruta”, permitindo transmiti-la numa forma sintética, preservando o essencial dos dados originais e utilizando apenas as variáveis que melhor servem aos objetivos e não todas que podem ser medidas ou analisadas. A informação é assim mais

facilmente utilizada por tomadores de decisão, gestores, políticos, grupos de interesse ou público em geral (GOMES *et al.*, 2000).

Para MITCHELL (1997) indicador é uma ferramenta que mede a resposta do sistema às atividades humanas, sendo uma medida e uma constatação de uma situação. Tem como principal característica o poder de sintetizar um conjunto complexo de informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados.

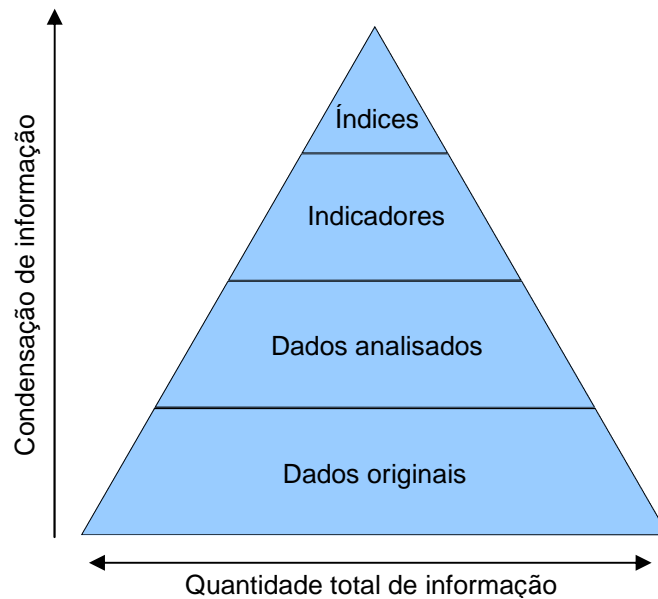
Segundo MARZALL e ALMEIDA (2000), um indicador deve fornecer uma resposta imediata às mudanças efetuadas ou ocorridas em um dado sistema, ser de fácil aplicação (custo e tempo adequados e viabilidade para efetuar a medida), deve permitir um enfoque integrado, relacionando-se com outros indicadores e permitindo analisar essas relações. Além disso, deverá ser útil e significativo para seus propósitos, além de compreensível.

Os mesmos autores notam que esta medida tem por objetivo caracterizar e acompanhar um dado sistema dentro de uma realidade conceitual, e dessa forma permitir:

- A quantificação de fenômenos complexos;
- A simplificação dos mecanismos e lógicas atuantes na área considerada;
- A determinação de como as ações humanas estão afetando seu entorno;
- Alertar para as situações de risco e conseqüente mobilização dos atores envolvidos;
- Prever situações futuras;
- Informar e guiar decisões políticas.

Para CAMPOS e RAMOS (2005b), a partir de um conjunto de dados (parâmetros ou variáveis), definem-se indicadores que quando utilizados em algum método de avaliação (métodos aritméticos ou regras de decisão) ou dentro de uma função de análise geram os sub-índices ou índices cujos valores servem como ferramentas de auxílio a tomadas de decisão e de análise de situações atuais e futuras, além de, simplificar ainda mais alguns parâmetros complexos. Seguindo estas definições, é possível construir uma pirâmide, onde seu topo é representado

por índices e indicadores, e na sua base, as informações originais não-tratadas, como apresentado na FIG. 4.1.



Fonte: GOUZEE *et al.* (1995) e BRAAT *et al.* (1991), *apud* GOMES *et al.* (2000)

FIG. 4.1 Pirâmide de informação

GOMES *et al.* (2000) apresentam alguns dos principais conceitos associados à utilização de indicadores e índices, que podem esclarecer algumas das dúvidas que a aplicação deste tipo de ferramenta pode gerar:

- **Parâmetro:** é uma grandeza que pode ser medida com precisão ou avaliada qualitativamente / quantitativamente, sendo relevante para a avaliação dos sistemas ambientais, econômicos, sociais e institucionais;
- **Indicador:** é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para refletir determinadas condições dos sistemas em análise;
- **Sub-índice:** é uma forma intermediária de agregação entre indicadores e índices;
- **Índice:** corresponde a um nível superior de agregação, onde depois de aplicado um método de agregação aos indicadores e/ou aos sub-índices, é obtido um valor final. Os métodos de agregação podem ser aritméticos ou heurísticos. Os algoritmos dos últimos são normalmente preferidos para aplicações de difícil

quantificação, enquanto os restantes são destinados para parâmetros facilmente quantificáveis e comparáveis com padrões.

Dentre as inúmeras aplicações de índices e indicadores, os mesmos autores citam:

- Atribuição de recursos: suporte de decisões, ajudando aos tomadores de decisão ou gestores na atribuição de fundos, alocação de recursos naturais e determinação de prioridades;
- Classificação de locais: comparação de condições em diferentes locais ou áreas geográficas;
- Cumprimento de normas legais: aplicação a áreas específicas para clarear e sintetizar a informação sobre o nível de cumprimento das normas ou critérios legais;
- Análise de tendências: aplicação a séries de dados para detectar tendências no tempo e no espaço;
- Informação ao público: informação ao público sobre os processos de desenvolvimento sustentável;
- Investigação científica: aplicações em desenvolvimentos científicos servindo nomeadamente de alerta para a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre determinadas questões.

Para o mesmo autor, ao ser selecionado um indicador e/ou construir um índice, se ganha em clareza e operacionalidade, e se perde em detalhe da informação. Então, os indicadores e índices são projetados para simplificar a informação sobre fenômenos complexos de modo a melhorar a comunicação.

4.3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE RELACIONADOS COM TRANSPORTE

De acordo com MACLAREN (1996) *apud* COSTA (2003), no que diz respeito aos indicadores de sustentabilidade, existem algumas características especiais que os diferem dos indicadores tradicionais, incluindo:

- Integração: permitem visualizar as conexões existentes entre as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade;
- Visão a longo prazo: permitem acompanhar o progresso em direção à sustentabilidade, ao revelar tendências e ao fornecer informações indiretas sobre o futuro da comunidade;
- Preocupação com as futuras gerações: devem medir a equidade intra e entre gerações. Podem focalizar ainda diferentes populações ou regiões geográficas;
- Desenvolvimento com a contribuição de múltiplos participantes: as experiências têm mostrado que os indicadores de maior influência e confiabilidade têm sido aqueles desenvolvidos a partir da contribuição de diferentes grupos.

Além destas, outras características dos indicadores de sustentabilidade são freqüentemente encontradas na literatura tais como: simplicidade, abrangência ou escopo, sensibilidade a mudanças, capacidade de quantificação, fácil compreensão, confiabilidade e relevância dentro do contexto aplicado.

Segundo Costa (2003), o processo de desenvolvimento de indicadores constitui uma etapa importante para a maior compreensão do referencial de sustentabilidade adotado por uma comunidade, permitindo ainda acompanhar os progressos realizados nesta direção. De fato, a construção de um referencial de desenvolvimento sustentável e a identificação de ferramentas que permitam seu acompanhamento, constituem processos paralelos e complementares que possibilitam, dentre outros fatores, visualizar de forma mais clara as interações existentes entre os diferentes níveis e dimensões fundamentais para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com o mesmo autor, um grande número de indicadores urbanos pode ser desenvolvido. No entanto, o tamanho ideal de um grupo de indicadores irá depender de fatores, como, o público ao qual se destina, a disponibilidade de dados e especificamente, das necessidades da comunidade que irá utilizá-lo. Do mesmo modo, diferentes estruturas ou modelos podem ser utilizados para a construção destes grupos.

Conforme MACLAREN (1996) *apud* COSTA (2003), uma revisão de trabalhos recentes relacionados à qualidade de vida, sustentabilidade urbana e relatórios sobre o estado do meio ambiente, permite identificar seis estruturas gerais que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. A primeira destas estruturas tem como base as principais dimensões consideradas para o desenvolvimento sustentável: social, econômica e ambiental. A segunda estrutura utilizada é desenvolvida com base nos objetivos ou metas relacionados ao desenvolvimento sustentável, exigindo a identificação dos objetivos por parte da comunidade e posteriormente, a identificação de indicadores para cada um individualmente ou para combinações dos mesmos. A terceira é caracterizada pelo desenvolvimento de indicadores dentro de diferentes setores, os quais tipicamente encontram-se sob a responsabilidade do governo, tais como: moradia, transportes, gerenciamento de resíduos, uso do solo ou serviços públicos. Já a quarta, é baseada em assuntos ou temas e organizada em torno de uma lista de questões-chave relacionadas à sustentabilidade, incluindo aspectos como o gerenciamento de resíduos, poluição do ar, educação, saúde, emprego, entre outros. A quinta estrutura que pode ser utilizada para a construção de um sistema de indicadores, baseia-se no princípio de causa e efeito, conhecida tipicamente como o modelo pressão-estado-resposta. Finalmente, a sexta estrutura baseia-se em uma combinação dos modelos descritos anteriormente, uma vez que este procedimento permite minimizar algumas das desvantagens encontradas para os mesmos.

BANISTER *et al.* (2000) *apud* CAMPOS e RAMOS (2005a) apresentam uma tabela de indicadores, obtida a partir de um inventário das questões-chave relacionadas com transporte e desenvolvimento sustentável, com base numa revisão de vários trabalhos. Esta tabela, reproduzida na TAB. 4.1, apresenta potenciais indicadores visando o desenvolvimento de metas para cada questão da sustentabilidade.

TAB. 4.1 Dimensão, questão e indicadores potenciais para a sustentabilidade – BANISTER

Dimensão	Questão	Indicadores potenciais
Social	Acessibilidade	Distância de caminhada aos serviços locais e atividades.
	Saúde	Dados sobre doenças relacionadas com o transporte.
		Número de dias com baixa qualidade do ar.
	Segurança	Taxa de acidentes em rodovias.
	Poluição sonora	Proporção da população afetada pelo barulho.
Intrusão visual	Proporção da população afetada por obstrução de visão.	
Econômica	Congestionamento	Veículos-quilômetros / comprimento da rodovia
	Corrosão de edificações	Emissões de NO _x .
	Danos em rodovias e pontes	HGV veículos-quilômetros.
Ambiental	Esgotamento de recursos	Consumo de energia.
	Mudanças climáticas	Emissões de CO ₂ ;
		Perda da terra para agricultura;
		Emissões de NO _x .
	Poluição do ar	Emissões de NO _x , CO, VOCs, e outros poluentes.
	Geração do lixo	Relação entre veículos jogados fora e veículos reciclados.
Poluição da água	Emissões de NO _x .	
Intrusão de infra-estrutura	Extensão da infra-estrutura de transportes.	

Fonte: BANISTER *et al.* (2000) *apud* CAMPOS e RAMOS (2005a)

O projeto PROPOLIS (LAUTSO *et al.*, 2004) propõe uma lista de indicadores distribuídos dentro das três dimensões da sustentabilidade, que são apresentados na TAB. 4.2. Estes indicadores propostos também são apresentados no relatório final do projeto SCATTER (GAYDA *et al.*, 2005). Um sistema de suporte à decisão foi utilizado para avaliar o conjunto de indicadores com o objetivo de chegar a um índice agregado, em relação a cada uma das três dimensões, considerando diferentes políticas de atuação e incluindo efeitos em longo prazo, para 20 anos. O sistema foi utilizado para testar sistematicamente e analisar políticas de atuação em sete cidades européias, utilizando diferentes tipos de modelos de uso do solo e de transportes.

TAB. 4.2 Indicadores de sustentabilidade – PROPOLIS

Dimensão	Tema	Indicador
Ambiental	Mudança climática global	- Gases do efeito estufa dos transportes.
	Poluição do ar	- Gases acidificantes dos transportes; - Compostos orgânicos voláteis dos transportes.

	Consumo de recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de derivados do petróleo; - Consumo de materiais de construção; - Utilização/ocupação do território pelos transportes e atividades.
	Qualidade ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Fragmentação de espaços abertos; - Qualidade de espaços abertos.
Social	Saúde	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição à poluição de partículas geradas pelos transportes do meio ambiente vivo; - Exposição ao dióxido de nitrogênio dos transportes do meio ambiente vivo; - Exposição ao ruído do tráfego; - Mortes no trânsito; - Danos no trânsito.
	Equidade	<ul style="list-style-type: none"> - Justiça na distribuição dos benefícios econômicos; - Justiça na exposição a partículas; - Justiça na exposição ao dióxido de nitrogênio; - Justiça na exposição à emissão do ruído; - Segregação.
	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Nível (padrão) da habitação (moradia); - Vitalidade do centro da cidade; - Vitalidade da região circundante; - Ganhos na produtividade gerados pelo uso do solo.
	Acessibilidade e trânsito	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo total passado no tráfego; - Nível de serviço dos transportes públicos e modos lentos; - Acessibilidade ao centro da cidade; - Acessibilidade aos serviços; - Acessibilidade aos espaços abertos.
Econômica	Rede total de benefícios do transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Custos de investimento; - Benefícios do utilizador de transporte; - Benefícios do operador de transporte; - Benefícios do governo gerados pelo transporte; - Custos externos gerados por acidentes de transporte; - Custo externo gerado pelas emissões de transporte; - Custos externos gerados pela emissão de gases do efeito estufa pelo transporte; - Custos externos gerados pelo ruído de tráfego.

Fonte: LAUTSO *et al.* (2004)

No projeto PROSPECTS (MINKEN *et al.*, 2001), os indicadores propostos estão diretamente relacionados com sub-objetivos da sustentabilidade urbana, que se tornaram objetivos da lista deste projeto. Estes indicadores são propostos em três níveis. No nível 1, os indicadores são medidas relacionadas com todos os aspectos dos objetivos, existindo a preocupação com os dados e com os métodos que podem ser utilizados para medir ou avaliar os impactos. No nível 2, os indicadores são medidas quantificáveis em relação ao alcance de um objetivo, existindo a preocupação com a viabilidade dos dados. E no nível 3, são apresentados os indicadores de análise qualitativa do nível de alcance das metas. Os indicadores do projeto são apresentados de forma simplificada na TAB. 4.3.

TAB. 4.3 Indicadores da sustentabilidade urbana – PROSPECTS

Objetivo	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Eficiência econômica	Análise custo-benefício	Custo do tempo e do dinheiro	
Vias e vizinhanças agradáveis		Acidentes por localização, modo de transporte e vítimas	Sensação de liberdade de movimento e nível de perigo
Proteção ao meio ambiente	Custos ambientais	Uso de energia e do solo, emissões	
Igualdade e inclusão social	Acessibilidade para aqueles sem carro ou com mobilidade reduzida	Perdedores e vencedores por categoria	
Redução de acidentes de tráfego	Custos de acidentes	Acidentes por localização, modo de transporte e vítimas	
Suporte ao crescimento econômico	Mudanças no PIB local		

Fonte: MINKEN *et al.* (2001)

No projeto TRANSPLUS (ISIS, 2003) foram realizadas uma vasta revisão bibliográfica e alguns estudos de caso para extrair indicadores integrados de transporte e uso do solo. O objetivo foi propor indicadores que pudessem ser utilizados no âmbito nacional, regional, urbano e suburbano, visando o monitoramento e avaliação de políticas, sendo divididos em três grupos:

(1) indicadores de *outputs*: relacionados com as atividades, sendo medidos por unidades físicas ou monetárias;

(2) indicadores de resultados: relacionados com um efeito imediato de uma política, como por exemplo, mudanças de comportamento, podendo ser indicadores de natureza física ou financeira;

(3) indicadores de impactos: estão relacionados com as conseqüências direta sobre a população envolvida, em função de políticas ou planos implementados.

Estes indicadores estão relacionados com três estratégias de integração de uso do solo e transporte: desenvolvimento orientado ao transporte, incentivo a deslocamentos de curta distância, e restrições ao uso do automóvel.

A TAB. 4.4 apresenta os indicadores segundo estas estratégias e suas direções desejadas de mudança. Com relação aos indicadores de *outputs*, estes são

divididos em três categorias de mudanças: na estrutura urbana, nas atividades de transporte e nos valores monetários. Os indicadores de resultados são definidos em função de objetivos específicos relacionados também com três tipos de mudanças: na eficiência do uso do solo, na intensidade das viagens e nas pressões econômicas. Já, os indicadores de impactos, expressam o objetivo global do desenvolvimento urbano sustentável, então, as categorias consideradas, são relacionadas com as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental.

TAB. 4.4 Indicadores integrados de transporte e uso do solo - TRANSPLUS

Indicadores de <i>outputs</i>			
Estratégia de integração	Mudanças na estrutura urbana	Mudanças nas atividades de transportes	Mudanças monetárias (custos e receitas)
Desenvolvimento orientado ao transporte público	<ul style="list-style-type: none"> - Extensão do transporte público urbano (TPU) por tipo (+); - Uso do solo dentro de uma distância "x" metros a partir das paradas dos TPU (+). 	<ul style="list-style-type: none"> - TPU – veículo x km (ou lugares x km) (+); - TPU – número de passageiros transportados (+); - Divisão modal no TPU (+); - Média de distância e tempo de viagem no TPU (-). 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos do operador de TPU (-); - Subsídios do TPU (-).
Desenvolvimento de facilidades para deslocamento por pequenas distâncias	<ul style="list-style-type: none"> - Área reservada a pedestres e ciclistas (+); - Comércio, escritórios e serviços por área construída disponível (+); - Comércio, escritórios e serviços por área construída ocupada (+). 	<ul style="list-style-type: none"> - Percentual de utilização de transporte não motorizado (+). 	
Restrição de espaço para automóveis	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas de acesso limitado / acesso com pagamento (+); - Locais limitados / pagamento de estacionamentos (+); - Espaço para estacionamento de veículos privados (-). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tráfego rodoviário (-); - Parcela de utilização do automóvel (-); - Ocupação do veículo (+); - Média de distância e tempo de viagem no automóvel (-); - Índice de congestionamento (-). 	<ul style="list-style-type: none"> - Custos dos usuários de automóvel (+).
Indicadores de resultados			
Estratégia de integração	Mudanças eficientes de uso do solo	Mudanças na intensidade de viagens	Mudanças de pressões econômicas
Desenvolvimento orientado ao transporte público	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de terra improdutivo para construções residenciais ou não (+); - Densidade de uso misto dentro das cidades (+); - Desenvolvimento polinuclear em áreas metropolitanas e regiões (+). 	<ul style="list-style-type: none"> - Propriedade de veículos (-); - Acessibilidade (+); - Volume total de viagens (veículo x km) per capita (-); - Volume total de viagens (veículo x km) por passageiro (-); - Tempo total de viagem per capita (-); - Tempo total de viagem por passageiro (-). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pressão sobre os negócios dos operadores de TPU (-); - Parcela de renda gasta em viagens (por modo e classe de renda) (-); - Disparidade nos custos de propriedade e manutenção (-); - Disparidade nos valores de uso do solo (terra, conjuntos residenciais, escritórios, comércio) (-).
Desenvolvimento de facilidades para deslocamento por pequenas distâncias			
Restrição de espaço para automóveis			
Indicadores de impacto no desenvolvimento sustentável			
Estratégia de integração	Dimensão econômica	Dimensão social	Dimensão ambiental
Desenvolvimento orientado ao transporte público	<ul style="list-style-type: none"> - Novas lojas e atividades de serviço e negócios (+); - Mudança no volume de negócios (+); - Balanço entre impostos e custos dos serviços locais (+); - Efeito multiplicador local e global (+). 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudança no número de residentes (+); - Mudança no número de residências (+); - Mudança no número de acidentes e pessoas mortas / feridas (-); - Mudança da população exposta a efeitos prejudiciais à saúde (-); - Mudança no mercado de trabalho (+); - Exclusão social (-). 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudança no consumo de energia (-); - Mudança na qualidade do ar (+); - Mudança na exposição ao som (-); - Mudança na qualidade e tipo de construção (+); - Mudança na viabilidade / acessibilidade a áreas verdes (+).
Desenvolvimento de facilidades para deslocamento por pequenas distâncias			
Restrição de espaço para automóveis			

Fonte: ISIS (2003)

NOTA: direção desejada de mudança: (+) aumentar, (-) reduzir.

Os indicadores de sustentabilidade são, não apenas necessários, mas indispensáveis para fundamentar as tomadas de decisão aos mais diversos níveis e nas mais diversas áreas, surgindo por todo o mundo iniciativas e projetos com o objetivo de definir estes indicadores (GOMES *et al.*, 2000). Estes, por sua vez, fornecem subsídios para a criação de outros grupos de indicadores, como os indicadores de mobilidade urbana sustentável.

4.4. INDICADORES DE MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

CAMPOS e RAMOS (2005a) propõem um conjunto de indicadores de mobilidade urbana sustentável, apresentados na TAB. 4.5, baseada nas três dimensões da sustentabilidade e na relação destas dimensões com a estrutura urbana e o transporte.

TAB. 4.5 Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável – CAMPOS e RAMOS

Dimensões da sustentabilidade	Ocupação / Estrutura urbana	Transporte
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Extensão de vias com <i>traffic calming</i>; - Parcela de interseções com faixas para pedestres; - Parcela de vias com calçadas; - População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer dentro de um raio de 500 metros das mesmas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Parcela de veículos (oferta de lugares) do TPU utilizando energia limpa; - Horas de congestionamento nos corredores de transportes próximos ou de passagem na região; - Acidentes com pedestres / ciclistas por 1000 habitantes.
Social	<ul style="list-style-type: none"> - População residente com distância média de caminhada inferior a 500 metros das estações / paradas de TPU; - Parcela de área de comércio (uso misto); - Diversidade de uso comercial e serviços dentro de um bloco ou quadra de 500 x 500 metros; - Extensão de ciclovias; - Distância média de caminhada para as escolas; - Número de lojas de varejo por área desenvolvida líquida; - População dentro de uma distância de 500 metros de vias com uso predominante de comércios e serviços. 	<ul style="list-style-type: none"> - Oferta de TPU (oferta de lugares); - Freqüência de TPU; - Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida; - Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio; - Demanda de viagens por automóveis na região; - Tempo médio de viagem TPU <i>versus</i> tempo médio de viagem por automóvel.
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> - Renda média da população / custo 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo médio de viagem no

	mensal do transporte público; - Baías para carga e descarga.	transporte público para o núcleo central de atividades; - Veículos-viagens / comprimento total da via ou corredor; - Parcela de veículos de carga com uso de energia menos poluente; - Total de veículos privados-viagens / per capita.
--	---	--

Fonte: CAMPOS e RAMOS (2005a)

Na definição do conjunto, os autores analisaram projetos e pesquisas em andamento, desenvolvidos principalmente em cidades européias, e que buscam estratégias e políticas de ocupação do território e de transportes que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável. Procuraram conjugar as características da ocupação urbana e uso do solo que incentivam o uso de caminhadas e bicicletas associadas a medidas que propiciem a utilização destes meios para satisfazer as necessidades e as atividades diárias da população de uma região, e a utilização do transporte público quando estas não puderem ser feitas dentro de um limite de uso do transporte não motorizado.

COSTA (2003) identificou indicadores para cidades selecionadas no Brasil e em Portugal nestes dois países, com base na preocupação principal de promover sua sustentabilidade, a partir da análise de 16 experiências nacionais e internacionais, em diferentes escalas. A TAB. 4.6 apresenta os sistemas analisados pela autora, bem como o número total de indicadores que incluem.

TAB. 4.6 Sistemas de indicadores analisados por COSTA

Sistema	Número de Indicadores
Indicadores da Agenda 21	132
Indicadores da UNCSD (2001)	62
Indicadores urbanos UNCHS (Habitat)	32
Indicadores de sustentabilidade baseados na Teoria da Orientação (BOSSSEL, 1997)	215
Base de dados de indicadores – Sustainable Measures	102
Categorias e variáveis relacionadas à sustentabilidade urbana (DICKY, 2001)	317
Indicadores Comuns Europeus	10
Sistema para Planejamento e Pesquisa em Centros e Cidades para a Sustentabilidade Urbana – SPARTACUS	28
Indicadores sobre a integração transporte e meio ambiente na União Européia – TERM	37
Indicadores para a integração das questões ambientais nas políticas de transportes – OECD	32

Indicadores do Reino Unido	48
Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – SIDS (Portugal)	132
Indicadores de Seattle	40
Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – IDS (IBGE)	50
Sistema Nacional de Indicadores Urbanos – SNIU (Brasil)	73
Índice de Qualidade de Vida Urbana de Belo Horizonte/MG – IQVUBH	40
Total	1.350

Fonte: COSTA *et al.* (2004)

A partir de uma estrutura de categorias e temas, foram identificados 465 indicadores relacionados à questão da mobilidade, do total de 1.350 que foram contemplados nos 16 sistemas selecionados. Posteriormente uma nova seleção foi realizada a fim de estabelecer um conjunto mínimo que pudesse ser submetido à avaliação de especialistas do Brasil e Portugal, onde foram eliminados indicadores que constituíam medidas semelhantes entre si ou eram totalmente inadequados para o nível urbano. Após esta fase, o conjunto a ser avaliado foi reduzido para 115 indicadores, que são apresentados na TAB. 4.7 divididos em categorias e temas.

TAB. 4.7 Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável – COSTA

Categoria	Tema	Indicador
Transporte e Meio Ambiente	Energia / Combustível	- Consumo per capita de combustível fóssil por transporte em veículo motorizado; - Eficiência energética do transporte de passageiros e carga; - Energia final consumida pelo setor de transportes; - Intensidade no uso de energia: transportes; - Proporção de energia originada de fontes de combustível fósseis e não-fósseis.
	Impacto ambiental	- Descargas acidentais de óleo no mar por navios; - Fragmentação de terras e florestas; - Impactos do uso de automóveis; - Proximidade de infra-estrutura de transportes a áreas protegidas; - Resíduos gerados por veículos rodoviários.
	Qualidade do ar	- Dias por ano em que os padrões de qualidade do ar não são atendidos; - Emissão de gases acidificantes pelos transportes; - Emissão de gases que geram o efeito estufa pelos transportes; - Emissões causadas pelos transportes e intensidade das emissões; - População exposta à poluição do ar causada pelos transportes; - Qualidade do ar.
	Ruído	- Medidas de minimização de ruído; - Poluição Sonora;

		<ul style="list-style-type: none"> - População exposta ao ruído acima de 65 dB (A) causado pelos transportes; - Ruído de tráfego: exposição e incômodo.
Gestão da Mobilidade Urbana	Despesas / Investimentos / Estratégias econômicas	<ul style="list-style-type: none"> - Capital investido por modo; - Despesas públicas com transporte privado; - Despesas públicas com transporte público; - Investimentos em infra-estrutura de transportes; - Subsídios diretos aos transportes; - Taxação relativa de veículos e utilização de veículos.
	Gerenciamento / Monitoração	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação de impacto ambiental; - Gerenciamento efetivo do tráfego / fiscalização; - Sistemas nacionais para monitoração dos transportes e meio ambiente.
	Medidas para incremento da mobilidade urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de planos municipais para a redução das viagens; - Estabelecimento de regulamentação para densidades mínimas na cidade; - Implementação de estratégias ambientais para o setor de transportes; - Medidas: operação eficiente da frota de veículos; - Melhoria dos transportes; - Priorizar viagens eficientes (a pé ou por bicicleta).
	Novas tecnologias	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de combustíveis limpos e número de veículos que utilizam combustíveis alternativos; - Gastos com pesquisa e desenvolvimento de "combustíveis limpos"; - Gastos com pesquisa e desenvolvimento de "veículos ecológicos"; - Novas formas de transporte; - Possível custo inicial de veículos ecológicos; - Uso de tecnologia de cartões inteligentes; - Vida útil dos veículos ecológicos.
Infra-Estrutura e Tecnologias	Frota	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura da frota de veículos rodoviários; - Idade média dos veículos; - Percentagem da frota municipal convertida para reduzir a emissão de poluentes; - Propriedade de automóveis privados; - Relação entre veículos com consumo eficiente de combustível / veículos com consumo ineficiente de combustível; - Veículos em circulação.
	Infra-estrutura / Sistema viário	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade das redes de infra-estrutura de transportes; - Comprimento total das vias para ciclistas; - Desenvolvimento de vias para otimizar o fluxo de tráfego; - Estrutura da rede viária; - Extensão total das vias designadas para pedestres; - Número de estacionamentos para carros na cidade; - Possibilidade de acesso de transporte coletivo (pavimentação); - Provisão de infra-estrutura para <i>traffic calming</i> e vias para bicicletas e pedestres.
	Tecnologias e serviços de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de bicicletas em cidades menos desenvolvidas; - Mudanças nos modos de transporte; - Tendências do tráfego rodoviário e densidades; - Transporte de carga por modo; - Transporte de passageiros por modo de transporte.

	Tráfego	<ul style="list-style-type: none"> - Congestionamento de tráfego; - Densidade de tráfego; - Geração de volume de tráfego e tipo; - Taxa de ocupação dos veículos de passageiros; - Tempo total gasto no tráfego; - Velocidade de tráfego.
Planejamento Espacial e Demanda por Transporte	Acesso aos serviços e atividades urbanas	<ul style="list-style-type: none"> - Acessibilidade ao bairro; - Acessibilidade ao centro; - Acesso aos serviços básicos; - Acesso aos serviços de transportes; - Percentagem de empregos situados a até três quilômetros de distância das residências; - Percentagem de pessoas que vivem a até três quilômetros de distância das facilidades de lazer.
	Desenvolvimento urbano / Uso do solo	<ul style="list-style-type: none"> - Área total em categorias significativas de uso do solo; - Áreas verdes versus áreas destinadas ao automóvel privado; - Desconcentração das atividades; - Forma urbana; - Incentivo ao uso misto / alta densidade; - Mudanças no uso do solo devido à infra-estrutura de transportes; - Planejamento do uso do solo urbano; - Políticas de uso do solo para pedestres, ciclistas e transporte público.
	População urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento do número de unidades unifamiliares comparado ao crescimento da população; - Densidade populacional; - Estrutura etária da população; - Rendimento familiar per capita; - Taxa de crescimento da população.
	Viagens / Deslocamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Deslocamento de crianças para a escola; - Distância aos serviços básicos; - Distância média entre os moradores e os demais membros de sua família; - Distância percorrida a pé ou por bicicleta per capita por dia; - Mobilidade local e passageiros transportados; - Número de pessoas vivendo e trabalhando no local; - Percentagem de pessoas que utilizam o automóvel para viagens com distância inferior a três quilômetros; - Tempo de viagem.
Aspectos Socioeconômicos do Transporte	Custos / Preços / Tarifas	<ul style="list-style-type: none"> - Custo por passageiro transportado, corrigido pela inflação; - Evolução dos preços dos diferentes tipos de combustíveis e eletricidade; - Mudanças reais nos preços de transporte por modo; - Preço dos combustíveis e taxas; - Tendências dos preços do transporte público.
	Impactos sócio-econômicos dos transportes	<ul style="list-style-type: none"> - Benefícios dos usuários de transportes; - Custos do congestionamento; - Custos sociais dos transportes; - Rendimentos dos operadores de transportes.
	Segurança	<ul style="list-style-type: none"> - Acidentes fatais de transportes; - Feridos por acidentes de tráfego; - Número de crimes violentos ocorridos no trânsito; - Pedestres e ciclistas feridos em acidentes de trânsito; - Segurança e proteção para as vias residenciais.

	Transporte Público	- Demanda por transporte de passageiros; - Disponibilidade de transporte público; - Fator de diversidade para serviços de transporte; - Necessidade de sistemas de transporte; - Nível de serviço do transporte público e modalidades lentas; - Percentagem de pessoas que consideram o transporte público inseguro; - Percentagem de pessoas que escolhem o transporte público em detrimento ao carro.
--	--------------------	---

Fonte: COSTA (2003)

O projeto *Mobility 2030* (WBCSD, 2004) propôs um conjunto de doze indicadores de mobilidade sustentável, projetados para refletir fatores relevantes para obter a mobilidade sustentável. A forma de medir os indicadores foi dividida em duas: mobilidade pessoal, onde as pessoas são o centro, e mobilidade de carga, onde as mercadorias são levadas em consideração. Os indicadores com foco na mobilidade pessoal e suas respectivas forma de medir são apresentados a seguir:

- Acessibilidade: soma da porcentagem de famílias que possuem acesso a veículos próprios motorizados e da porcentagem de famílias localizadas a certa distância do transporte público com uma determinada qualidade mínima;
- Custos financeiros exigidos pelos usuários: parte do orçamento individual ou da família dedicado para a viagem;
- Tempo de viagem: tempo médio requerido da origem até o destino, incluindo todas as mudanças de veículo / modo e os tempos de espera;
- Credibilidade: variedade no tempo da viagem porta-a-porta para o típico usuário do sistema de mobilidade;
- Segurança (riscos): probabilidade quem um indivíduo tem morrer ou sofrer lesões em um acidente enquanto utiliza um sistema de mobilidade, e o total de número de mortes e lesões graves por ano pela categoria (aeronave, automóvel, caminhão, ônibus, motocicleta, bicicleta, pedestre);
- Segurança do sistema de transporte: para indivíduos, a probabilidade de ser hostilizado, roubado, ou fisicamente agredido durante a viagem. Acrescidos para a sociedade, o total do número de acidentes;
- Emissão de gases estufa: emissões de gases estufa por período de tempo medidas em unidades equivalentes de carbono;

- Impacto no meio ambiente e no bem-estar público: emissões ligadas ao transporte convencional (gás carbônico, óxido de nitrogênio, particulados e chumbo por período de tempo), impacto no ecossistema e no uso da terra, e ruídos relacionados ao transporte (número de indivíduos ou porcentagem da população exposta a níveis de ruídos no decorrer de vários períodos de tempo);
- Utilização de recursos: uso de energia relacionada a transporte (total da utilização de determinados combustíveis) e credibilidade (porcentagem de quantidade de energia de uma região vinda de fora ou providas de fontes incertas), uso do solo relacionado a transporte (quantidade de terra dedicada às atividades de transporte) e uso de material relacionado a transporte (volume total de material utilizado pelo setor de transporte);
- Implicações na equidade: distribuição dos valores da mobilidade sustentável em diferentes grupos da população;
- Impactos na renda e nos gastos públicos: nível ou mudança no nível do capital público e gastos operacionais para fornecer serviços e infra-estrutura de transporte;
- Taxa esperada de retorno para o setor privado: custos capitais e operacionais, rendimentos privados, rendimentos fornecidos pelo governo (subsídios) e custos impostos por políticas regulamentadas pelo governo.

4.5. AVALIAÇÃO DE INDICADORES

Neste item apresentam-se processos e avaliações de três grupos de indicadores. O primeiro grupo é o de indicadores de sustentabilidade do projeto PROPOLIS (LAUTSO *et al.*, 2004), o segundo e o terceiro, são os indicadores de mobilidade urbana sustentável de CAMPOS e RAMOS (2005a) e de COSTA (2003), respectivamente, sendo que só o último autor não apresentou a formulação de um índice.

4.5.1. AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SEGUNDO O PROJETO PROPOLIS

A finalidade do projeto PROPOLIS (LAUTSO *et al.*, 2004) foi criar um método com o qual o impacto de políticas urbanas nos indicadores de sustentabilidade poderia ser sumarizado de certo modo a formar valores explícitos, sendo assim, definidos índices de sustentabilidade em três etapas:

- Geração de uma lista de indicadores, baseada no uso do solo e em modelos de transporte;
- Atribuição de valores aos indicadores;
- Atribuição de pesos aos indicadores.

Cada indicador deve estar associado a um peso que determina a sua importância em relação a outros indicadores com o objetivo de obter o efeito sobre o índice em função de mudanças no valor do indicador. Além disso, para fazer a associação de pesos é necessário que os indicadores estejam mensurados numa mesma escala utilizando uma função de valor (LAUTSO *et al.*, 2004).

O processo para obtenção dos pesos para os temas e para os indicadores foi o seguinte:

- Como o projeto foi aplicado em sete cidades europeias, cada cidade representava um grupo. Cada membro dos grupos associou pesos aos indicadores;
- Os pesos foram discutidos entre os membros de cada grupo, podendo estes mudarem de opinião depois de ouvirem novos argumentos;
- A taxa média de cada grupo foi calculada;
- As avaliações de cada grupo foi discutida em encontros e com autoridades das cidades, podendo novamente os grupos mudarem de opiniões;
- Um conjunto comum de pesos foi calculado a partir de uma média geométrica dos pesos dos grupos;
- O conjunto comum de pesos foi discutido com as autoridades de cada cidade.

O resultado da análise realizada com os indicadores do projeto PROPOLIS com seus respectivos pesos é apresentado na TAB. 4.8. Nesta lista não foram avaliados indicadores da dimensão econômica da sustentabilidade, por se tratar de uma análise benefício/custo de cada localidade.

TAB. 4.8 Temas, indicadores e seus respectivos pesos de sustentabilidade - PROPOLIS

Dimensão	Tema	Indicador	Pesos
Ambiental	Mudança climática global	- Gases do efeito estufa dos transportes.	0,216
	Poluição do ar	- Gases acidificantes dos transportes;	0,132
		- Compostos orgânicos voláteis dos transportes.	0,093
	Consumo de recursos naturais	- Consumo de derivados do petróleo; - Consumo de materiais de construção; - Utilização/ocupação do território pelos transportes e atividades.	0,147 0,085 0,111
	Qualidade ambiental	- Fragmentação de espaços abertos;	0,134
		- Qualidade de espaços abertos.	0,082
Social	Saúde	- Exposição à poluição de partículas geradas pelos transportes no meio ambiente vivo;	0,075
		- Exposição ao dióxido de nitrogênio dos transportes no meio ambiente vivo;	0,059
		- Exposição ao ruído do tráfego;	0,067
		- Mortes no trânsito;	0,106
		- Danos no trânsito.	0,070
	Equidade	- Justiça na distribuição dos benefícios econômicos;	0,051
		- Justiça na exposição a partículas;	0,044
		- Justiça na exposição ao dióxido de nitrogênio;	0,043
		- Justiça na exposição à emissão do ruído;	0,042
	Oportunidades	- Segregação.	0,050
- Nível (padrão) da habitação (moradia);		0,048	
Acessibilidade e trânsito	- Vitalidade do centro da cidade;	0,031	
	- Vitalidade da região circundante;	0,031	
	- Ganhos na produtividade gerados pelo uso do solo.	0,054	
	- Tempo total passado no tráfego;	0,046	
	- Nível de serviço dos transportes públicos e modos lentos;	0,058	
		- Acessibilidade ao centro da cidade;	0,040
		- Acessibilidade aos serviços;	0,046
		- Acessibilidade aos espaços abertos.	0,041
Econômica	Rede total de benefícios do transporte	- Custos de investimento; - Benefícios do utilizador de transporte; - Benefícios do operador de transporte; - Benefícios do governo gerados pelo transporte; - Custos externos gerados por acidentes de transporte; - Custo externo gerado pelas emissões de transporte; - Custos externos gerados pela emissão de gases do efeito estufa pelo transporte; - Custos externos gerados pelo ruído de tráfego.	

Fonte: LAUTSO *et al.* (2004)

O relatório final do projeto apresenta a forma de medição dos indicadores, além de uma fórmula geral para o cálculo de índices de sustentabilidade (SI), que é a seguinte:

$$SI = \sum_{i=1}^n w_i \times v_i(x_i) \quad \text{EQ. 4.1}$$

onde:

SI = índice de sustentabilidade;

n = número de indicadores;

w_i = pesos dos indicadores;

v_i = valor específico do indicador determinado por uma função;

x_i = valor do indicador.

4.5.2. INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL SEGUNDO CAMPOS E RAMOS

O objetivo principal da formulação da lista de indicadores de CAMPOS e RAMOS (2005a), apresentada no item 4.4, foi a definição de um índice de mobilidade sustentável para uma região. Para a definição deste índice, foi desenvolvido um modelo com base na técnica de avaliação multicritério denominada Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierachy Process – AHP*), que compreende a obtenção de um peso para cada indicador e grupo de indicadores.

Segundo MENDES (2004) *apud* CAMPOS e RAMOS (2005a), a análise multicritério tem se mostrado uma ferramenta importante quando na avaliação de cenários e na tomada de decisão se utilizam vários critérios ou indicadores, qualitativos e/ou quantitativos, combinados de forma a fornecer uma idéia mais aproximada da situação sobre a qual se pretende decidir.

Os indicadores propostos foram distribuídos em diferentes grupos de análise, no caso em temas relacionados com o objetivo fim ou estratégia de um conjunto de indicadores, considerando-se os principais objetivos da mobilidade sustentável.

De acordo com CAMPOS e RAMOS (2005a), os principais objetivos da mobilidade sustentável seriam:

- Aumentar o uso do transporte público e do transporte não motorizado, integrando transporte e uso do solo;
- Melhorar a qualidade ambiental;
- Racionalizar o uso do automóvel;
- Promover a economia urbana.

Assim, CAMPOS e RAMOS (2005a) consideram cinco temas:

- Incentivo ao uso do transporte público: visa políticas de uso do solo e transportes que induzam a utilização do transporte público;
- Incentivo ao transporte não motorizado: considera políticas de uso e ocupação do solo que incentivam a caminhada e uso de bicicleta;
- Conforto ambiental e segurança: compreende fatores de transporte e de uso do solo que têm uma relação com a segurança de pedestres e ciclistas e com a qualidade ambiental;
- Conjunção transporte e atividade econômica: compreende fatores relacionados aos custos de transporte e a economia urbana;
- Intensidade de uso do automóvel: compreende fatores indicativos da utilização do veículo privado na região.

A metodologia formulada com base no Processo Analítico Hierárquico foi aplicada a um grupo de técnicos e especialistas relacionados com o problema em análise, onde foram analisados os indicadores por tema e os temas separadamente, de forma a se obter o peso relativo de cada indicador, utilizando-se a comparação Par a Par, desenvolvida por SAATY em 1980.

Após o desenvolvimento de todas as etapas de pesquisa com os especialistas e análise das respostas, foram obtidos os pesos de cada indicador assim como de cada tema. Os indicadores e temas, com seus respectivos pesos e influências, são apresentados na TAB. 4.9.

TAB. 4.9 Temas, indicadores e pesos da mobilidade urbana sustentável segundo CAMPOS e RAMOS

Tema	Peso	Indicador	Peso	Influência
Incentivo ao uso do transporte público	0,26	- Oferta de TPU (oferta de lugares)	0,28	+
		- Frequência de TPU	0,22	+
		- Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida	0,19	+
		- Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio	0,13	-
		- População residente com distância média de caminhada inferior a 500 metros das estações / paradas de TPU	0,18	+
Incentivo ao transporte não motorizado	0,25	- População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer dentro de um raio de 500 metros das mesmas	0,09	+
		- Parcela de área de comércio (uso misto)	0,10	+
		- Diversidade de uso comercial e serviços dentro de um bloco ou quadra de 500 x 500 metros	0,13	+
		- Extensão de ciclovias	0,13	+
		- Distância média de caminhada para as escolas	0,26	-
		- Número de lojas de varejo por área desenvolvida líquida	0,11	+
Conforto ambiental e segurança	0,29	- População dentro de uma distância de 500 metros de vias com uso predominante de comércios e serviços	0,18	+
		- Extensão de vias com <i>traffic calming</i>	0,11	+
		- Parcela de veículos (oferta de lugares) do TPU utilizando energia limpa	0,08	+
		- Parcela de vias com calçadas	0,22	+
		- Acidentes com pedestres / ciclistas por 1000 habitantes	0,31	-
		- Parcela de interseções com faixas para pedestres	0,21	+
		- Parcela de veículos de carga com uso de energia menos poluente	0,07	+
Conjunção transporte e atividade econômica	0,11	- Custo médio de viagem no transporte público para o núcleo central de atividades	0,29	-
		- Renda média da população / custo mensal do transporte público	0,38	+
		- Baias para carga e descarga	0,07	+
		- Tempo médio de viagem TPU <i>versus</i> tempo médio de viagem por automóvel	0,26	+
Intensidade de uso do automóvel	0,09	- Veículos-viagens / comprimento total da via ou corredor	0,14	-
		- Total de veículos privados-viagens / per capita	0,19	-
		- Demanda de viagens por automóveis na região	0,26	-
		- Horas de congestionamento nos corredores de transportes próximos ou de passagem na região	0,41	-

Fonte: CAMPOS e RAMOS (2005a)

A partir da formulação dos pesos para os indicadores, os autores propuseram uma equação para o cálculo do índice de mobilidade sustentável para cada região (r) de análise, que é apresentada a seguir:

$$IMS = \sum_{t=1}^m w_t \left(\sum_{i=1}^n a_i w_i X_i \right) \quad \text{EQ. 4.2}$$

onde:

IMS = índice de mobilidade sustentável;

w_t = peso resultante atribuído ao tema t;

a_i = parâmetro que recebe o valor 1 ou -1, dependendo se o indicador contribui positivamente ou negativamente para a mobilidade sustentável;

w_i = peso resultante atribuído ao indicador i;

X_i = valor normalizado do indicador i, para cada região r analisada;

t = tema relacionado com os principais objetivos da mobilidade sustentável;

m = número de temas;

n = número de indicadores considerados por tema.

4.5.3. INDICADORES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL SEGUNDO COSTA

Todos os critérios (categorias, temas e indicadores) foram submetidos à avaliação por parte de especialistas de Brasil e Portugal, com o objetivo de determinar a importância relativa para a monitoração da mobilidade urbana. A avaliação foi desenvolvida com base no Processo Analítico Hierárquico, resultando em pesos para cada elemento considerado (COSTA *et al.*, 2004). As categorias, temas e seus respectivos pesos obtidos na avaliação para Brasil e Portugal são apresentados na TAB. 4.10.

TAB. 4.10 Categorias, temas e pesos obtidos relacionados à monitoração da mobilidade urbana sustentável para Brasil e Portugal

Categoria	Tema	Peso	
		Brasil	Portugal
Transportes e meio ambiente (A)	Energia / combustíveis	0,198	0,104
	Impactos ambientais	0,257	0,223
	Qualidade do ar	0,311	0,415
	Ruídos de tráfego	0,234	0,258
Gestão da mobilidade urbana (G)	Despesas / investimentos / estratégias econômicas	0,286	0,240

	Gerenciamento / monitoração	0,236	0,183
	Medidas para o incremento da mobilidade urbana	0,271	0,335
	Novas tecnologias	0,207	0,243
Infra-estrutura e tecnologias de transporte (I)	Frota	0,167	0,126
	Infra-estrutura / sistema viário	0,264	0,430
	Tecnologias e serviços de transportes	0,252	0,181
	Tráfego	0,316	0,264
Planejamento espacial e demanda por transportes (P)	Acesso aos serviços e atividades urbanas	0,313	0,397
	Desenvolvimento urbano / uso do solo	0,222	0,211
	População urbana	0,267	0,079
	Viagens / deslocamentos	0,199	0,313
Aspectos socioeconômicos dos transportes (S)	Custos / preços / tarifas	0,264	0,086
	Impactos socioeconômicos dos transportes	0,233	0,184
	Segurança	0,244	0,377
	Transporte público	0,258	0,353

Fonte: COSTA *et al.* (2004)

A partir dos pesos obtidos para todos os temas avaliados foram obtidos *scores* ou valores finais (cuja soma vale um) para os 115 indicadores de mobilidade submetidos à análise do painel de especialistas brasileiros e portugueses, gerando um valor final que traduz prioridades para o conjunto de indicadores, considerando de forma particular os resultados obtidos para os dois países (COSTA *et al.*, 2004).

COSTA (2003), com base nesta avaliação, identificou um conjunto comum de indicadores de mobilidade para as cidades brasileiras e portuguesas, sugerindo os indicadores que obtiveram os melhores resultados para os dois países em simultâneo. A TAB. 4.11 apresenta estes indicadores por categoria e por tema, e seus respectivos pesos no Brasil e em Portugal.

TAB. 4.11 Categorias, temas, indicadores e seus respectivos pesos

Categoria	Tema	Indicador	Peso (Brasil)	Peso (Portugal)
A	Impactos ambientais	- Fragmentação de terras e florestas	0,160	0,234
		- Impactos do uso de automóveis	0,292	0,263
		- Resíduos gerados por veículos rodoviários	0,278	0,305
	Qualidade do ar	- Dias por ano em que os padrões de qualidade do ar não são atendidos	0,109	0,180
		- Emissão de gases acidificantes pelos transportes	0,110	0,118
		- Emissão de gases que geram o efeito estufa pelos transportes	0,093	0,109

		- Emissões causadas pelos transportes e intensidade das emissões	0,188	0,254
		- População exposta à poluição do ar causada pelos transportes	0,292	0,247
	Ruído de tráfego	- Poluição sonora	0,340	0,197
		- População exposta ao ruído acima de 65 dB (A) causado pelos transportes	0,267	0,478
		- Ruído de tráfego: exposição e incômodo	0,187	0,255
G	Despesas / investimentos / estratégias econômicas	- Investimentos em infra-estrutura de transportes	0,308	0,239
	Gerenciamento / monitoração	- Gerenciamento efetivo do tráfego / fiscalização	0,226	0,357
		- Sistemas nacionais para a monitoração dos transportes e meio ambiente	0,477	0,436
	Medidas para o incremento da mobilidade urbana	- Desenvolvimento de planos municipais para a redução das viagens	0,191	0,247
P	Acesso aos serviços e atividades urbanas	- Acessibilidade ao centro	0,139	0,128
		- Acesso aos serviços básicos	0,325	0,339
		- Acesso aos serviços de transportes	0,249	0,190
	Desenvolvimento urbano / uso do solo	- Planejamento do uso do solo urbano	0,184	0,193
	População urbana	- Densidade populacional	0,352	0,362
- Taxa de crescimento da população		0,228	0,317	
	Viagens / deslocamentos	- Mobilidade local e passageiros transportados	0,269	0,170
S	Segurança	- Acidentes fatais de transportes	0,225	0,235
		- Segurança e proteção para as vias residenciais	0,185	0,321

Fonte: COSTA *et al.* (2004)

4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a utilização de indicadores em diversos trabalhos mostram a importância destes na aplicação de metodologias e análises de sistemas de transportes.

É vasta a literatura sobre indicadores de sustentabilidade, abrangendo as suas principais dimensões (social, ambiental e econômica). A formulação de indicadores para análise da mobilidade sustentável é recente, e mostra uma outra faceta da mobilidade e da sustentabilidade.

Os grupos de indicadores de sustentabilidade detalhados neste capítulo, apresentam alguns indicadores com aspecto qualitativo e outros difíceis de serem

analisados, sendo difícil mensurá-los. Pode-se citar como exemplo o indicador: dados sobre doenças relacionadas com o transporte; que é proposto pelo primeiro grupo, possuindo uma ampla abrangência. O conjunto de indicadores do projeto TRANSPLUS (ISIS, 2003) apresenta um aspecto mais quantitativo, mas também possui indicadores que são difíceis de serem calculados, como, por exemplo, o indicador: uso de terra improdutiva para construções residenciais ou não.

Com relação aos grupos de indicadores de mobilidade sustentável apresentados, os primeiros autores (CAMPOS e RAMOS) tiveram a preocupação de proporem um grupo de indicadores mensurável e voltado para os centros urbanos, facilitando a análise do fenômeno. O segundo autor (COSTA) teve a mesma preocupação, mas apresentando indicadores mais difíceis de serem mensurados pela sua abrangência e nem sempre relacionados com o meio urbano, como, por exemplo, os indicadores: descargas acidentais de óleo no mar por navios e estrutura da frota de veículos rodoviários.

5. O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E A ANÁLISE ESPACIAL

5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Sistema de Informações Geográficas (SIG), como uma importante ferramenta no suporte de decisão no planejamento e na operação de transportes, tem se mostrado como um solucionador de problemas relacionados aos dados geográficos, sendo capaz de tratar e armazenar as relações topológicas entre objetos.

A partir da estatística espacial, um dos principais campos da análise espacial, é possível determinar a localização de agrupamento ou dispersão de dados espaciais, determinando o grau de dependência espacial entre as observações.

A união destas ferramentas possibilita que o SIG vá além da formulação de mapas temático, e a análise espacial, da estatística convencional.

Como este trabalho se propõe a utilizar a estatística espacial associada ao SIG, este capítulo apresenta uma abordagem geral destas duas técnicas. Primeiramente será apresentada uma conceituação sobre o SIG, sendo abordadas suas principais características, vantagens e funções. Em um segundo momento, será destacada a importância da análise espacial, dando um enfoque nas ferramentas da estatística espacial e da análise espacial de dados em área, que serão utilizadas no procedimento deste trabalho.

5.2. O SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um importante suporte para o planejamento de transporte porque ajuda a capturar, armazenar, analisar, e exibir informação geográfica baseada na sua localização – uma característica bastante significativa para o transporte e, portanto, para sua informação (NYERGES, 1995). Este sistema está sendo considerado atualmente como a melhor ferramenta para

solucionar problemas de organização de dados relacionados com o espaço geográfico e, segundo SILVA (1998), vêm crescendo de importância em diferentes campos de aplicação no Brasil, a exemplo do que acontece no resto do mundo.

DUEKER e KJERNE (1989), FICCDC (1988), NYERGES e DUEKER (1988) *apud* NYERGES (1995) definem SIG de uma forma mais abrangente como sendo:

“Uma combinação de dados, *software*, *hardware*, e combinações pessoais e institucionais, destinado a capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir informação orientada espacialmente para tratar questões complexas de planejamento e controle como parte de construção, planejamento, manutenção, controle e funcionamento de políticas, e evolução de sistemas de transporte.”

Segundo CÂMARA *et al.* (2000a), o termo Sistema de Informações Geográficas é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. A ferramenta oferece ao usuário uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

FOOTE e LYNCH (1997) *apud* SILVA *et al.* (2004) definem o SIG como bases de dados digitais de propósito especial ao qual um sistema de coordenadas espaciais comum é o meio primário de referência. Para os autores, toda informação em um SIG é vinculada a um sistema de referências espaciais (geo-referências), o qual é utilizado para armazenamento e acesso às informações, exercendo um importante papel em tomadas de decisão.

De acordo com PAREDES (1994) *apud* ROSE (2001), o SIG realiza as seguintes funções básicas:

- Aquisição de dados: relacionada com a coleta de dados e a conversão dos mesmos para serem empregados num SIG. Estes dados podem ser apresentados

na forma de tabelas de atributos, mapas, arquivos digitais de mapas e dados associados de atributos, levantamentos topográficos e aerofotogramétricos, imagens de satélites, dados de população, seja em arquivos pré-existentes ou inseridos através do teclado, *scanner* ou mesa digitalizadora;

- Gerenciamento de dados: consiste na inserção, remoção ou modificação dos dados e inclui operações como, armazenamento em banco de dados, manutenção e recuperação de dados, preservação da integridade dos dados, controle do processo e manipulação de arquivos;

- Análise, consulta e manipulação de dados: determinam quais informações podem ser geradas pelo SIG, podendo ser usadas as funções de seleção e agregação de informações, controle da geometria e topologia, conjugação de informações temáticas e extração de informações estatísticas;

- Exibição de resultados: as funções de relatórios de saída variam mais na qualidade, precisão e facilidade do que em recursos disponíveis, podendo ser apresentados como mapas, tabelas de valores, textos impressos ou arquivos digitais.

De acordo com CÂMARA *et al.* (2000a), numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes:

- Interface com usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Funções de consulta e análise espacial;
- Visualização e impressão;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob forma de um banco de dados geográficos).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de banco de dados geográficos oferece

armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos (CÂMARA *et al.*, 2000a).

De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados.

Um SIG está baseado em operações de consulta e manipulação de dados geográficos, utilizando-se de atributos espaciais e não espaciais de entidades gráficas para simulações sobre aspectos e parâmetros de fenômenos reais (CANDEIAS *et al.*, 1998 *apud* SILVA, 2004).

Independentemente de suas inúmeras definições e finalidades, os SIG apresentam como característica comum a capacidade de tratar e armazenar as relações topológicas entre os objetos, permitindo sua apresentação em diferentes sistemas de coordenadas.

Segundo VIVIANI (1998) *apud* ROSE (2001), outra potencialidade dos SIG é a criação de mapas temáticos, unindo as informações da base de dados de atributos ao mapa. Um mapa temático apresenta uma visão geográfica compreensível que é mais facilmente interpretada que um relatório textual, especialmente para grandes volumes de dados com muitas comparações. Desta forma, um SIG combina a habilidade gráfica de um sistema com a capacidade de armazenamento da informação de uma base de dados. A FIG. 5.1 apresenta um mapa temático que ilustra a renda por responsável nos domicílios do Município de Belo Horizonte, segundo o censo realizado na cidade em 2000.

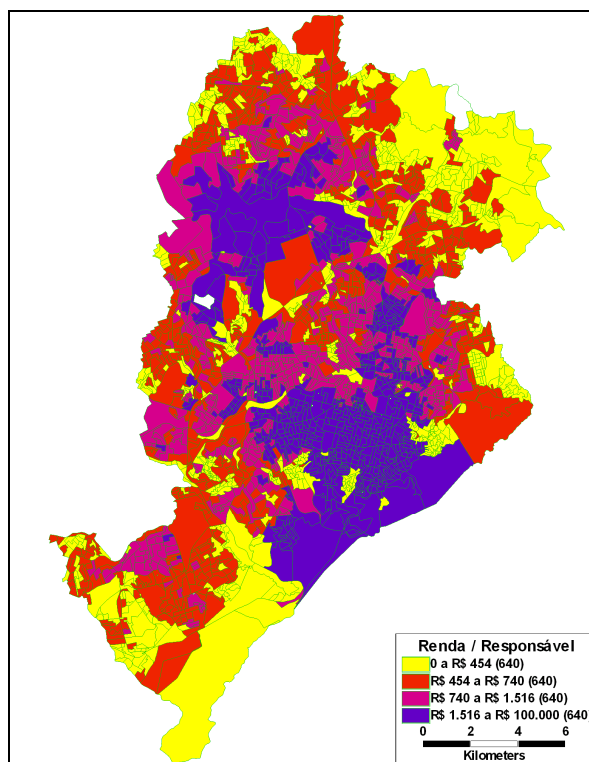


FIG. 5.1 Mapa temático da renda por responsável em Belo Horizonte

Existem atualmente diversos programas (*software*) de SIG no mercado, cada um com seus propósitos, limitações e vantagens, e, na prática, sua função depende do uso específico que lhe está sendo dado. De acordo com SILVA (2004), existem várias formas de utilização de um SIG: como um sistema de processamento de dados para visualização de mapas, como um sistema de análise de dados para projeto e planejamento de espaços, como um sistema de obtenção de informações a respeito de determinado local, como um sistema de suporte a decisões etc. Os SIG evoluíram no intuito de atingir as principais necessidades do mercado, portanto todos acabaram por ter funções semelhantes. Porém, mesmo assim, eles apresentam diferenças na execução de cada função. Nenhum *software* é melhor que outro em todos os sentidos, cada um tem suas particularidades.

Para SILVA (2004), os SIG baseiam-se no fato de que um objeto no espaço geográfico pode ser descrito através de um sistema de coordenadas (latitude, longitude, altitude, posição relativa), de suas propriedades (atributos) e de suas relações (topologia), compondo desta forma um conjunto de dados espaciais e não espaciais. A capacidade de ligar elementos espaciais a seus atributos é o seu princípio básico, de forma que qualquer elemento pode ser localizado a partir de

seus atributos, assim como podem ser identificados os atributos de qualquer elemento cuja localização seja conhecida. A relação de elementos e atributos pode gerar um conjunto de informações temáticas, e assim serem gerenciadas através de “temas” ou “camadas”, que por sua vez constituem a base de dados de um sistema de informação geográfica.

De acordo com CÂMARA *et al.* (2000a), devido a sua ampla gama de aplicações, há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas: geração e visualização de dados espaciais;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos: combinação de informações espaciais;
- Como um banco de dados geográficos: com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Essas três visões do SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição.

Com base no aspecto de multidisciplinaridade do SIG, pode-se observar sua aplicação em diversas áreas: planejamento urbano, geografia, agronomia, ambiental, florestal, engenharia, processamento de dados, pesquisas operacionais, arquitetura e urbanismo, gerenciamento de serviço, engenharia de transportes, entre outras. O SIG também pode ser utilizado servindo diretamente no auxílio à sociedade, proporcionando um avanço social e estratégico, melhores serviços ou serviços adicionais à população, melhor qualidade de vida e participação da sociedade nas decisões.

Os SIG vêm se tornando uma importante ferramenta para resolução de problemas de transportes, sendo empregado em: gerência de pavimentos, transporte coletivo, rodoviário e de carga, engenharia do tráfego e planejamento de transportes.

5.2.1. O SIG NA ENGENHARIA DE TRANSPORTES – SIG-T

O SIG, quando utilizado como ferramenta na engenharia de transportes, tem a denominação SIG-T, sendo aplicado tanto na área de planejamento, como na de operação de transportes. De acordo com SILVA (1998), o desenvolvimento de aplicações de SIG na área de transportes ainda é relativamente tímido no Brasil, embora tenha evoluído bastante desde as primeiras iniciativas, que ocorreram no início da década de 90.

No campo específico da engenharia de tráfego, THILL (2000) *apud* MENESES (2003) destaca várias aplicações da modelagem de redes disponível no SIG, sendo elas:

- Gerenciamento de facilidades viárias: semáforos, pavimentos, sinalização etc;
- Roteamento em tempo real ou *off-line*: despacho de veículos de emergência, programação de veículos de carga etc;
- Sistema de informações das condições do tráfego via internet;
- Sistemas de navegação de veículos: computadores de bordo;
- Sistema de detecção de incidentes viários;
- Sistemas de gerenciamento de congestionamento em tempo real.

Segundo KAGAN *et al.* (1992) *apud* ROSE (2001), as principais vantagens do uso do SIG em conjunto com modelos de transportes são:

- Integridade dos dados propiciados pelo SIG que, se também integrado aos modelos, permite a maior transparência de aspectos físicos dos dados para o usuário;
- Operações pré-incorporadas aos SIG eliminam ou simplificam tarefas realizadas normalmente por processos manuais ou em módulos computacionais isolados ou não muito bem integrados;
- Facilidade de edição e representação gráfica;
- Tratamento topológico que facilita operações de edição da base geográfica;

- Armazenamento e edição a um menor custo;
- Realização de certos tipos de análises e representações antes praticamente inviáveis nos processos tradicionais, como, por exemplo, identificação de caminhos mínimos entre cada par de zonas origem/destino.

A utilização do SIG pode, ao mesmo tempo, ampliar e aprofundar a análise de transporte, porque esta ferramenta introduz novas oportunidades para o processamento de dados relacionados com o espaço geográfico em maneiras proveitosas que não são previamente possíveis. O maior objetivo na utilização do SIG, no sistema de transporte, é proporcionar aos planejadores de transporte, elaboradores de políticas e ao público em geral, um acesso fácil às relações geográficas importantes no processo de decisão.

Como exemplo de SIG utilizado para o planejamento, gerenciamento, operação e análise das características dos sistemas de transportes, será apresentado o *software* Transcad, produzido pela *Caliper Corporation*, que é o primeiro e único SIG desenvolvido especificamente para uso por profissionais de transporte. Possui vários módulos para manipulação de dados com relação à entrada, armazenagem, análise e apresentação final, podendo ser utilizado para todos os modos de transporte, isoladamente ou combinados entre si.

Este *software* realiza várias análises de transportes e trabalha com banco de dados projetado para receber e analisar dados de transportes em qualquer escala espacial. Possui potencialidades para analisar vários tipos de redes (rodoviária, ferroviária, dutoviária, aquaviária e aeroaviária) e suas intermodalidades. A localização geográfica de elementos de transporte, bem como as infra-estruturas relacionadas, pode ser combinada com os dados que as descrevem, podendo estes serem associados a pontos, linhas, áreas, redes ou rotas. As FIG. 5.2 e FIG. 5.3 ilustram uma parte do banco de dados do Transcad (CALIPER CORPORATION, 2002), gerado para a rede de transporte da cidade de Belo Horizonte, e a rede da mesma cidade, respectivamente.

ID	Length	NAME	[Área Homog]	[LEFT ZIP]	[RIGHT ZIP]	[START RIGHT]	[END RIGHT]	MUNICIPIO	AB_EXT_PE	VEL_BUS	TIME_BUS	VEL_AUT	TIME_AUT
51557	0.05	R. Japura	5308	32223490	32223490	334	406	CONTAGEM	0.0744	45	0.093	30	0.1400
46324	0.10	R. Rio Branco	5308	32223540	32223540	66	232	CONTAGEM	0.1684	--	0.455	30	0.3400
51566	0.04	R. Tereza Goncalves	5308	32223220	32223220	71	1	CONTAGEM	0.0718	--	0.194	30	0.1400
86996	15.64	R. Sem Nome	3305	--	--	--	--	RODOVIAS	25.1723	22	81.818	50	36.0000
46278	0.27	R. Macapa	5308	32240030	32240030	568	1002	CONTAGEM	0.4369	--	1.180	30	0.8800
51522	0.05	Av. Maria Da Gloria	5308	32240050	32240050	160	238	CONTAGEM	0.0799	45	0.107	30	0.1600
46310	0.07	R. Marajo	5308	32223560	32223560	390	500	CONTAGEM	0.1158	--	0.313	30	0.2400
51310	0.10	R. Coronel Joao Mendonca De	5306	32235330	32235330	367	201	CONTAGEM	0.1623	--	0.438	30	0.3200
51338	0.12	R. Doutor Edmundo Bitencourt	5306	32235400	32235400	185	1	CONTAGEM	0.1888	--	0.510	30	0.3800
46016	0.05	R. Coronel Gabriel Andrade	5306	32235170	32235170	2	72	CONTAGEM	0.0738	--	0.199	30	0.1400
51347	0.05	R. Tiradentes	5308	32235250	32235250	565	485	CONTAGEM	0.0809	45	0.107	30	0.1600
45952	0.12	R. Nascimento Teixeira	5306	32235300	32235300	2	186	CONTAGEM	0.1872	--	0.506	30	0.3800
38493	0.15	R. Luiz Lemos Pedrosa	1221	30662160	30662160	235	1	BELO HORIZONTE	0.2369	--	0.639	30	0.4800
38491	0.13	R. Jose Guilherme Da Silva	1221	30662170	30662170	2	202	BELO HORIZONTE	0.2019	--	0.545	30	0.4000
36144	0.06	R. Caetano De Vasconcelos	1221	30662150	30662150	2	88	BELO HORIZONTE	0.0893	45	0.120	30	0.1800
38502	0.05	Av. Braulio Gomes Nogueira	1222	30662090	30662090	1503	1421	BELO HORIZONTE	0.0834	--	0.225	30	0.1600
38520	0.15	R. Petunias	1223	30690020	30690020	3929	3691	BELO HORIZONTE/	0.2471	--	0.667	30	0.5000
51246	0.05	R. Tiradentes	5306	32235250	32235250	937	861	BELO HORIZONTE/	0.0796	45	0.107	30	0.1600
53900	0.22	Av. Bueno Do Prado	5028	32140220	32140220	731	561	CONTAGEM	0.3463	45	0.467	30	0.7000
50813	0.55	Av. Severino Ballesteros Rodriç	5024	30000000	30000000	590	1698	CONTAGEM	0.8900	--	1.442	50	1.0680
50811	0.53	Av. Severino Ballesteros Rodriç	5028	30000000	30000000	1846	3682	CONTAGEM	0.8486	--	1.375	50	1.0200
55440	0.18	R. Sem Nome	5039	0	0	0	0	CONTAGEM	0.2908	--	0.785	30	0.5800
55498	0.16	R. Dito	5039	32185630	32185630	2	242	CONTAGEM	0.2610	--	0.705	30	0.5200
51200	0.33	R. Jose Soares Da Costa Neto	5039	30881410	30881410	0	0	CONTAGEM	0.5245	--	1.416	30	1.0400
84511	0.21	R. Maria Aparecida	5039	32185360	32185360	2	0	CONTAGEM	0.3319	--	0.896	30	0.6600
55710	0.04	R. Senado	15221	32185510	32185510	270	336	CONTAGEM	0.0654	--	0.177	30	0.1400
51232	0.05	R. Santa Maria Do Suacui	15221	33938090	33938090	0	0	CONTAGEM	0.0742	--	0.200	30	0.1400
54268	0.06	R. A	5025	32145140	32145140	981	875	CONTAGEM	0.1023	--	0.276	30	0.2000
84076	0.06	Av. Americas	5025	32145000	32145000	624	770	CONTAGEM	0.0955	45	0.133	50	0.1200
84090	0.15	R. Sem Nome	5038	--	--	--	--	CONTAGEM	0.2483	--	0.670	30	0.5000
87017	5.53	R. Sem Nome	13017	--	--	--	--	RODOVIAS	8.9076	45	10.687	60	8.9058
47794	0.08	R. Nossa Senhora Do Carmo	5331	32371070	32371070	1135	1003	CONTAGEM	0.1320	45	0.173	30	0.2600

FIG. 5.2 Vista parcial do banco de dados da rede de transporte de Belo Horizonte no Transcad

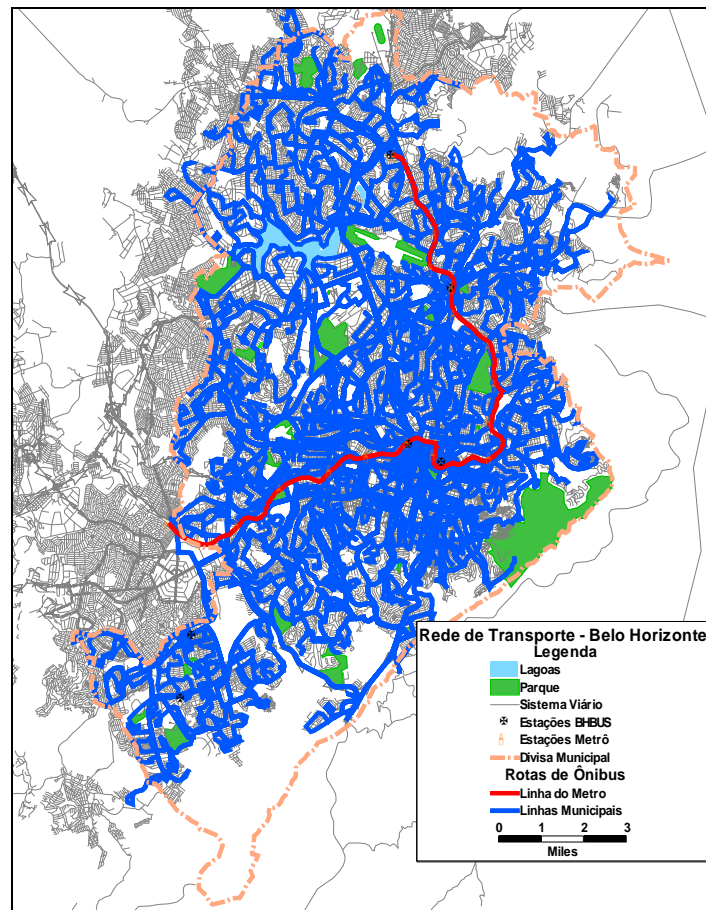


FIG. 5.3 Representação da rede de transporte da cidade de Belo Horizonte

O gerenciador de banco de dados (FIG. 5.2) deste sistema armazena os dados geográficos utilizando-se de uma estrutura de dados topológicos, o que facilita a

manutenção dos mesmos, sendo possível definir a localização e as relações espaciais entre pontos, linhas, áreas e outras entidades geográficas ou objetos. O usuário pode selecionar qualquer entidade geográfica para recuperar os dados tabulares relativos àquela entidade. Pode também utilizar consultas espaciais para localizar entidades dos mapas através de raios, polígonos, por áreas de abrangência ou de sobreposição.

De acordo com ROSE (2001), com relação à apresentação de gráficos interativos dos dados, o Transcad (CALIPER CORPORATION, 2002) possui várias ferramentas para a definição de símbolos, cores, espessuras de linhas, padrões, sombreamento, nomeação e outras. Os dados podem ser apresentados no mapa na forma de número ou textos, e o recorte automático de textos elimina apresentações desordenadamente preenchidas e realça a legibilidade.

O *software* possui um editor de dados, com o propósito de facilitar a entrada, edição, recuperação e impressão dos dados, e disponibiliza ferramentas para projetar e criar banco de dados, preenchendo-os com os registros que os compõem e com os campos de atributos de dados necessários.

O Transcad possui ferramentas e procedimentos para a análise e modelagem de sistemas de transporte, o que inclui: análise de redes, estatísticas, análise de mercado, alocação de tráfego, definição de rotas e programação, e planejamento. Podem ser estimados e aplicados modelos de previsão como regressão múltipla e modelos de escolha discreta. Com relação ao planejamento de transportes, o *software* possui modelos clássicos para cálculos de demanda de viagens, estima e aplica modelos de geração de viagens em qualquer escala espacial, mesmo em níveis parciais, e posteriormente agrega aos níveis de zonas, constrói zonas de análise de tráfego, faz distribuição de viagens e análises de distribuições modais.

5.3. A ANÁLISE ESPACIAL

MILLER e SHAW (2001) *apud* MENESES (2003), definem a análise espacial com o campo da geografia que estuda propriedades variáveis como a localização

geográfica, enquadrando questões relativas à extensão, padrões, associações, interação e mudança destas propriedades no espaço.

Segundo BAILEY (1994) *apud* ROCHA (2004), a análise espacial seria uma habilidade geral de manipular dados espaciais de diferentes formas e extrair conhecimento adicional como resposta. Incluiria funções básicas como consulta de informações espaciais dentro de áreas de interesse definidas, manipulação de mapas e a produção de alguns breves sumários estatísticos dessa informação; incorporaria também funções como a investigação de padrões e relacionamentos dos dados na região de interesse, buscando o melhor entendimento do fenômeno e a possibilidade de se fazer previsões.

Segundo BAILEY & GATRELL (1995) *apud* ROCHA (2004), na análise espacial os dados estão posicionados por meio de coordenadas e é dada importância explicitamente ao seu valor na análise ou na interpretação dos resultados.

Os dados espaciais são quaisquer tipos de dados que descrevem fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial.

Para CÂMARA *et al.* (2000b) *apud* KREMPI (2004), umas das formas de divisão dos dados com os quais a análise espacial lida seria classificá-los como ambientais ou socioeconômicos. Dados ambientais seriam todos os tipos de dados obtidos por coleta e que descrevem características físicas do meio (mapas geológicos, topográficos, ecológicos, fitogeográficos e pedológicos), podendo ser analisados como se constituíssem uma amostra de uma superfície contínua. Já os dados socioeconômicos tratam de aspectos associados a levantamentos populacionais (como os censos demográficos), imóveis, rotas de transporte, saúde etc. Estes apresentam a localização específica do indivíduo no espaço, mas por questão de confidencialidade, são agrupados em áreas delimitadas por polígonos fechados, como, por exemplo, os setores censitários.

De acordo com CÂMARA *et al.* (2000a), a taxonomia mais utilizada para caracterizar os problemas de análise espacial considera três tipos de dados:

- Eventos ou padrões pontuais: fenômenos expressos por ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais. O objeto de interesse deste tipo de dado é a própria localização espacial dos

eventos em estudo, analisando a distribuição espacial destes pontos, testando hipóteses sobre o padrão observado;

- Superfícies contínuas: estimadas com base em um conjunto de amostras de campo que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. O objetivo deste tipo de dado é reconstruir a superfície da qual se retirou e mediu as amostras;
- Áreas com contagens e taxas agregadas: tratam-se de dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas de saúde e que originalmente referem-se a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço. Esses dados são agregados em unidades de análise, usualmente delimitadas por polígonos fechados (setores censitários, zonas de endereçamento postal, municípios) onde se supõe haver homogeneidade interna, ou seja, mudanças importantes só ocorrem nos limites. Esta é uma premissa nem sempre verdadeira, dado que frequentemente as unidades de levantamento são definidas por critérios operacionais (setores censitários) ou políticos (municípios) e não há qualquer garantia que a distribuição do evento seja homogênea dentro destas unidades.

5.3.1. A ANÁLISE ESPACIAL SEGUNDO SUA FORMA GEOMÉTRICA

Segundo CÂMARA *et al.* (2000a), a ênfase da análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos dos dados espaciais que, por sua vez, são definidos como quaisquer dados que possam ser caracterizados no espaço, em função de algum sistema de coordenadas. Esta análise subdivide-se segundo a sua forma geométrica em análise de: superfícies (geoestatística), redes, padrões pontuais e dados em área.

A geoestatística objetiva inferir uma superfície contínua a partir de uma amostra de um atributo coletado em alguns pontos da área de estudo. Neste intuito, a

krigeagem¹ é o procedimento de interpolação mais indicado por usar estimadores pontuais ótimos e não tendenciosos (CÂMARA *et al.*, 2000a).

A análise de redes é aplicada a entidades lineares conectadas, estando já bastante disseminada na solução de problemas de transporte, tais como as aplicações de roteamento (CHOU, 1996 *apud* QUEIROZ, 2003).

Denomina-se padrão pontual qualquer conjunto de dados consistindo de uma série de localizações pontuais que estão associadas a eventos (qualquer tipo de fenômeno localizado no espaço) dentro da área de estudo. Suas principais características são: as áreas dos eventos não são medidas válidas; suas localizações não estão associadas a valores, mas apenas a ocorrência dos eventos; e entidades geográficas representadas como pontos no mapa são consideradas de mesma qualidade (CÂMARA e CARVALHO, 2000).

Dentre os objetivos da análise de padrões pontuais, destacam-se o estudo de padrões de distribuição no espaço para identificar os fatores que determinam a concentração ou a dispersão espacial e a identificar também os fatores de risco associados a este evento (QUEIROZ, 2003).

Os objetivos da análise de dados em áreas são identificar a existência de padrões de distribuição espacial, de áreas críticas e de tendências espaciais de crescimento, auxiliando o entendimento da ocorrência de determinado fenômeno. Para isto torna-se necessário agregar os objetos espaciais e seus atributos contidos no espaço total em sub-áreas, tais como setores censitários ou distritos; agregação esta que nem sempre é feita de forma criteriosa (CÂMARA *et al.*, 2000a).

A agregação de dados pontuais em áreas ocasiona vários problemas destacando-se o Problema da Unidade de Área Modificável (PUAM) que é composto dos efeitos de escala e de zoneamento (CÂMARA *et al.*, 2000a). O efeito de escala é a tendência, dentro de um sistema de unidade de áreas modificáveis, de se obter diferentes resultados estatísticos para um mesmo conjunto de dados quando a informação é agrupada em diferentes níveis de resolução espacial, como setores censitários e distritos. O efeito de zoneamento é a variabilidade dos resultados

¹ A krigagem compreende um conjunto de técnicas de estimação e predição de superfícies baseada na modelagem da estrutura de correlação espacial (CAMARGO *et al.*, 2000 *apud* ARAUJO *et al.*, 2003).

estatísticos obtida dentro de um conjunto de unidades de áreas modificáveis em função das várias possibilidades de agrupamentos em uma dada escala, e não em função da variação do tamanho dessas áreas; isto é, a diferença nos resultados é gerada devido à simples alteração das fronteiras. Vale ressaltar que esse problema nunca poderá ser removido, pois está associado a divisões territoriais, e o que se pode fazer ao usar estas ferramentas é minimizar o seu efeito (QUEIROZ, 2003).

CÂMARA *et al.* (2000b) citam também o problema das áreas sem homogeneidade, que ocorre em países com diferenças sociais significativas, em que a agregação de grupos sociais distintos, como favelas e áreas nobres, numa mesma região é bastante comum. Neste caso, usar um atributo com valor médio não representa verdadeiramente os valores nela contidos.

Algumas análises podem ser realizadas usando dados contínuos ou discretos. A decisão sobre qual deles usar dependerá do tipo de problema vinculado aos dados. A análise de superfícies se mostra superior à análise por áreas nos casos em que o problema da descontinuidade nas fronteiras se mostre significativo. Entretanto, para regiões com características homogêneas, a análise agregada em áreas é mais simples e requer menor esforço computacional e capacitação técnica de recursos humanos (CÂMARA *et al.*, 2000b). Sintetizando, esta decisão está relacionada ao grau de homogeneidade da variável sobre a região de estudo. Neste trabalho, será dada ênfase ao estudo da análise espacial de dados em áreas.

5.3.2. FERRAMENTAS DA ANÁLISE ESPACIAL

Segundo CARVALHO (1997), a análise espacial é uma técnica que compreende três métodos: métodos de visualização; métodos exploratórios, com o objetivo de investigar a existência de algum padrão nos dados; e métodos que auxiliam na escolha de um modelo estatístico e na estimação dos parâmetros desse modelo.

ANSELIN (1992) *apud* QUEIROZ (2003), propôs uma subdivisão das ferramentas destes métodos de análise espacial em quatro grupos: seleção, manipulação, análise exploratória e análise confirmatória.

As ferramentas de seleção consistem de estatísticas simples, métodos gráficos e numéricos para sumarizarem dados (histogramas, diagramas de dispersão, estatística descritiva), envolvendo processos de consultas a banco de dados geográficos e a apresentação destes em mapas temáticos.

As ferramentas de manipulação permitem criar novos dados espaciais utilizando propriedades e relacionamentos entre entidades espaciais, destacando-se as funções de agregação de dados espaciais e a geração e análise de áreas de influências.

As ferramentas de análise exploratória têm como objetivo visualizar e descrever distribuições espaciais, identificar padrões de associação espacial (clusters, ou seja, aglomerados espaciais) e observações atípicas (*outliers*, ou seja, valores extremos). Como exemplos destas ferramentas, destacam-se as funções de vizinhos mais próximos, de autocorrelação espacial e os estimadores de Kernel². Essas ferramentas são essenciais ao desenvolvimento da análise confirmatória que, em geral, é sensível ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à ausência de estacionaridade, envolvendo o conjunto de modelos de estimação e procedimentos de validação. Dentre as várias técnicas desta análise, destacam-se as modelagens espaciais lineares, as técnicas multivariadas e a econometria espacial.

As ferramentas de análise exploratória e confirmatória são o objeto de estudo da estatística espacial.

5.3.3. ESTATÍSTICA ESPACIAL

A estatística espacial é uma das vertentes principais da análise espacial, abrangendo todo o ferramental matemático destinado a fornecer ao planejador a capacidade de estabelecer critérios quantitativos de agrupamento ou dispersão dos

² O estimador de Kernel, um estimador de densidade de padrões, foi desenvolvido para obter a estimativa de densidade de probabilidade univariada ou multivariada de uma amostra observada (TERUIYA, 1999).

dados espaciais, determinando o grau de dependência espacial entre as observações. A técnica da estatística espacial nasce da necessidade de quantificação da dependência espacial presente num conjunto de geodados, distinguindo-se das demais técnicas empregadas em análise estatística por considerar explicitamente as coordenadas dos dados no processo de coleta, descrição ou análise.

WISE *et al.* (1991) *apud* QUEIROZ (2003) citam que a estatística espacial consiste no emprego de ferramentas analíticas de dados estatísticos relacionados a eventos geográficos para auxiliar o entendimento, o controle, a descrição ou a predição de dados espaciais. O objetivo principal é caracterizar padrões espaciais e possíveis associações espaciais entre os dados. ANSELIN (1992) *apud* QUEIROZ (2003) cita que estes padrões espaciais causam problemas de mensuração, conhecidos como efeitos espaciais, tais como dependência espacial e heterogeneidade espacial, que afetam a validade dos métodos estatísticos tradicionais, os quais pressupõem a independência entre os eventos observados. A estatística espacial ainda é pouco difundida e usada com maior rigor na comunidade acadêmica nacional de transportes.

Sendo, a análise espacial, um estudo quantitativo de fenômenos que são localizados no espaço, um dos índices dos dados utilizados em estatística espacial refere-se sempre a uma localização geográfica, ou seja, o fenômeno estudado possui alguma forma de localização. Muitos dados de uso comum possuem alguma referência espacial, como, por exemplo, dados censitários, sempre relacionados ao local de residência do indivíduo (ASSUNÇÃO, 2001 *apud* KREMPI, 2004).

De acordo com PAELINCK e KLAASSEN (1979) *apud* SERRANO e VALCARCE (2000), destacam-se cinco princípios básicos no campo da estatística espacial:

- Interdependência: todo modelo espacial tem que se caracterizar por sua interdependência, ou seja, devem ser incorporadas as relações mútuas entre as observações e as variáveis. Um exemplo pode ser verificado em áreas onde residem pessoas com elevado nível de renda, uma vez que seus gastos não se restringem à área em que vivem, mas ocorrem também nas regiões vizinhas, igualmente estimulando o crescimento econômico destas últimas;

- Assimetria: as relações espaciais são em princípio assimétricas. Um exemplo ocorre no comércio, onde a probabilidade de um residente da periferia ir fazer compras no centro é maior do que a do residente do centro (ou próximo dele) ir fazer compras na periferia;
- Alotropia: as causas de um fenômeno espacial podem não se manifestar diretamente no lugar onde ele ocorre. Assim, por exemplo, os fenômenos migratórios se explicam não só pela comparação de vantagens e inconvenientes nos espaços de origem e destino, mas também devido a causas que ocorrem em outros lugares do espaço (nível dos salários, por exemplo);
- Não linearidade: a não linearidade de soluções espaciais ótimas obtidas a priori, conduz a modelos que requerem especial atenção para sua especificação;
- Inclusão de valores topológicos: um modelo espacial deve incorporar variáveis topológicas, como coordenadas, distâncias, superfícies, densidades etc.

Segundo SERRANO e VALARCE (2000), quando se trabalha particularmente com dados de natureza espacial podem aparecer os denominados efeitos espaciais: a heterogeneidade e a autocorrelação espacial. O primeiro efeito aparece quando os dados utilizados para explicar um mesmo fenômeno são de unidades espaciais muito distintas. Neste caso, os problemas mais freqüentes são a heterocedasticidade e a instabilidade estrutural. A heterocedasticidade espacial ocorre pela omissão de variáveis ou outras formas de erros de especificação que levam à aparição dos denominados erros de medidas. A dependência ou autocorrelação espacial, que será abordada posteriormente, surge sempre que o valor de uma variável em um lugar do espaço está relacionado com seu valor em outro ou outros lugares do espaço. Este fenômeno pode ser entendido como uma situação em que observações próximas no espaço possuem valores similares (correlação de atributos). Neste caso, o desafio da análise é medir o grau de associação espacial entre observações de uma ou mais variáveis.

Então, nas próximas seções, serão discutidos a autocorrelação e alguns conceitos da estatística espacial, subsidiando informações necessárias para seções posteriores.

5.3.3.1. AUTOCORRELAÇÃO E DEPENDÊNCIA ESPACIAL

Segundo CÂMARA *et al.* (2000a), a dependência espacial está presente em todas as direções e fica mais fraca à medida que aumenta a dispersão na localização dos dados. Essa noção parte do que se convencionou chamar de primeira lei da geografia: “todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes”.

Na estatística espacial, a correlação pode ser entendida como a tendência a que o valor de uma ou mais variáveis associadas a uma determinada localização assemelhe-se mais aos valores de suas observações vizinhas do que ao restante das localizações do conjunto amostral. Ela também pode ser denominada autocorrelação, quando medir o grau de influência que uma dada variável tem sobre si mesma. Se a ocorrência de um dado evento influencia para que outros semelhantes aconteçam ao seu redor, tem-se autocorrelação positiva, ou atração, o que implica em uma distribuição aglomerada de eventos. Se a ocorrência deste mesmo evento dificulta ou impede a ocorrência de outros em seu entorno, tem-se autocorrelação negativa, ou repulsão, resultando em uma distribuição aproximadamente eqüidistante dos eventos (QUEIROZ, 2003).

5.3.3.2. ESTACIONARIDADE E ISOTROPIA

A estrutura espacial é considerada estacionária se estes dois efeitos forem constantes em toda a região estudada, ou seja, se eles apresentarem um comportamento homogêneo na região de estudo (CÂMARA *et al.*, 2000a). BIVAND (1998) *apud* QUEIROZ (2003) classifica uma série como estacionária se ela possui uma média constante e seus valores flutuam sobre esta média com uma variância constante.

A estrutura espacial é considerada isotrópica se, além de estacionária, a covariância depender somente da distância entre os pontos e não da direção entre eles, caso contrário, se o processo também depender da direção entre eles, diz-se

que o processo é anisotrópico (BIVAND, 1998 *apud* QUEIROZ, 2003; CÂMARA *et al.*, 2000a). A maior parte das técnicas de análise de distribuição de pontos supõe um comportamento isotrópico.

5.3.3.3. ESTATÍSTICAS DE AUTOCORRELAÇÃO LOCAL E GLOBAL

As estatísticas locais e globais objetivam caracterizar a distribuição relativa dos eventos observados no espaço, ou seja, o arranjo espacial destes eventos. Esta caracterização objetiva detectar padrões de aglomerados espaciais, verificando se os eventos observados apresentam algum tipo de padrão sistemático, ao invés de estarem distribuídos aleatoriamente. Estas duas estatísticas diferenciam-se pela unidade de análise, sendo que as globais consideram todas as observações, e as locais, apenas os eventos que ocorrem até uma distância considerada significativa, conforme o critério usado.

As estatísticas globais indicam o padrão espacial por meio de um único valor, indicando a associação espacial presente em todo o conjunto de dados. Um dos problemas desta estatística aparece quando a área de estudo está muito subdividida, sendo muito provável que ocorram diferentes regimes de associação espacial e que surjam locais em que a dependência espacial é ainda mais pronunciada (CÂMARA *et al.* 2000b). Com este intuito, foram desenvolvidas as estatísticas locais para quantificar o grau de associação espacial a que cada localização do conjunto amostral está submetida em função de um modelo de vizinhança pré-estabelecido.

5.3.3.4. MATRIZ DE PROXIMIDADE ESPACIAL

A matriz de adjacência ou matriz de proximidade espacial W , que é um elemento chave para a análise espacial de dados em área, é usada para representar como a

vizinhança influencia cada observação, conseqüentemente, estimando a variabilidade espacial de dados de área.

Dado um conjunto de n áreas $\{A_1, \dots, A_n\}$, elaborase a matriz W ($n \times n$), em que cada um de seus elementos (w_{ij}) representa uma relação topológica entre A_i e A_j , selecionada por um critério, onde w_{ii} é igual a zero. A seleção deste critério é importante, pois influencia diretamente o cálculo das estatísticas. O critério mais usado define vizinhança a partir da propriedade topológica de contigüidade; assim W é uma matriz binária (0,1), onde 1 está associado às zonas com fronteiras em comum e 0 àquelas sem esta propriedade (CÂMARA *et al.* 2000b).

Como a matriz W é usada em cálculos de indicadores de análise exploratória, por conveniência, ela é muitas vezes normalizada por linha, ou seja, com a soma dos ponderadores de cada linha sendo igual a 1. Neste caso, cada elemento w_{ij} da matriz, é dividido pela soma total da linha a que pertence.

Esta matriz pode ser generalizada para vizinhos de maior ordem, considerando os mesmos critérios da matriz de primeira ordem.

Segundo KREMPI (2004), a matriz de proximidade espacial é utilizada pela sua simplicidade, embora apresente algumas restrições. Uma das restrições é que esta matriz simétrica não permite incorporar influências não recíprocas, violando o segundo princípio básico da estatística espacial, o princípio da assimetria.

5.3.4. ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS EM ÁREAS

A análise espacial de dados em áreas corresponde à análise de dados espaciais cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos. Este caso ocorre com muita freqüência quando lidamos com eventos agregados por municípios, bairros ou setores censitários, onde não se dispõe da localização exata dos eventos, mas de um valor por área (CÂMARA *et al.*, 2000a).

A forma usual de apresentação de dados agregados por áreas é o uso de mapas coloridos com o padrão espacial do fenômeno. Grande parte dos usuários limita seu uso de SIG a essas operações de visualização, tirando conclusões intuitivas, sendo possível ir muito além.

A seguir serão discutidas algumas ferramentas disponíveis na análise de dados em área, que permitem uma caracterização espacial sistêmica sobre a ocorrência de determinado fenômeno espacial.

5.3.4.1. VISUALIZAÇÃO DE DADOS

A visualização de dados consiste em apresentar a distribuição dos atributos por áreas usando mapas temáticos, verificando como cada um destes atributos influencia os demais e estimando relações de causa e efeito. TEIXEIRA (2003) *apud* QUEIROZ (2003) cita que, atualmente, a prática corrente de boa parte dos profissionais e empresas da área de transportes é a de se tentar estabelecer estas relações de influência entre os dados disponíveis de forma intuitiva e empírica, baseando-se, na maioria das vezes, apenas na experiência e na opinião do planejador. É a forma mais simples de visualizar valores extremos.

Vários mapas temáticos devem ser feitos, modificando o limite e a quantidade de classes para obter uma visão geral da distribuição dos atributos. Esta variação pode ser feita manualmente ou usando as ferramentas de geração de mapas disponíveis nos pacotes computacionais de SIG, que oferecem diversas opções de mapas temáticos. Deve-se observar também que os diferentes tipos de mapas gerados induzem a visualização de diferentes aspectos, tendo cada um, características específicas, devendo ter o cuidado de definir o objetivo que se quer apresentar nos mapas temáticos antes da sua geração (CÂMARA *et al.*, 2000b).

5.3.4.2. MÉDIA MÓVEL ESPACIAL

De acordo com QUEIROZ (2003), a média móvel espacial objetiva identificar padrões e tendências espaciais, produzindo uma superfície menos descontínua (mais suave) que os dados originais, ou seja, se uma área tem atributo reduzido/elevado e os seus vizinhos tem atributos elevados/reduzidos, ela tenderá a

e elevar/reduzir o valor desta área. Esta medida também pode apresentar indicações de locais de transição entre regimes espaciais. Considerando a matriz de proximidade W , a estimativa desta média pode ser expressa em:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} z_i}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad \text{EQ. 5.1}$$

onde:

n = número de áreas;

z_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos;

w_{ij} = pesos atribuídos conforme a relação topológica entre os locais i e j , provenientes da matriz de proximidade espacial.

5.3.4.3. ESTATÍSTICAS DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL GLOBAL

As estatísticas de autocorrelação espacial global possuem como objetivo caracterizar a dependência espacial mostrando como os valores estão correlacionados no espaço, fornecendo uma medida geral da associação espacial. O índice global de Moran (I) é um dos indicadores que realizam esta função, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{EQ. 5.2}$$

onde:

n = quantidade de áreas;

z_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos;

z_j = diferença entre o valor do atributo dos vizinhos do local i e a média de todos os atributos;

w_{ij} = pesos atribuídos conforme a relação topológica entre os locais i e j .

O índice de Moran compara a distribuição observada do atributo em relação à distribuição esperada num padrão aleatório. A hipótese nula é a de completa aleatoriedade espacial, quando o atributo se distribui ao acaso entre as áreas, sem relação com a posição. De uma forma geral, embora isto não seja estritamente verdadeiro, este índice tende a ter valores entre -1 e +1, quantificando o grau de autocorrelação existente, sendo positivo para correlação direta e negativo quando inversa (CARVALHO, 1997 *apud* QUEIROZ, 2003).

Valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores dos objetos e seus vizinhos. Valores positivos para o índice indicam autocorrelação espacial positiva, ou seja, o valor do atributo de um objeto tende a ser semelhante aos valores dos seus vizinhos. Valores negativos para o índice indicam autocorrelação espacial negativa.

Um dos aspectos relevantes do índice de Moran é estabelecer sua validade estatística, ou seja, verificar se valores medidos apresentam correlação espacial significativa. Para isto, torna-se necessário associar uma distribuição estatística ao índice, destacando-se as duas abordagens descritas a seguir:

- Normal padrão (distribuição aproximada): considera a variável em questão como tendo distribuição normal padrão, com média igual a zero e variância igual a um. A significância da estatística é obtida por comparação direta do valor computado de Z com a sua probabilidade numa tabela normal padrão;
- Técnica de permutação (teste de pseudo-significância): gera-se empiricamente uma distribuição de referência, que computa média e desvio padrão. Realiza um reordenamento aleatório dos valores observados sobre cada localização, calculando uma nova estatística I para cada amostra. O valor da estatística I de Moran é comparado com a distribuição artificial da estatística, sob a hipótese nula de ausência de associação espacial, o que significa ocorrência das observações em qualquer lugar com igual probabilidade. Se o valor do índice I efetivamente medido corresponder a um valor extremo da distribuição simulada, então se trata de evento

com significância estatística (ANSELIN, 1992 *apud* QUEIROZ, 2003; CÂMARA *et al.*, 2000b).

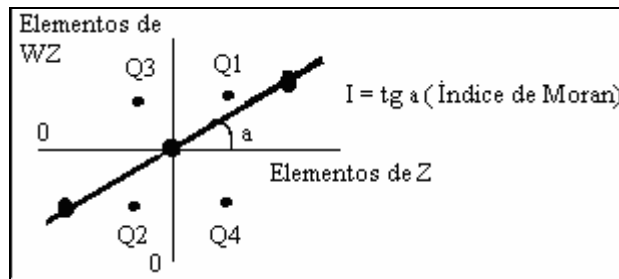
Um valor de I positivo e significativo para o índice de Moran indica correlação espacial positiva, ou seja, valores altos ou baixos estão mais agregados geograficamente de que estariam simplesmente pelo acaso. Por outro lado, um valor de I negativo e significativo indica correlação espacial negativa, ou seja, agregação destes valores está muito semelhante a uma distribuição aleatória (QUEIROZ, 2003).

Segundo CÂMARA *et al.* (2000b), como os indicadores globais de autocorrelação espacial fornecem um único valor de associação espacial para todo o conjunto de dados, muitas vezes é útil examinar os padrões com maior nível de detalhes. Para tal, é necessária a utilização de indicadores que possam ser associados a diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente. Quando a área de estudo possui várias divisões, provavelmente surgirão diferentes regimes de associações espaciais.

5.3.4.4. DIAGRAMA DE ESPALHAMENTO DE MORAN

O diagrama de espalhamento de Moran foi proposto por Anselin em 1992, objetivando comparar os valores normalizados do atributo numa área com a média dos valores normalizados dos seus vizinhos, construindo um gráfico bidimensional de Z (valores normalizados) por W_Z (média dos vizinhos). É uma maneira adicional de visualizar a dependência espacial e indicar os diferentes regimes espaciais presentes nos dados. O diagrama é dividido em quatro quadrantes, como demonstrado na FIG. 5.4, com o objetivo de indicar pontos de associação espacial positiva, caracterizando que um local possui vizinhos com valores semelhantes (Q1: valores positivos e médias positivas, e Q2: valores negativos e médias negativas) e de indicar pontos de associação espacial negativa, no sentido de que um local possui vizinhos com valores distintos (Q3: valores negativos e médias positivas, e

Q4: valores positivos e médias negativos); estes quadrantes se interceptam no ponto zero.

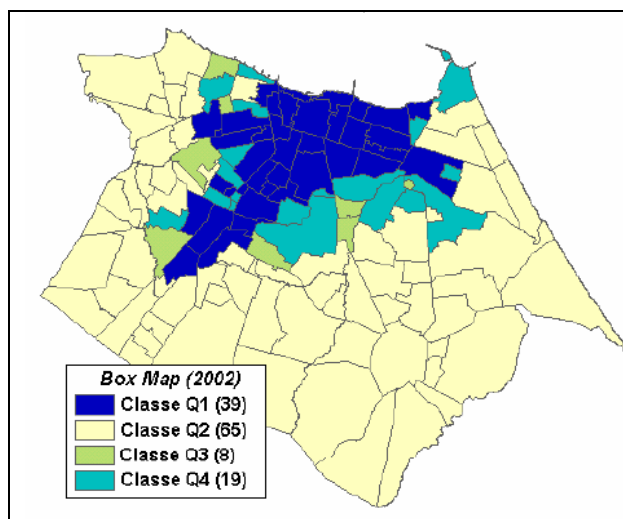


Fonte: CÂMARA *et al.*, 2000b

FIG. 5.4 Gráfico do diagrama de espalhamento de Moran

Uma maneira de identificar valores extremos (*outliers*) é localizar pontos no diagrama de Moran que são extremos em relação à tendência central, refletida pela inclinação da reta de regressão. A outra maneira consiste em localizar os pontos cujos valores estão acima de dois desvios padrões da média. Estes, então, podem ser considerados bolsões de não-estacionaridade. A presença de valores extremos pode ainda significar problemas com a especificação da matriz de proximidade ou com a escala espacial de observação dos dados. Eles também podem indicar regiões de transição entre regimes espaciais distintos, os quais geralmente pertencem aos quadrantes Q3 e Q4 (QUEIROZ, 2003).

O diagrama de espalhamento também pode ser representado em um mapa temático, conhecido com *Box Map*, em que cada polígono é representado por uma cor de acordo com o valor do seu quadrante, sendo possível visualizar a correlação entre o atributo medido para determinada zona e o mesmo atributo medido para seus vizinhos. Este mapa é uma extensão do diagrama de espalhamento de Moran, sendo possível identificar *outliers* espaciais. A FIG. 5.5 ilustra a utilização de um *Box Map*, representando índices de acidentes por quilômetro no município de Fortaleza.



Fonte: QUEIROZ (2003)

FIG. 5.5 *Box Map* representando índices de acidentes / km em Fortaleza

5.3.4.5. ESTATÍSTICAS DE AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL LOCAL

Os indicadores locais produzem um valor específico para cada área, permitindo a identificação de agrupamentos (*clusters*), de valores extremos (*outliers*) e a existência de vários regimes espaciais, que não são identificados pelo cálculo dos indicadores de associação espacial global.

Segundo ANSELIN (1996) *apud* KREMPI (2004), o indicador local de associação espacial é qualquer estatística que atenda as seguintes condições:

- Permita a identificação de padrões de associação espacial significativa para cada área da região de estudo;
- Constitua uma decomposição do índice global de associação espacial, isto é, a soma dos indicadores de associação espacial local para todas as observações é proporcional ao indicador de associação espacial global.

Dentre os indicadores mais difundidos, está o índice local de Moran, que é representado pela fórmula:

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{EQ. 5.3}$$

onde:

n = quantidade de áreas;

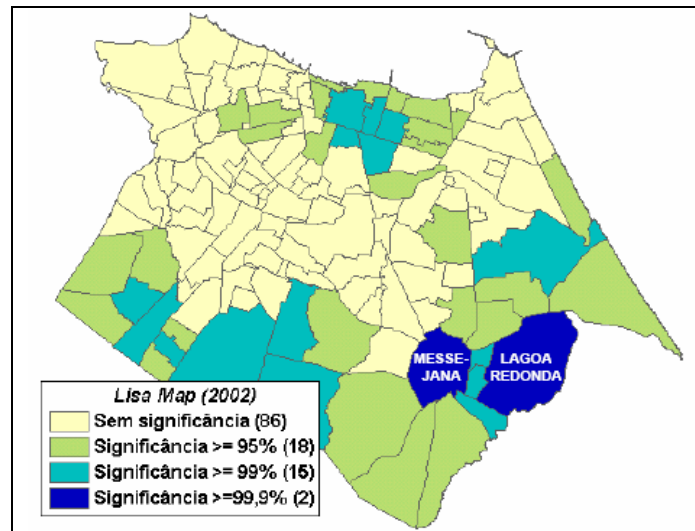
z_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos;

z_j = diferença entre o valor do atributo dos vizinhos do local i e a média de todos os atributos;

w_{ij} = pesos atribuídos conforme a relação topológica entre os locais i e j .

A autocorrelação do índice local de Moran é calculada a partir do produto dos desvios em relação à média, como uma medida de covariância. Dessa forma, valores significativamente altos indicam altas probabilidades de que haja locais de associação espacial, tanto de áreas com altos valores associados, como com baixos valores associados. Por outro lado, baixos valores apontam para um padrão que pode ser entendido como locais de comportamento mais errático da variável observada entre uma área e seus vizinhos (QUEIROZ, 2003).

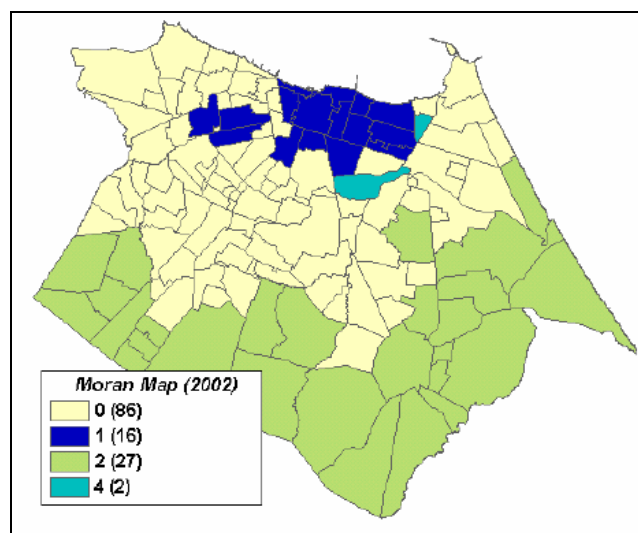
Uma vez determinada a significância estatística deste índice é útil elaborar um mapa indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do restante dos dados. Estas regiões podem ser vistas como bolsões de homogeneidade, no caso regiões de concentração de valores elevados dos atributos e regiões com valores reduzidos dos atributos, separadas por uma região de transição que não indica uma coisa nem outra. Essas áreas possuem dinâmica espacial própria e merecem análise detalhada. Este mapa é chamado de *Lisa Map* e, na sua geração, os valores do índice local de Moran são classificados em quatro grupos: não significantes (valor zero na legenda), com significância de 95% (classe 1 ou valor 1 na legenda), 99% (classe 2 ou valor 2 na legenda) e 99,9% (classe 3 ou valor 3 na legenda). A FIG. 5.6 ilustra a utilização de um *Lisa Map* para representar o cálculo de um índice de acidentes por quilômetro no município de Fortaleza.



Fonte: QUEIROZ (2003)

FIG. 5.6 *Lisa Map* representando o índice local de acidentes / km em Fortaleza

Outro mapa que pode ser elaborado é o *Moran Map*, que classifica em quatro grupos somente os objetos para os quais os valores do índice local de Moran foram considerados significativos, de forma semelhante ao *Lisa Map*, conforme o quadrante aos quais pertencem no gráfico de espalhamento de Moran. Os demais objetos ficam classificados como “sem significância”. A FIG. 5.7 apresenta um *Moran Map* gerado para representar índices locais de acidentes por quilômetro no município de Fortaleza.



Fonte: QUEIROZ (2003)

FIG. 5.7 *Moran Map* ilustrando o índice local de acidentes / km em Fortaleza

5.4. A ANÁLISE ESPACIAL UTILIZANDO SIG

Em conjunto com o SIG, a análise espacial permite ir além da estatística convencional e da mera visualização de dados em mapas temáticos, tendo papel fundamental em análises nas quais o componente espacial é determinante, como na engenharia de transportes. Através desta união é possível determinar a variabilidade espacial de fenômenos do mundo real, identificando padrões de ocupação do espaço e relacionamentos causais (CÂMARA, 1999 *apud* MENESES, 2003).

Na maioria das aplicações de SIG, os usuários utilizam esta ferramenta para mera visualização de dados geográficos em mapas temáticos. A simples produção de mapas temáticos pode levar a leituras errôneas da realidade, confundindo o tomador de decisão.

A integração entre os sistemas é um desafio relevante para o melhor entendimento do espaço geográfico, sendo uma junção essencial para a análise de dados espaciais, que permite a união da capacidade de gerenciamento de dados dos SIG com as técnicas de análise da estatística espacial.

Muitos dos pacotes comerciais de SIG definem as ferramentas de seleção e manipulação como análise espacial, não contemplando as ferramentas mais robustas deste tipo de análise. A maioria dos pacotes computacionais de SIG não dispõe de ferramentas de análise espacial. Mesmo possuindo resultados superiores aos métodos tradicionais, os fabricantes de SIG ainda relutam em incorporar a análise espacial aos seus produtos, alegando a complexidade destas ferramentas como principal impedância.

Isto tem obrigado os usuários a realizarem suas análises inteiramente fora do ambiente SIG, em pacotes matemáticos e estatísticos. Outra estratégia adotada tem sido o desenvolvimento de interfaces entre pacotes de SIG e modelos de análise de rede, por meio de um intercâmbio de arquivos que possibilite a obtenção de dados espaciais com a respectiva topologia, a partir do SIG, procedendo-se a execução das rotinas analíticas em programas computacionais compilados fora da plataforma SIG e retornando os resultados para a base georreferenciada (QUEIROZ, 2003).

Muitas ferramentas de análise estatística de dados espaciais e SIG não operam em um único ambiente de *software*. Dessa forma, tem-se uma gama de pacotes de *softwares* estatísticos que implementam estatísticas espaciais, mas sem contemplar componentes essenciais providos por um SIG como um banco de dados espacial robusto, modelos espaciais e algoritmos de visualização. Por outro lado, usuários de SIG encontram dificuldades para fazer análises mais sofisticadas pelo fato do *software* não disponibilizar ferramentas para análise estatística de forma satisfatória (FOOK, 2005).

Para o mesmo autor, há diferentes mecanismos de integração entre SIG e *softwares* destinados à análise estatística. Algumas dessas ferramentas de análise espacial são ligadas a um SIG por mecanismos de acoplamento fraco, onde o segundo é usado para conversão de dados e exibição gráfica, e os modelos espaciais são executados fora das estruturas do SIG. Outra alternativa de integração é o chamado acoplamento forte, que permite que o SIG e o *software* de estatística espacial compartilhem um banco de dados comum. Há ainda a integração completa, onde há a incorporação de funções de estatística espacial dentro do SIG, por exemplo.

Segundo BAILEY (1994) *apud* QUEIROZ (2003), a análise espacial pode ser integrada aos pacotes de SIG das seguintes maneiras: por meio de rotinas disponíveis nestes pacotes; por meio da integração de pacotes de análise e estatística espacial e pela inserção das ferramentas de análise espacial dentro do ambiente SIG usando linguagens de programação.

Ainda de acordo com o mesmo autor, os benefícios desta associação consistem em melhorar a qualidade das entradas ou análise dos resultados, ou ambos, resultando em capacidade flexível para visualizar geograficamente os dados, prover funções espaciais para editar, transformar, agregar e selecionar linhas e dados derivados assim como facilitar o acesso a relacionamentos espaciais entre entidades na área de estudo.

A próxima seção apresenta uma breve explanação sobre os *softwares* Spring e GeoDa, que são SIG e possuem ferramentas de análise espacial.

5.4.1. SPRING

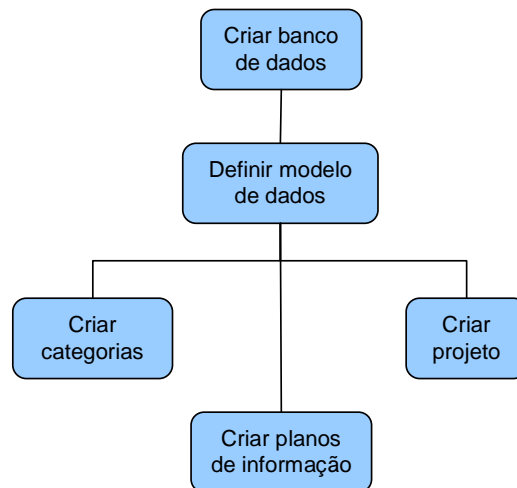
O Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) é um *software* livre, de geoprocessamento de propósito geral, para ambientes UNIX e *Windows*, com funções de processamento de imagens, modelagem numérica de terreno, álgebra de mapas e consulta a bancos de dados espaciais (CÂMARA *et al.*, 2002), contemplando análise e estatísticas espaciais, com as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográficos sem fronteiras e suporta grandes volumes de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo o banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais, e realiza a integração de dados de sensoriamento remoto num SIG;
- Possui um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário, denominada LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);
- Consegue escalonabilidade completa, isto é, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho RISC (estações de trabalho UNIX) de alto desempenho.

A primeira etapa para criação de uma base de dados no Spring é a criação de um banco de dados, que armazenará todas as entradas dos dados e a definição do modelo. Este modelo especifica as categorias e classes dos dados que serão armazenados. As categorias agrupam dados de mesma natureza no banco, definindo uma classe de dados. Cada categoria é sempre associada a um único modelo de dados e poderá conter inúmeros planos de informações (mapas) em diferentes projetos no mesmo banco de dados. Para criação do projeto, subdiretório dentro do banco de dados, é necessário conhecer o tipo de projeção a ser utilizada e estabelecer o limite da área de estudo. Um projeto possui vários planos de informações, que armazena um conjunto de informações básicas em comum,

consequentemente associados a uma única categoria e a um único modelo (KREMPI, 2004). A FIG. 5.8 apresenta de forma resumida as etapas para criação de uma base de dados no *software* Spring.

Após a criação da base de dados, o *software* pode ser utilizado para a geração de mapas temáticos, análise espacial de dados em área e por pontos, entre outras funções.



Fonte: KREMPI (2004)

FIG. 5.8 Etapas para a criação de uma base de dado no Spring

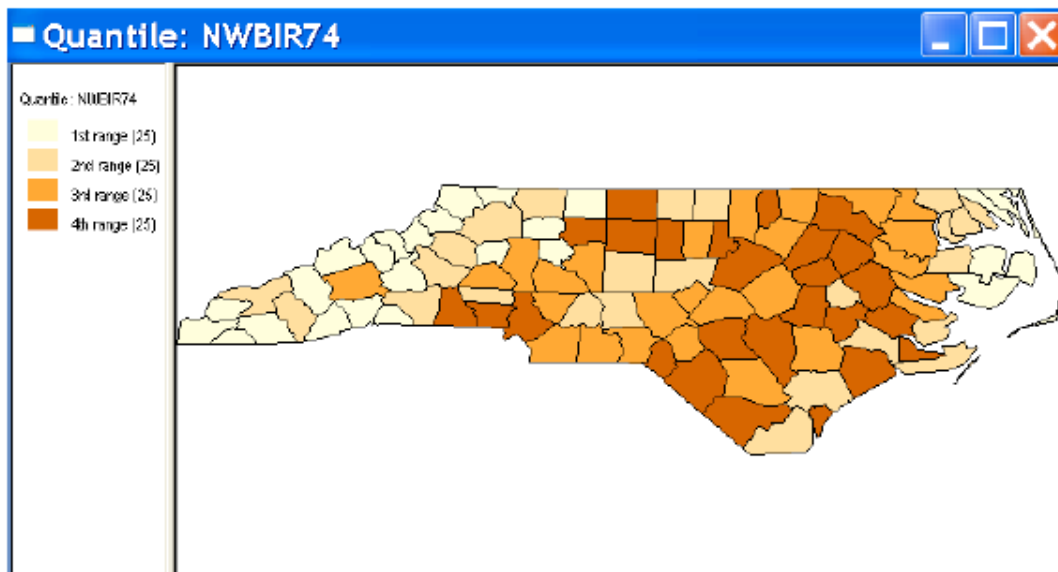
O Spring, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois é um *software* de domínio público, podendo ser obtido pela *internet*.

5.4.2. GEODA

O GeoDa (ANSELIN, 2004b) é um *software* gratuito construído para análise de dados espaciais, possuindo funções de análise de regressão espacial e análise exploratória de dados, incluindo índices de autocorrelação espacial e indicadores de *clusters* e *outliers* espaciais.

O *software* possibilita a criação de mapas temáticos (*choropleth map*), visualização e formulação do banco de dados, aplicação de técnicas de análise

exploratória de dados, elaboração de mapas relacionados com a estatística espacial (*Lisa Map*, *Moran Map* e *Box Map*). Estas funções são ilustradas nas figuras abaixo.



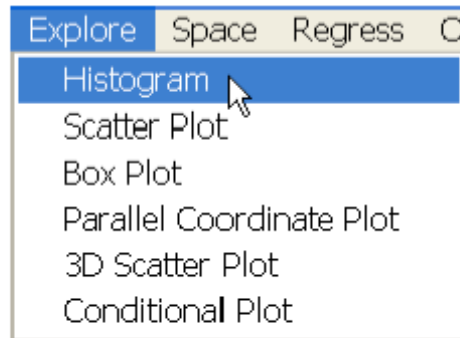
Fonte: ANSELIN (2005)

FIG. 5.9 *Cloropleth map* gerado no GeoDa

	CNTY_FIPS	FIPS	FIPSNO	CRESS_ID	BIR74	SID74	NWBIR74	
32	121	37121	37121	61	671.000000	0.000000	1.000000	
90	043	37043	37043	22	284.000000	0.000000	1.000000	
22	011	37011	37011	6	781.000000	0.000000	4.000000	
39	115	37115	37115	58	765.000000	2.000000	5.000000	
78	113	37113	37113	57	797.000000	0.000000	9.000000	1
1	009	37009	37009	5	1091.000000	1.000000	10.000000	1
2	005	37005	37005	3	487.000000	0.000000	10.000000	

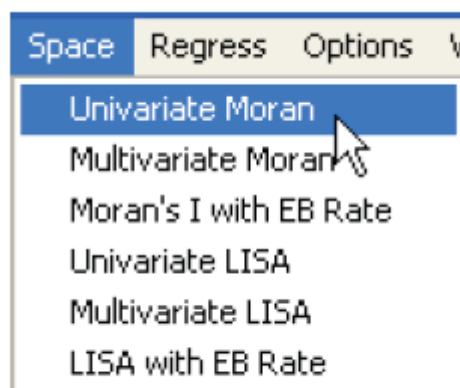
Fonte: ANSELIN (2005)

FIG. 5.10 Banco de dados no *software* GeoDa



Fonte: ANSELIN (2005)

FIG. 5.11 Técnicas de análise exploratória de dados disponíveis no GeoDa



Fonte: ANSELIN (2005)

FIG. 5.12 Tipos de mapas relacionados com a estatística espacial disponíveis no GeoDa

O objetivo principal do *software* é propiciar ao usuário com um caminho natural através do exercício da análise espacial empírica de dados, começando com a formulação simples de mapas e visualização de dados geográficos (geovisualização), indo pela análise exploratória e da autocorrelação espacial, terminando com a regressão espacial (ANSELIN, 2004a).

Segundo o autor do aplicativo, este possui um ambiente interativo que combina mapas com gráficos estatísticos (histogramas, *box plot*, gráficos de dispersão), sendo sua funcionalidade classificada em seis categorias:

- Manipulação e utilização de dados espaciais: entrada, saída e conversão de dados;
- Transformação de dados: transformação de variáveis e criação de novas;

- Manipulação de mapas: mapas temáticos, cartogramas e animação de mapas;
- Construção de gráficos estatísticos;
- Análise da autocorrelação espacial: autocorrelação estatística local e global, com inferência e visualização;
- Realização de regressões espaciais: diagnósticos e estimação de probabilidade máxima de modelos lineares de regressão espacial.

Os mapas podem ser construídos a partir de pontos (centróides) e de polígonos. O GeoDa aceita o formato *shape file*, possibilitando a importação de bases geográficas vindas de outros softwares, como ArcView, TerraView e TransCAD.

5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a importância do SIG é indiscutível, e com o auxílio das ferramentas da estatística espacial, torna-se mais eficiente ainda.

A aplicação das técnicas SIG e estatística espacial é indispensável na análise do fenômeno da mobilidade urbana, na qual a caracterização e o diagnóstico do padrão de distribuição espacial de variáveis como domicílios da população de baixa renda, oferta de empregos e vagas escolares na área em estudo, renda dos usuários e acessibilidade provida pelo sistema de transporte público, são imprescindíveis. Com certeza, nenhum desses fatores apresenta uma distribuição uniforme e homogênea nas grandes e médias cidades brasileiras, sendo essencial a quantificação da variação espacial dos mesmos (HENRIQUE, 2004).

6. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL EM CENTROS URBANOS

6.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo apresenta-se o procedimento de análise da mobilidade sustentável a ser utilizado em estudos que visam identificar espacialmente o nível da sustentabilidade na mobilidade de diferentes áreas urbanas.

O procedimento se baseia nos estudos e métodos de análise da mobilidade e análise espacial apresentados nos capítulos anteriores. São então apresentadas as etapas para a obtenção dos dados da área de estudo, na seleção e na medição de indicadores e índices, e na aplicação das técnicas de análise espacial de dados em área.

Procurou-se desenvolver um procedimento simples, com uma modelagem matemática que não exigisse recursos computacionais avançados.

6.2. ESTRUTURA DO PROCEDIMENTO

O objetivo do procedimento desenvolvido é caracterizar o nível da mobilidade urbana sustentável de uma região, buscando identificar o padrão de distribuição espacial desse fenômeno. Este procedimento foi dividido em três fases:

- 1ª Fase: Área de estudo;
- 2ª Fase: Seleção dos indicadores e cálculo dos índices de mobilidade sustentável;
- 3ª Fase: Análise espacial dos dados em área.

6.2.1. 1ª FASE: ÁREA DE ESTUDO

Esta fase objetiva a preparação da base de dados, a fim de verificar, corrigir e organizar geograficamente as informações para as fases posteriores. As atividades para esta fase são as seguintes:

- Obtenção da base geográfica do centro urbano que será estudado com os respectivos setores censitários delimitados e seus dados sócio-econômicos;
- Delimitação da área de estudo;
- Obtenção dos dados da pesquisa de origem e destino (O/D) realizada no centro urbano;
- Pesquisa em leis municipais, no Plano Diretor e na Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do município a ser analisado;
- Se necessário, realização de pesquisa em campo na área de estudo.

A delimitação da área de estudo consiste em definir que regiões compõem esta área, tomando-se conhecimento das divisões territoriais, por exemplo, em setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou em áreas homogêneas de uma pesquisa O/D.

As duas últimas atividades têm como objetivo buscar informações sobre os indicadores. Neste procedimento propõe-se a utilização do grupo de indicadores proposto por CAMPOS e RAMOS (2005a) e abordados no Capítulo 4, por se tratar de um grupo mensurável e voltado para os centros urbanos. Estes autores propuseram um conjunto de 26 indicadores, divididos em cinco temas, porém, nem sempre será possível calcular todo o conjunto, isto vai depender das informações que forem obtidas nesta fase.

Segundo KREMPI (2004), um dos problemas frequentemente observados em pesquisas empíricas encontra-se na fase de levantamento dos dados, já que após a definição dos objetivos do trabalho e das variáveis exigidas para o desenvolvimento da análise é necessário proceder à coleta dos dados correspondentes. Embora muitos dados úteis para o planejamento urbano e de transportes já estejam disponibilizados por fontes públicas ou privadas, muitos outros dados igualmente

importantes não estão disponíveis, sendo necessária a realização de pesquisas em campo. Após a verificação da qualidade dos dados obtidos através de fontes primárias ou de dados obtidos *in loco*, pode-se então executar as análises posteriores.

6.2.2. 2ª FASE: SELEÇÃO DOS INDICADORES E CÁLCULO DOS ÍNDICES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

A 2ª Fase visa o cálculo de indicadores relacionados com a mobilidade sustentável, a fim de se obter índices locais e globais que demonstrem o quanto a mobilidade de uma área urbana pode ser considerada sustentável. As atividades para esta fase são:

- Seleção dos indicadores de mobilidade urbana sustentável;
- Medição dos indicadores;
- Cálculo dos indicadores para cada setor censitário ou área homogênea;
- Normalização dos valores dos indicadores;
- Cálculos dos índices.

As três primeiras atividades objetivam a escolha e o cálculo dos indicadores. Desta forma, em função das informações que foram possíveis de se obter na 1ª fase, selecionam-se os indicadores que poderão ser utilizados na análise dentre aqueles propostos por CAMPOS e RAMOS (2005a).

A forma de medir este conjunto de indicadores é apresentada a seguir.

6.2.2.1. MEDIÇÃO DOS INDICADORES

A fim de obter os indicadores de uma forma quantitativa, CAMPOS e RAMOS (2005a) propuseram uma forma de medir seus indicadores. Os indicadores por tema são apresentados a seguir, com suas respectivas forma de medir e unidade:

Incentivo ao uso do transporte público

- Oferta de TPU (oferta de lugares): número de lugares ofertados no transporte público em hora de pico;

Unidade: capacidade / hora.

- Freqüência de TPU: freqüência horária de veículos de TPU, no horário de pico;

Unidade: veículos/hora.

- Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida: capacidade média diária de veículos especiais de transporte público para deslocamento de pessoas com mobilidade reduzida. Ou, o número de veículos diários com facilidades para transporte de pessoas com mobilidade reduzida;

Unidade: número de passageiros por dia ou veículos por dia.

- Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio: tempo médio de viagem na hora de pico entre o centróide da região de estudo e o núcleo central da cidade;

Unidade: minutos.

- População residente com distância média de caminhada inferior a 500 metros das estações e/ou paradas do transporte público urbano (TPU): população residente num raio de 500 metros de um ponto de acesso ao transporte público;

Unidade: habitantes.

Incentivo ao transporte não motorizado

- População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer dentro de um raio de 500m das mesmas: razão entre a população total dentro deste raio com distância de caminhada de no máximo 500 metros, em vias com calçadas, e a população total da área;

Unidade: % habitantes próximos à área verde / população total.

- Parcela de área de comércio (uso misto): razão entre a área total de uso comercial (varejo) e a área total construída;

Unidade: % ha/ha.

- Diversidade de uso comercial e serviços dentro de um bloco ou quadra de 500 metros x 500 metros: razão entre número de diferentes tipos de estabelecimentos de comércio e serviço e o número total de estabelecimentos numa quadra;

Unidade: número de tipos de estabelecimentos / número total de estabelecimentos.

- Extensão de ciclovias: razão entre a extensão de vias com ciclovias e a extensão total de vias coletoras e arteriais;

Unidade: % km/km.

- Distância média de caminhada às escolas: média das maiores distâncias entre os limites da região e as escolas da mesma. Ou, quando houver disponibilidade de informação, este indicador pode ser medido pela distância média de caminhada dos alunos até as residências;

Unidade: distância máxima total (km) / número de escolas ou distância média de caminhada (km).

- Número de lojas de varejo por área desenvolvida líquida: razão entre o número de lojas e a área total construída;

Unidade: número de lojas / ha.

- População dentro de uma distância de 500 metros de vias com uso predominante de comércios e serviços: média de população residente dentro de faixa 500 metros ao longo de vias com uso predominante, acima de 50%, de comércio e serviço;

Unidade: população.

Conforto ambiental e segurança

- Extensão de vias com *traffic calming*: razão entre a extensão de vias com implantação de medidas de *traffic calming* e a extensão total de vias na região;

Unidade: % km/km.

- Parcela de veículos (oferta de lugares) do TPU utilizando energia limpa: razão entre a capacidade de transporte público utilizando energia limpa (elétrica ou a gás) e a capacidade total do transporte público;

Unidade: % capacidade / capacidade.

- Parcela de vias com calçada: percentual de vias com calçadas em ambos os lados com largura superior a 1,20 metros em relação à extensão total de vias;

Unidade: % km/km.

- Acidentes com pedestres e ciclistas por mil habitantes: média mensal de acidentes provocados por veículos envolvendo pedestres e ciclistas para cada mil habitantes;

Unidade: número de acidentes / 1000 habitantes.

- Parcela de interseções com faixas para pedestres: percentual de interseções com faixas para pedestres em relação ao total de interseções;

Unidade: % número de interseções / número total de interseções.

- Parcela de veículos de carga com uso de energia limpa: razão entre o volume diário de veículos de carga movidos a eletricidade ou a gás e o volume total de veículos de carga circulando na região;

Unidade: % veículos de carga com energia limpa / total de veículos de carga.

Conjunção transporte e atividade econômica

- Custo médio de viagem no transporte público para o núcleo central de atividades: valor médio pago por viagem no transporte público até o núcleo central da cidade, compreendendo o uso de um ou mais sistemas de transporte;

Unidade: \$.

- Renda média da população / custo mensal do transporte público: razão entre a renda média mensal da população e o custo total mensal no transporte público referente a duas viagens diárias (ida e volta ao centro urbano);

Unidade: % \$ / \$.

- Baias para carga e descarga: média da razão entre a extensão de baias de carga e descarga em vias de uso comercial e a extensão destas vias;

Unidade: % km / km.

- Tempo médio de viagem TPU *versus* tempo médio de viagem por automóvel: razão entre o tempo médio de viagem no transporte público e o tempo de viagem por automóvel entre o núcleo central da região e o núcleo central da cidade;
Função de medida: $1 - (\% \text{ minutos no TPU} / \text{minutos no automóvel})$.

Intensidade de uso do automóvel

- Veículos–viagens / comprimento total da via ou corredor: razão entre o tráfego médio diário de veículos privados nas vias coletoras dentro da região de estudo e a extensão total destas vias;

Unidade: quantidade de veículos-viagens / km.

- Total de veículos-viagem / per capita: razão entre o número de viagens diárias por automóvel na região e a população ativa;

Unidade: quantidade de veículos-viagens / população ativa.

- Demanda de viagens por automóvel na região: fluxo de tráfego médio diário de transporte por automóvel gerado na região para outras regiões dentro da cidade;

Unidade: número de viagens por dia.

- Horas de congestionamento nos corredores de transportes próximos ou de passagem na região: média diária mensal de horas de tráfego, com nível de serviço F, em vias coletoras ou arteriais dentro da região ou nos limites da mesma, ou seja, com velocidades médias inferiores a 35 km/hora;

Unidade: horas.

Segundo os autores, a proposta de medida dos indicadores está relacionada com os parâmetros ou variáveis que têm uma relação com a contribuição que o indicador pode ter sobre a mobilidade sustentável. Desta forma, caso não seja possível obter os dados para medi-los da forma indicada, pode-se fazer uma variação desta medida utilizando o mesmo parâmetro ou variável, desde que o procedimento seja utilizado para todas regiões da área de estudo. Desta forma é importante verificar se a informação na forma em que se deseja está disponível para todas as regiões.

6.2.2.2. NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES

A normalização de indicadores se faz necessária porque estes, em geral, apresentam valores muito diferentes, e que não são comparáveis, o que inviabiliza a sua agregação imediata para uma análise. Desta forma, para resolver este problema é necessário normalizar os indicadores a serem utilizados, para uma mesma escala única de valores. Existem diferentes métodos de normalização dentro da análise multicritério, sendo que a maioria utiliza valores máximos e mínimos. EASTMAN e JIANG (1996) propôs uma forma simples para normalização de indicadores, que é uma variação linear definida da seguinte forma:

$$X_i = \frac{(R_i - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} \times \text{Intervalo Normalizado} \quad \text{EQ. 6.1}$$

onde:

X_i = valor normalizado;

R_i = valor do indicador a ser normalizado;

R_{\min} = valor mínimo do indicador;

R_{\max} = valor máximo do indicador;

Intervalo Normalizado, em geral = [0,1].

No caso de haver uma análise comparativa da mobilidade sustentável entre regiões de uma cidade, é necessário contruir uma matriz onde cada linha corresponde a um indicador (n) e cujas colunas correspondem às várias regiões (r) em análise. Assim, tem-se uma matriz n x r, onde cada elemento corresponde ao valor de um indicador para uma determinada região. Feito isto, passa-se ao processo de normalização por linha para obter o valor relativo de cada indicador.

6.2.2.3. CÁLCULO DOS ÍNDICES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

A análise final desta fase é feita a partir da agregação dos indicadores com o cálculo dos índices de mobilidade sustentável, sendo associados valores normalizados e pesos. Estes pesos serão aqueles propostos no trabalho de CAMPOS e RAMOS (2005a), apresentados na TAB. 4.9.

Observa-se que os valores dos pesos são relativos e, portanto, os valores contidos na TAB. 4.9 só deverão ser utilizados quando todos os indicadores puderem ser medidos. Quando nem todos os indicadores forem utilizados, ou seja, quando se faz uma seleção de parte deles, será necessário recalculá-los a partir dos valores da tabela. Por exemplo, suponha-se que no conjunto de indicadores do Tema 1 (Incentivo ao uso do transporte público) apenas seja possível medir os indicadores: oferta de TPU, frequência de TPU e oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida. Tem-se então que obter novos pesos para os indicadores selecionados, que será a razão entre o valor do peso de cada um, contido na TAB. 4.9, dividido pela soma dos pesos dos três indicadores. O cálculo destes novos pesos dos três indicadores é explicitado abaixo, como forma de exemplo:

- Indicador: oferta de TPU

$$\text{Novo peso} = \frac{0,28}{0,28 + 0,22 + 0,19} = 0,41$$

- Indicador: frequência de TPU

$$\text{Novo peso} = \frac{0,22}{0,28 + 0,22 + 0,19} = 0,32$$

- Indicador: oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida

$$\text{Novo peso} = \frac{0,19}{0,28 + 0,22 + 0,19} = 0,27$$

Após este processo, serão calculados os índices de mobilidade sustentável de cada região (r) de análise, sendo utilizada a equação proposta por CAMPOS e RAMOS (2005b):

$$IMS = \sum_{t=1}^m w_t \left(\sum_{i=1}^n a_i w_i X_i \right) \quad \text{EQ. 6.2}$$

onde:

IMS = índice de mobilidade sustentável;

w_t = peso resultante atribuído ao tema t (TAB. 4.9);

a_i = parâmetro que recebe o valor 1 ou -1, dependendo se o indicador contribui positivamente ou negativamente para a mobilidade sustentável (TAB. 4.9);

w_i = peso resultante atribuído ao indicador i (TAB. 4.9);

X_i = valor normalizado do indicador i, para cada região r analisada;

t = tema relacionado com os principais objetivos da mobilidade sustentável;

m = número de temas;

n = número de indicadores considerados por tema.

6.2.3. 3ª FASE: ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS EM ÁREA

A 3ª Fase consiste em obter uma caracterização espacial sobre a mobilidade sustentável de um centro urbano, identificando áreas críticas, dependências e tendências espaciais de crescimento, dentre outras funções. Esta fase possui as seguintes atividades:

- Visualização dos dados em mapas temáticos;
- Média móvel espacial (item 5.3.4.2);
- Estatística de autocorrelação espacial global (item 5.3.4.3);
- Diagrama de espalhamento de Moran (Box Map) (item 5.3.4.4);
- Estatística de autocorrelação espacial local (Lisa Map e Moran Map) (item 5.3.4.5).

A utilização dos dados em mapas temáticos consiste em visualizar a distribuição espacial da mobilidade sustentável em ambiente SIG. O cálculo da média móvel espacial objetiva a visualização da evolução e das tendências espaciais de crescimento dos índices.

O diagrama de espalhamento de Moran é usado para identificar as áreas de regime espacial positivo, negativo e de transição, permitindo também identificar áreas com valores extremos (*outliers*). Este diagrama também pode ser representado em um mapa temático, conhecido com *Box Map*, que propicia a visualização da correlação entre o atributo medido para determinada zona e o mesmo atributo medido para seus vizinhos.

As estatísticas espaciais globais são calculadas para constatar o tipo de distribuição espacial dos índices de mobilidade sustentável. E, as estatísticas espaciais locais identificam e classificam as áreas conforme o nível de significância da correlação espacial dos índices, utilizando o *Lisa Map* e o *Moran Map*.

A elaboração de mapas é de suma importância, devido à facilidade da visualização dos resultados. O *Lisa Map* e o *Moran Map* indicam as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do restante das regiões.

A última atividade do procedimento sugerido, objetiva a análise crítica dos resultados obtidos em ambiente SIG das demais atividades. No caso da comparação de valores entre diferentes regiões, recomenda-se gerar os mapas com intervalos de classes iguais.

6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este procedimento, será possível calcular e controlar o nível da mobilidade sustentável em um centro urbano, podendo-se comparar o valor do índice de uma região com outras regiões.

O procedimento proposto auxiliará tomadores de decisão na identificação de regiões que possuem problemas e a propor soluções que melhorem o índice de

mobilidade urbana sustentável, sendo possível definir um índice padrão, através de pesquisas.

7. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

7.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo apresenta-se uma aplicação do procedimento desenvolvido para a análise do nível da mobilidade urbana sustentável no município de Belo Horizonte. A capital do Estado de Minas Gerais possui 2,24 milhões de habitantes e é a terceira maior cidade do Brasil.

Para esta aplicação foram selecionadas duas regiões da cidade que apresentam distintas rendas familiares. Esta escolha teve como objetivo fazer, não somente, uma análise espacial da mobilidade sustentável em cada região, mas também analisar sob o ponto de vista da renda social a diferença que pode haver na distribuição e no valor da mobilidade nestas regiões.

Como suporte a esta análise foram utilizadas as ferramentas dos *softwares* GeoDa 0.95i (ANSELIN, 2004b) e Transcad 4.5 (CALIPER CORPORATION, 2002).

7.2. 1ª FASE: ÁREA DE ESTUDO

7.2.1. ATIVIDADE 1: BASE GEOGRÁFICA

Para iniciar a aplicação do procedimento, foi obtida a base geográfica digitalizada do município de Belo Horizonte com seus respectivos setores censitários, no *software* Transcad. Os setores censitários não estavam definidos como áreas, então, houve necessidade de transformação das linhas limites em áreas fechadas, já que o enfoque da aplicação é a análise espacial de dados em

área. O mapa, gerado no Transcad e representado na FIG. 7.1, apresenta o centro urbano com seus setores censitários delimitados.

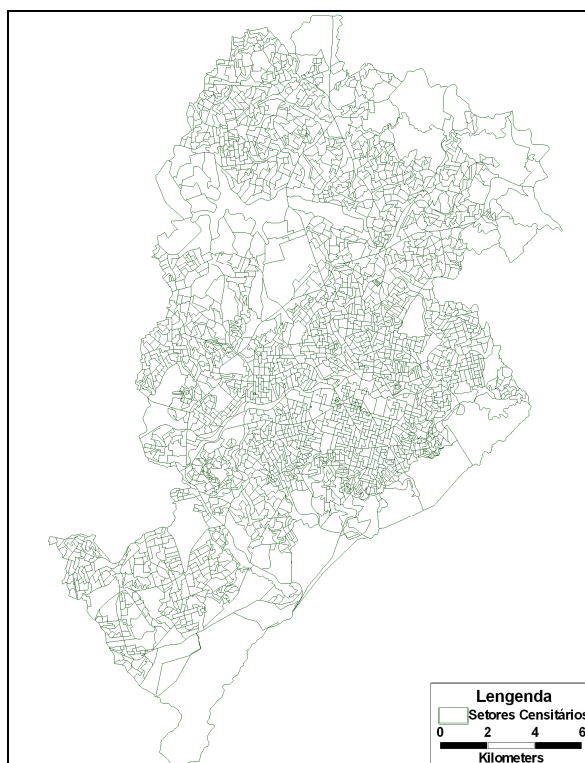


FIG. 7.1 Município de Belo Horizonte dividido em setores censitários

Associados a esta base geográfica, têm-se os dados por setor censitário do Censo Demográfico 2000, realizado pelo IBGE, como:

- População;
- Número de domicílios;
- Habitantes por domicílio;
- Habitantes por quilômetro;
- Renda por população domiciliar;
- Renda por salário mínimo;
- Renda por responsável;
- Entre outros.

7.2.2. ATIVIDADE 2: DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como área de estudo foram selecionadas duas regiões da capital mineira com rendas distintas. Esta escolha teve como objetivo analisar espacialmente a mobilidade sustentável nestas áreas e observar a relação desta mobilidade com a renda da população destas regiões. Assim, a área de estudo é composta pelas regiões: Região A, que compreende os bairros Anchieta, Belvedere, Cruzeiro e Mangabeiras, e Região B, que compreende os bairros Calafate e Padre Eustáquio, sendo que a primeira região possui uma renda relativamente maior que a segunda.

A TAB. 7.1 e a FIG. 7.2 apresentam características e a localização destes dois grupos de análise.

TAB. 7.1 Características da área de estudo

Região	Bairro	Área (ha)	Nº de setores
A	Anchieta	0,71	17
	Belvedere	2,30	6
	Cruzeiro	0,52	11
	Mangabeiras	7,09	7
Total		10,62	41
B	Calafate	0,92	8
	Padre Eustáquio	3,18	42
Total		4,10	50

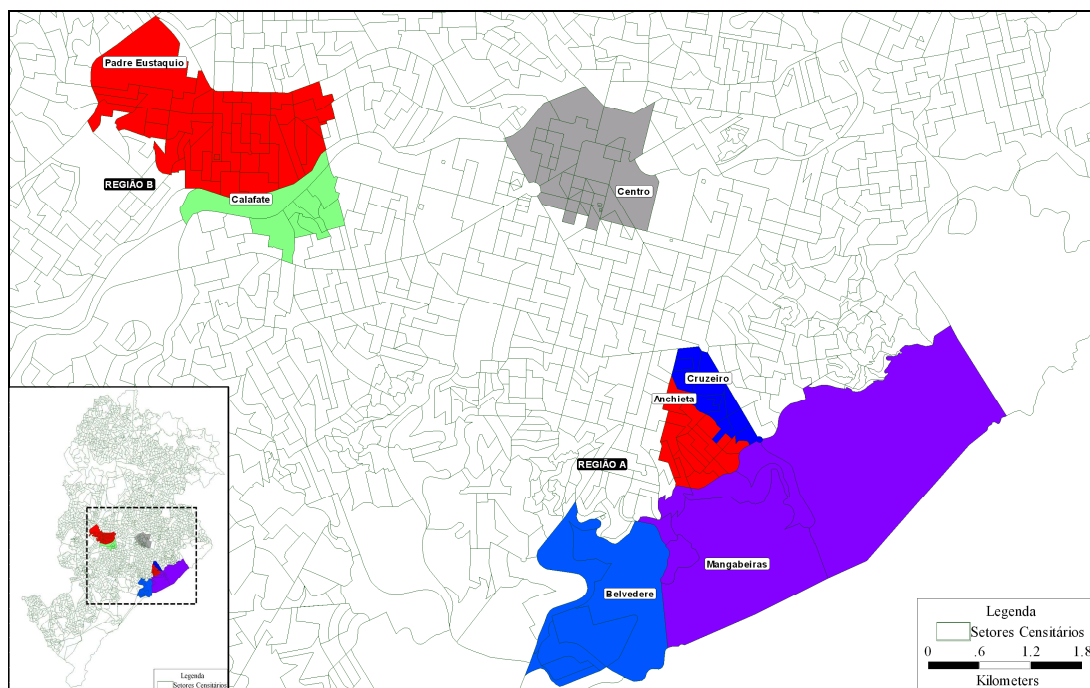


FIG. 7.2 Localização das regiões da área de estudo

Após a delimitação da área de estudo foi possível extrair da Atividade 1, as informações apresentadas na TAB. 7.2.

TAB. 7.2 Informações demográficas da área de estudo

Região	Bairro	População	Nº de domicílios	Habitante / Domicílio	Habitante / km	Renda / Pop. Domiciliar	Renda / Salário mínimo	Renda / Responsável
A	Anchieta	12.844	4.264	3,01	19.539	8,50	25,90	3.885,5
	Belvedere	4.651	1.196	3,89	2.678	13,29	48,87	7.329,8
	Cruzeiro	8.455	2.739	3,09	19.500	6,93	21,64	3.246,6
	Mangabeiras	6.109	1.567	3,90	4.843	10,07	38,77	5.814,9
Total / Média		32.059	9.766	3,47	11.640	9,70	33,79	5.069,2
B	Calafate	5.426	1.721	3,15	9.794	3,68	11,36	1.703,9
	Padre Eustáquio	28.473	8.958	3,18	12.140	3,12	9,36	1.404,1
Total / Média		33.899	10.679	3,17	10.967	3,40	10,36	1.554,0

Fonte: IBGE (2001)

Pela TAB. 7.2 percebe-se que as duas regiões possuem valores próximos de população e número de domicílios e que a Região A apresenta uma renda por responsável pelo domicílio, 326% maior que a Região B.

7.2.3. ATIVIDADE 3: PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO

O município possui uma pesquisa de origem e destino (O/D), então, foi possível utilizá-la para análise das viagens realizadas na área de estudo.

Esta pesquisa de O/D foi realizada nos anos de 2001 e 2002, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) pela Fundação João Pinheiro. As entrevistas foram feitas nos domicílios, na rodoviária de Belo Horizonte e na linha de contorno da RMBH.

A entrevista domiciliar, que serviu de base para esta aplicação, gerou um banco de dados com 141.713 registros. Foram utilizados vários níveis de agregação espacial dos dados, sendo a menor unidade espacial denominada de área homogênea (AH). São, ao todo, 1.003 áreas homogêneas na RMBH, sendo deste total, 402 internas ao município de Belo Horizonte e 29 em sua área central.

A partir da pesquisa é possível construir a matriz do transporte urbano da RMBH (FIG. 7.3).

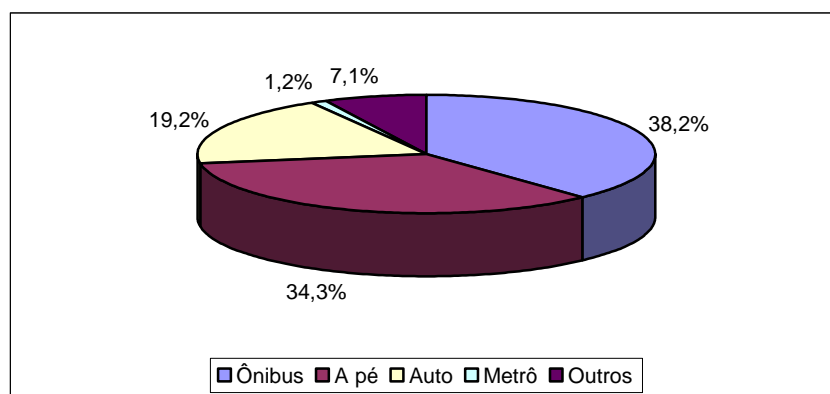


FIG. 7.3 Matriz do transporte urbano da RMBH

A TAB. 7.3 mostra as viagens realizadas diariamente na área de estudo por região de análise em 2002, segundo os principais meios de transporte utilizados. Na Região A foram realizadas, em média, diariamente 19,6 mil viagens, sendo os principais meios de transporte: automóvel (62,3%), ônibus (26,0%) e a pé (10,1%). Na Região B foram realizadas diariamente 11,9 mil viagens, sendo os principais meios de transporte: automóvel (38,2%), ônibus (36,8%) e a pé (23,2%).

Conclui-se que a Região A, por possuir um elevado nível de renda, apresenta uma maior utilização do automóvel, já a Região B, apresenta uma utilização bastante expressiva do ônibus e do deslocamento a pé.

TAB. 7.3 Viagens realizadas nas regiões A e B, segundo os principais meios de transporte

	Região A		Região B	
	Nº de viagens	%	Nº de viagens	%
Auto	12.237	62,3%	4.528	38,2%
Ônibus	5.100	26,0%	4.365	36,8%
Metrô	2	0,0%	146	1,2%
Bicicleta	313	1,6%	74	0,6%
A pé	1.987	10,1%	2.754	23,2%
Total	19.639	100,0%	11.867	100,0%

Fonte: CBTU (2005)

7.2.4. ATIVIDADE 4: INFORMAÇÕES SOBRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para analisar a mobilidade sustentável da área de estudo, foram coletadas informações em diversas fontes, buscando-se auxílio em mapas de catálogos telefônicos, leis municipais, imagens de satélite, entre outras. Para o conhecimento da hierarquização viária das vias da área de estudo foi utilizada a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte (Lei 7166/96 com alterações introduzidas pela Lei 8137/00).

A rede de transporte público que atende o município foi fornecida por uma empresa de consultoria em engenharia de transportes. Esta rede possui a localização dos pontos de parada, itinerários e frequência dos ônibus que atendem o centro urbano.

7.2.5. ATIVIDADE 5: PESQUISAS *IN LOCO*

Quando não foi possível obter as informações necessárias, para a análise da mobilidade sustentável na área de estudo, em leis municipais, pesquisa O/D e na Prefeitura do município, foram necessárias visitas e pesquisas *in loco*, para obter dados importantes para o cálculo dos indicadores, como por exemplo, os indicadores: população dentro de uma distância de 500 metros de vias com uso predominante de comércios e serviços, extensão de vias com *traffic calming* e parcela de vias com calçada.

7.3. 2ª FASE: SELEÇÃO DE INDICADORES E CÁLCULO DOS ÍNDICES DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

7.3.1. ATIVIDADE 1: SELEÇÃO DOS INDICADORES

A partir do grupo de indicadores de mobilidade urbana sustentável proposto por CAMPOS e RAMOS (2005a), apresentado na TAB. 4.9, foram selecionados 16 dos 26 indicadores para análise do fenômeno na área de estudo, que são apresentados na TAB. 7.4 com seus respectivos pesos recalculados. Estes indicadores foram selecionados devido à disponibilidade de dados coletados na 1ª Fase. Para facilitar a descrição dos indicadores, a quinta coluna da tabela apresenta uma maneira simplificada de denominação destes, que será utilizada nas próximas seções.

TAB. 7.4 Lista de indicadores utilizados na área de estudo

Tema	Peso	Indicador	Peso	Indicador simplificado
Incentivo ao uso do transporte público	0,26	Oferta de TPU (oferta de lugares)	0,28	Oferta de TPU
		Frequência de TPU	0,22	Frequência de TPU
		Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida	0,19	Pessoas de mobilidade reduzida
		Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio	0,13	Tempo médio de viagem no TPU
		População residente com distância média de caminhada inferior a 500 metros das estações/paradas de TPU	0,18	Estações/paradas de TPU
Incentivo ao transporte não motorizado	0,25	Áreas verdes ou lazer	0,23	Áreas verdes ou lazer
		Extensão de ciclovias	0,32	Ciclovias
		População dentro de uma distância de 500 metros de vias com uso predominante comércios e serviços	0,45	Vias com uso predominante comércios e serviços
Conforto ambiental e segurança	0,29	Extensão de vias com traffic calming	0,27	Traffic calming
		Parcela de veículos (oferta de lugares) do TPU utilizando energia limpa	0,19	Energia limpa no TPU
		Parcela de vias com calçadas	0,54	Calçada
Conjunção transporte e atividade econômica	0,11	Custo médio de viagem no transporte público para o núcleo central de atividades	0,43	Custo médio de viagem no TP
		Renda média da população/custo mensal do transporte público	0,57	Renda média da população/custo mensal do TP
Intensidade de uso do automóvel	0,09	Veículo–viagens/comprimento total da via ou corredor	0,24	Veículo–viagens/comp. total da via
		Total de veículos privados-viagem/per capita	0,32	Veículos-viagem/per capita
		Demanda de viagens por automóveis na região	0,44	Demanda de viagens por automóveis

7.3.2. ATIVIDADES 2 E 3: MEDIÇÃO E CÁLCULO DOS INDICADORES

Nestas atividades foram medidos e calculados os indicadores da TAB. 7.4. A medição foi realizada a partir de informações coletadas nas atividades da 1ª Fase. A seguir, é apresentado como que cada indicador foi medido e calculado para a área de estudo:

Incentivo ao uso do transporte público

- Oferta de TPU – Neste indicador foi considerado para o ônibus, uma capacidade de 75 lugares, e para o metrô, 13 mil passageiros por hora e por sentido. Então, este número foi multiplicado pela frequência de TPU que atravessa cada bairro no horário de pico.
- Frequência de TPU – O número de ônibus e de metrô, que atravessa cada bairro no horário de pico, foi obtido a partir da rede de transporte público de Belo Horizonte.
- Pessoas de mobilidade reduzida – O número de ônibus diários com facilidades para o transporte de pessoas com mobilidade reduzida foi fornecido pela BHTrans, como estando presente em 31% dos veículos circulantes, e com relação ao metrô foi considerado o valor total de veículos diários, já que este possui rampas de acesso tanto para a estação quanto para o vagão.
- Tempo médio de viagem no TPU – A partir da base geográfica da área de estudo, foi medida a distância do centróide de cada bairro até a Região Central de Belo Horizonte, seguindo vias urbanas para o transporte público por ônibus, e para o metrô foi considerado o seu traçado. Foi utilizada uma velocidade média de 13 km/h para o ônibus, considerada no hipercentro do município, e de 40 km/h para o metrô. Dividindo-se a distância pela velocidade média, foi possível calcular o tempo médio de viagem do TPU para o núcleo central de atividades e comércio do município.
- Estações/paradas de TPU – A população residente num raio de 500 metros de um ponto de acesso ao TPU, foi obtida a partir de uma ferramenta de seleção do *software* Transcad, denominada *select by circle*. Com esta ferramenta, os setores censitários num raio de 500 metros de um ponto de parada do TPU foram selecionados, e suas populações obtidas.

Incentivo ao transporte não motorizado

- Áreas verdes ou lazer – A população residente num raio de 500 metros de áreas verdes e/ou de lazer foi obtida a partir da ferramenta *select by circle* do Transcad. A localização de parques, praças e áreas verdes foi retirada da lista telefônica de Belo Horizonte.
- Ciclovias – A localização de ciclovias foi obtida a partir de uma visita de campo. A extensão das vias com ciclovias e a das vias coletoras e arteriais, foram medidas a partir da base geográfica da área de estudo. A classificação das vias foi adquirida na Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte.
- Vias com uso predominante de comércio e serviços – A partir de uma visita de campo, foi possível determinar quais vias possuíam uso predominante de comércio e serviços. Estas vias foram selecionadas no Transcad, e com a ferramenta *select by circle* foi obtida a população que estava a 500 metros destas vias.

Conforto ambiental e segurança

- *Traffic calming* – Foi possível calcular este indicador a partir de uma visita de campo. A extensão das vias pôde ser medida na base geográfica da área de estudo.
- Energia limpa no TPU – O único modo de transporte considerado, que utiliza energia limpa, foi o metrô. A capacidade do metrô de Belo Horizonte é de 1.100 passageiros por composição com quatro vagões, com um tempo de espera (*headway*) de cinco minutos. Então, a capacidade por sentido é de 13 mil passageiros por sentido na hora de pico.
- Calçada – Este indicador foi calculado a partir de visitas de campo.

Conjunção transporte e atividade econômica

- Custo médio de viagem no TPU – Foi utilizada a tarifa vigente do ônibus e do metrô.
- Renda média da população / custo mensal do TP – A renda mensal da população foi obtida pelo Censo Demográfico 2000, e o custo mensal do TPU, a partir do indicador custo médio de viagem no TPU.

Intensidade de uso do automóvel

- Veículo-viagens / comprimento total da via – O tráfego médio diário de veículos privados foi retirado da pesquisa O/D. A extensão das vias coletoras foi medida na base geográfica da área de estudo.

- Veículos-viagens / per capita – O número de viagens diárias por automóvel na região foi obtida a partir da pesquisa O/D, e a população ativa, a partir do Censo Demográfico 2000.

- Demanda de viagens por automóveis – O fluxo de tráfego diário gerado por automóvel, foi obtido a partir da pesquisa O/D.

Os valores dos indicadores calculados para cada setor censitário são apresentados no Anexo 1 por região de análise.

7.3.3. ATIVIDADE 4: NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES

Com os indicadores calculados, foi necessário normalizá-los, já que estes possuem valores muito diferentes e difíceis de serem comparados, conforme foi mencionado no procedimento, sendo utilizada a EQ. 6.1. Os valores dos indicadores normalizados para cada setor censitário são apresentados no Anexo 2 por região de análise.

7.3.4. ATIVIDADE 5: CÁLCULOS DOS ÍNDICES

Após a normalização do grupo de indicadores, foram calculados os índices de mobilidade sustentável de cada setor censitário, com auxílio da EQ. 6.2, como pode ser observado na TAB. 7.5.

TAB. 7.5 Índices de mobilidade sustentável de cada região de análise, por setor censitário

Região	Setor Censitário	Índice
Região A	20253	1,29939
	20287	1,48296
	20357	0,39902
	20358	0,88803
	20359	0,29044
	20360	0,14495
	20069	1,37943
	20070	1,37858
	20143	1,64591
	20144	1,18231
	20145	1,46345
	20191	2,28800
	20221	1,24199
	20010	1,35621
	20011	1,41674
	20034	1,26188
	20035	1,34965
	20036	1,35257
	20037	1,35658
	20038	1,55644
20039	1,47255	

Região	Setor Censitário	Índice
Região A	20071	1,79261
	20073	1,92048
	20074	1,71528
	20075	1,56844
	20076	1,16013
	20077	1,36935
	20146	1,90420
	20147	1,52473
	20148	1,15791
	20149	1,13326
	20150	1,04502
	20151	1,68161
	20152	2,02156
	20153	1,31824
	20154	1,16408
	20155	1,30661
	20156	1,46708
	20192	1,38976
	20193	1,29604
	20194	1,82757
Média		1,36515
Desvio padrão		0,41513

Região	Setor Censitário	Índice
Região B	50002	1,68484
	50003	1,67807
	50004	1,69379
	50005	1,69114
	50006	1,78719
	50007	1,74858
	50009	1,90383
	50022	1,61112
	50023	1,36869
	50024	1,63812
	50025	0,94797
	50026	0,51367
	50027	0,96520
	50038	1,23582
	50039	1,23830
	50040	1,54595
	50053	0,77149
	50078	1,45225
	50079	1,62049
	50080	1,02640
50081	1,29876	
50082	2,10422	
50162	1,77291	
50163	1,28951	
50164	1,82340	

Região	Setor Censitário	Índice
Região C	50165	1,00797
	50166	1,61731
	50167	1,09331
	50168	1,52053
	50401	1,89726
	50402	1,87324
	50403	1,54959
	50404	1,21588
	50405	1,12869
	50406	1,09668
	50407	1,90430
	50408	0,92578
	50409	0,94565
	50410	2,05958
	50411	1,68442
	50412	1,73113
	50413	1,61589
	70223	2,35981
	70225	3,62756
	70243	3,13578
70244	3,08602	
70245	3,46034	
70267	2,96738	
70268	3,18287	
70269	3,71509	
Média		1,73628
Desvio padrão		0,74667

A partir da análise da TAB. 7.5, pode-se destacar que os valores máximos dos índices de mobilidade sustentável encontrados para as regiões A e B são 2,29 e 3,72, e os valores mínimos, 0,14 e 0,51, respectivamente. Foram calculadas para as regiões de análise A e B, os valores médios de 1,37 e 1,74, com desvios padrões 0,42 e 0,75, respectivamente.

7.4. 3ª FASE: ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS EM ÁREA

Nesta fase, a aplicação das técnicas de estatística espacial e a representação dos resultados em SIG são complementares. Para a realização desta etapa, foram utilizados os *softwares* GeoDa, para aplicação das técnicas de estatística espacial, e o Transcad, como SIG.

7.4.1. ATIVIDADE 1: MAPAS TEMÁTICOS

A FIG. 7.4 e a FIG. 7.5 apresentam mapas temáticos, formulados no *software* Transcad, com os índices de mobilidade sustentável, calculados para as regiões A e B, respectivamente. Onde, cada cor corresponde a um intervalo de valores para a mobilidade sustentável.

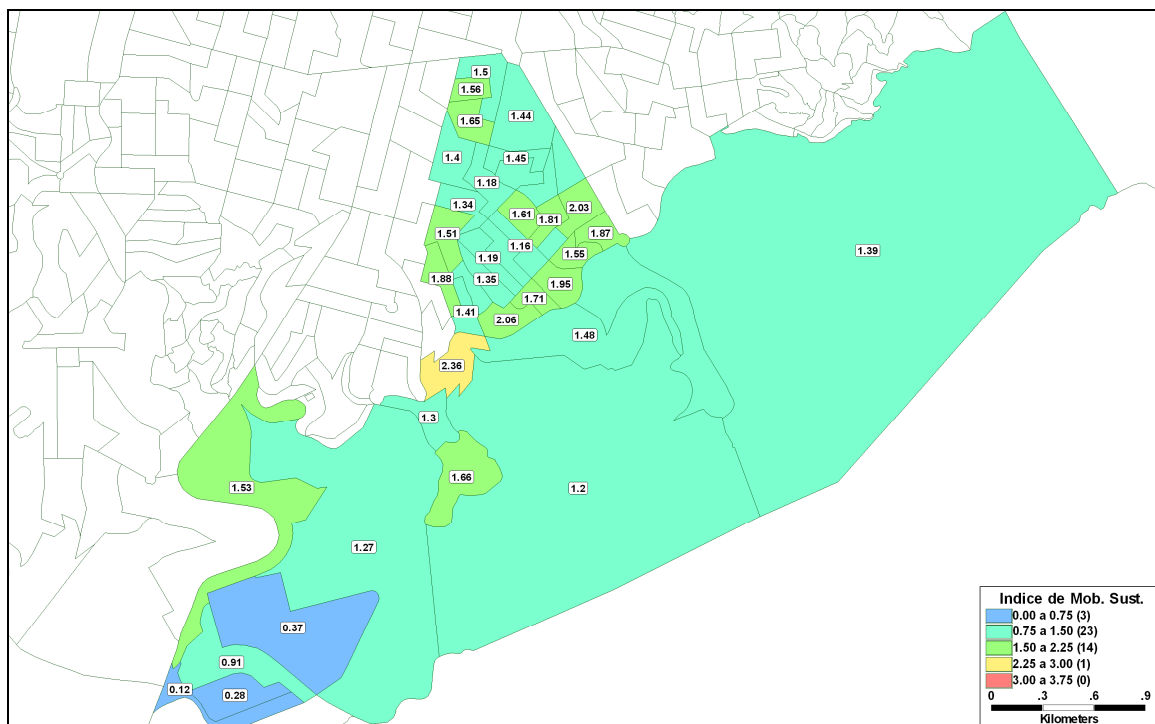


FIG. 7.4 Mapa temático representando os índices de mobilidade sustentável da Região A

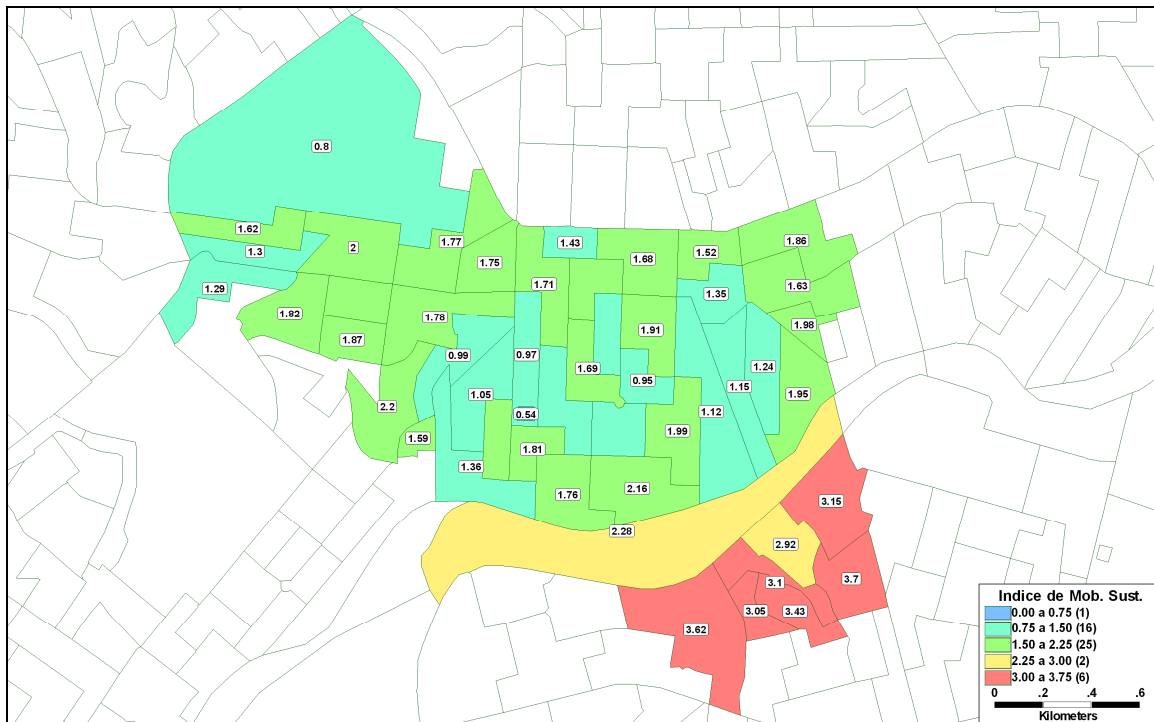


FIG. 7.5 Mapa temático representando os índices de mobilidade sustentável da Região B

A partir dos mapas temáticos apresentados na FIG. 7.4 e na FIG. 7.5, pode-se observar o comportamento da mobilidade sustentável na área de estudo. As duas regiões apresentaram comportamentos dispersos em relação ao fenômeno. Considerando as duas primeiras classes do mapa temático, a Região A possui 26 setores censitários com baixos índices de mobilidade. Analisando-se, da mesma maneira, a Região B, percebe-se que existem 17 setores censitários com baixos índices. Um destes setores, ao noroeste desta região, possui um aeroporto público, e por possuir uma grande área, ele não é atendido completamente pelo transporte público e por vias com uso predominante de comércio e serviços.

Percebe-se também que a Região A não possui valores na classe 5 do mapa temático, já a Região B possui seis setores censitários nesta classe, que indica os maiores valores de índices de mobilidade sustentável.

Com a elaboração dos mapas temáticos, pode-se extrair as informações apresentadas na TAB. 7.6.

TAB. 7.6 Informações extraídas dos mapas temáticos sobre as regiões A e B

Região	Classe	Intervalo	Nº de Setores	Índice (média)	Área (ha)	%	População	%
A	1	0 - 0,75	3	0,26	0,54	5,1%	1.512	4,7%
	2	0,75 - 1,50	23	1,31	8,96	84,4%	17.372	54,2%
	3	1,50 - 2,25	14	1,74	1,03	9,7%	12.364	38,6%
	4	2,25 - 3,00	1	2,36	0,09	0,8%	811	2,5%
	5	3,00 - 3,75	0	-	-	-	-	-
Total			41		10,62	100,0%	32.059	100,0%
B	1	0 - 0,75	1	0,54	0,00	0,0%	72	0,2%
	2	0,75 - 1,50	16	1,13	1,60	39,0%	10.771	31,8%
	3	1,50 - 2,25	25	1,81	1,59	38,8%	17.630	52,0%
	4	2,25 - 3,00	2	2,60	0,45	11,0%	1.183	3,5%
	5	3,00 - 3,75	6	3,34	0,46	11,2%	4.243	12,5%
Total			50		4,10	100,0%	33.899	100,0%

Analisando a TAB. 7.6, percebe-se que os índices de mobilidade sustentável da Região A estão mais concentrados na classe 2 do mapa temático, no que diz respeito à área que ocupa (84,4%) e à sua população (54,2%). A classe 3 do mapa possui um valor expressivo de número de habitantes, ou seja, 38,6% da população total da Região A se encontra nesta classe.

Percebe-se que tanto a área ocupada quanto a população da Região B, estão mais concentradas nas classes 2 e 3 do mapa, representando no total 77,8% para a área, e 83,8% para a população.

Considerando os valores de mobilidade sustentável acima de 1,50, observa-se que a Região A tem 10,5 % de sua área com valores superiores a este para um total de 13.175 habitantes, enquanto que a Região B tem 61,0% de sua área com valores superiores a 1,5 para um total de 23.056 habitantes, ou seja, a área B tem aproximadamente 57,1% a mais de habitantes com uma mobilidade sustentável acima de 1,5, abrangendo uma área duas vezes maior que a área A.

Também, considerando as classes que possuem valores expressivos de índice de mobilidade sustentável (classes 4 e 5), pode-se concluir que os habitantes da Região B possuem uma mobilidade sustentável melhor que a população da outra região, já que 16,0% da sua população estão concentrados nestas classes ao contrário de 2,5% para a Região A.

Dos resultados pode-se concluir que comparativamente a região de menor renda tem uma maior mobilidade sustentável por diferentes características de uso do

transporte, com ênfase no transporte público e na própria característica de ocupação.

7.4.2. ATIVIDADE 2: MÉDIA MÓVEL ESPACIAL

A partir da média móvel espacial é possível identificar tendências espaciais ou padrões que ocorrem na área de estudo.

A FIG. 7.6 e a FIG. 7.7 apresentam mapas temáticos, formulados no Transcad, que representam as médias móveis calculadas para os setores censitários das regiões A e B, respectivamente. Tanto a Região A quanto a Região B, possuem áreas com superfícies contínuas, isto é devido ao fato de que se uma área possui um reduzido/elevado índice de mobilidade sustentável, mas seus vizinhos possuem valores elevados/reduzidos, o índice desta área passará a ser representado pelo comportamento dos índices de seus vizinhos.

Analisando-se os mapas das figuras, pode-se observar que a Região B possui médias com valores mais elevados que a outra região, isto pode ser devido ao fato de que esta região é mais atendida pelo transporte público por ônibus e uma parte desta é atendida pelo metrô. Pode-se observar também que Região B possui mais setores censitários na classe 4 e 5 do mapa temático, concluindo-se que esta possui melhores índices de mobilidade sustentável.

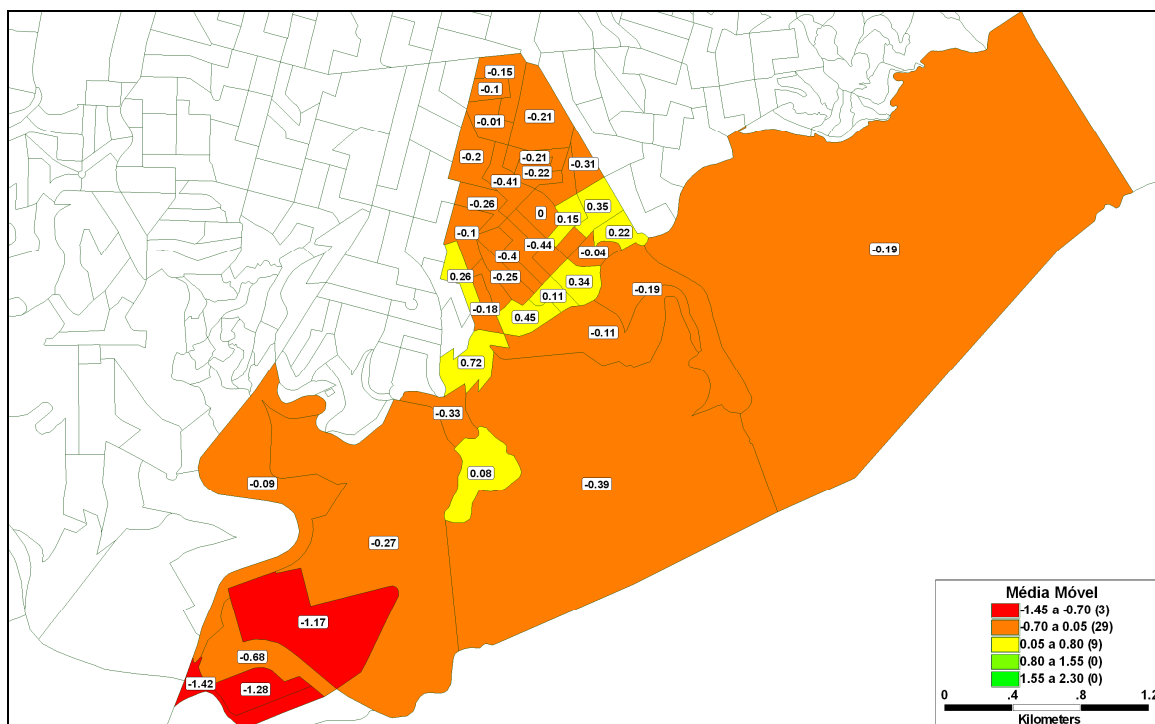


FIG. 7.6 Média móvel do índice de mobilidade sustentável da Região A

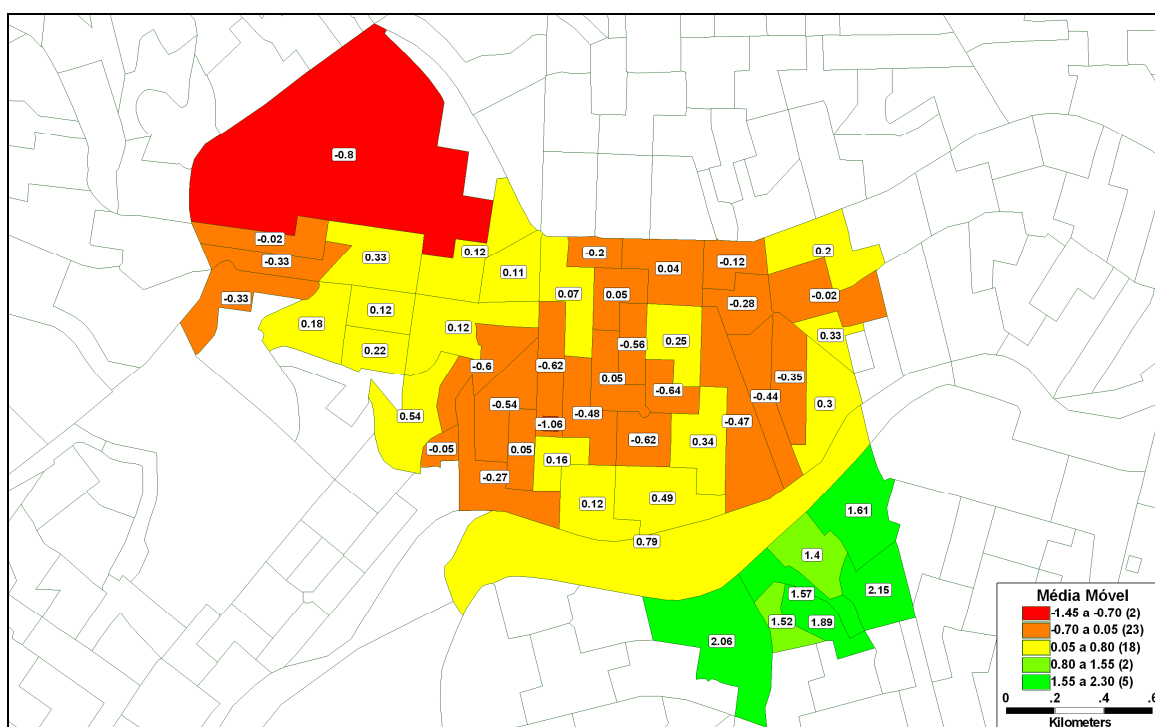


FIG. 7.7 Média móvel do índice de mobilidade sustentável da Região B

Deve-se destacar que a matriz de proximidade espacial, utilizada para a análise espacial, foi elaborada no *software* GeoDa, sendo utilizada a ferramenta *queen-based contiguity*, que determina os vizinhos que possuem algum ponto em comum.

A mera visualização dos dados espaciais em mapas temáticos pode produzir conclusões errôneas em relação ao fenômeno analisado, por isso a necessidade da aplicação de ferramentas da estatística espacial, que serão utilizadas nas próximas seções.

7.4.3. ATIVIDADE 3: AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL GLOBAL

Os índices globais de Moran das regiões A e B foram calculados no GeoDa, sendo encontrados os valores de -0,0985 e 0,6539, respectivamente. O valor positivo do índice global de Moran da Região B indica que a autocorrelação espacial é positiva, ou seja, o valor do atributo de um objeto tende a ser semelhante aos valores dos seus vizinhos. Já o valor negativo encontrado para a Região A, indica autocorrelação espacial negativa, quer dizer, que o valor do índice de mobilidade sustentável de um setor censitário não influencia nos valores de seus vizinhos.

Para verificar a validade estatística dos índices, o *software* disponibiliza o teste de pseudo-significância (técnica de permutação), sendo possível escolher o número desejado de permutações no programa, entre as opções 99, 999 e 9999. Cada permutação produz um novo arranjo espacial dos valores do atributo. O valor do índice global de Moran encontrado nos dados originais, tanto da Região A, quanto da Região B, corresponde ao extremo da distribuição simulada, tratando-se assim, de eventos com significância estatística.

7.4.4. ATIVIDADE 4: DIAGRAMA DE ESPALHAMENTO DE MORAN

Com a construção do diagrama de espalhamento de Moran, é possível comparar os valores normalizados dos índices de mobilidade sustentável na área de estudo com a média dos atributos de seus vizinhos, visualizando a dependência espacial e identificando os diferentes regimes espaciais presentes nos dados.

A FIG. 7.8 e a FIG. 7.9 apresentam os diagramas das regiões A e B, respectivamente.

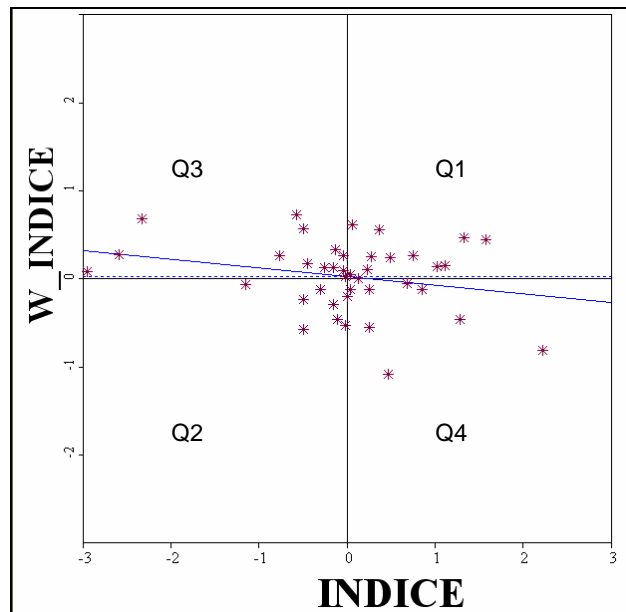


FIG. 7.8 Diagrama de espalhamento de Moran para a Região A

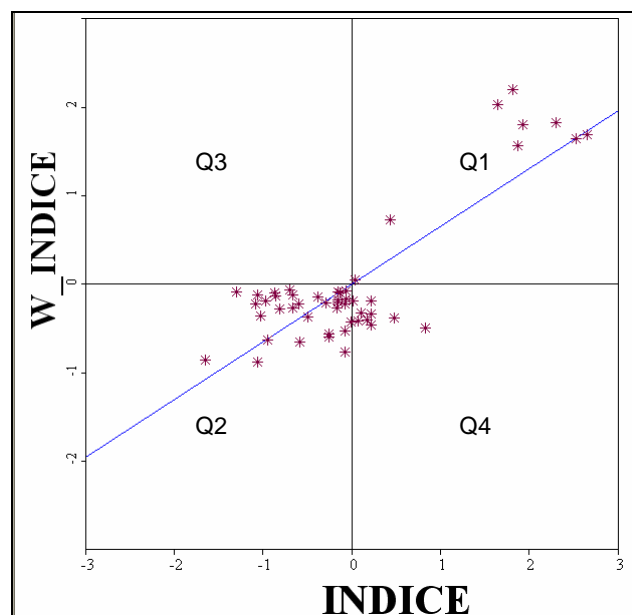


FIG. 7.9 Diagrama de espalhamento de Moran para a Região B

Segundo SERRANO e VALCARCE (2000), quando a nuvem de pontos está dispersa nos quatro quadrantes do diagrama de Moran, é indício de ausência de correlação espacial, como pode ser observado no diagrama da Região A (FIG. 7.8), e se os valores encontram-se concentrados sobre a diagonal que cruza os

quadrantes 1 e 2, como no caso da Região B (FIG. 7.9), existe uma elevada correlação espacial positiva da variável. Esta afirmativa é comprovada pelos valores dos índices globais de Moran encontrados no item anterior.

Os diagramas de espalhamento possibilitaram o desenvolvimento de um *Box Map* de cada região, sendo possível analisar as tendências espaciais. Cada polígono é representado por uma cor de acordo com o valor do seu quadrante, sendo possível visualizar a correlação entre o atributo medido para determinada zona e o mesmo atributo medido para seus vizinhos. Este mesmo mapa sinaliza separadamente as observações atípicas (*outliers*) das demais. Os mapas gerados no Geoda podem ser observados nas FIG. 7.10 e FIG. 7.11.

A porcentagem na legenda indica a relação do índice de mobilidade sustentável de uma observação com a média dos valores de seus vizinhos. Por exemplo, se um setor censitário possui um índice com o valor de 1,20, e seus vizinhos possuem valores de 1,27, 1,66, 1,30, 2,36, 1,48 e 1,39, a média dos vizinhos seria 1,58, então o valor do índice possui uma defasagem de 24% em relação à média, sendo esta observação localizada no segundo quadrante (<25%) do *Box Map*.

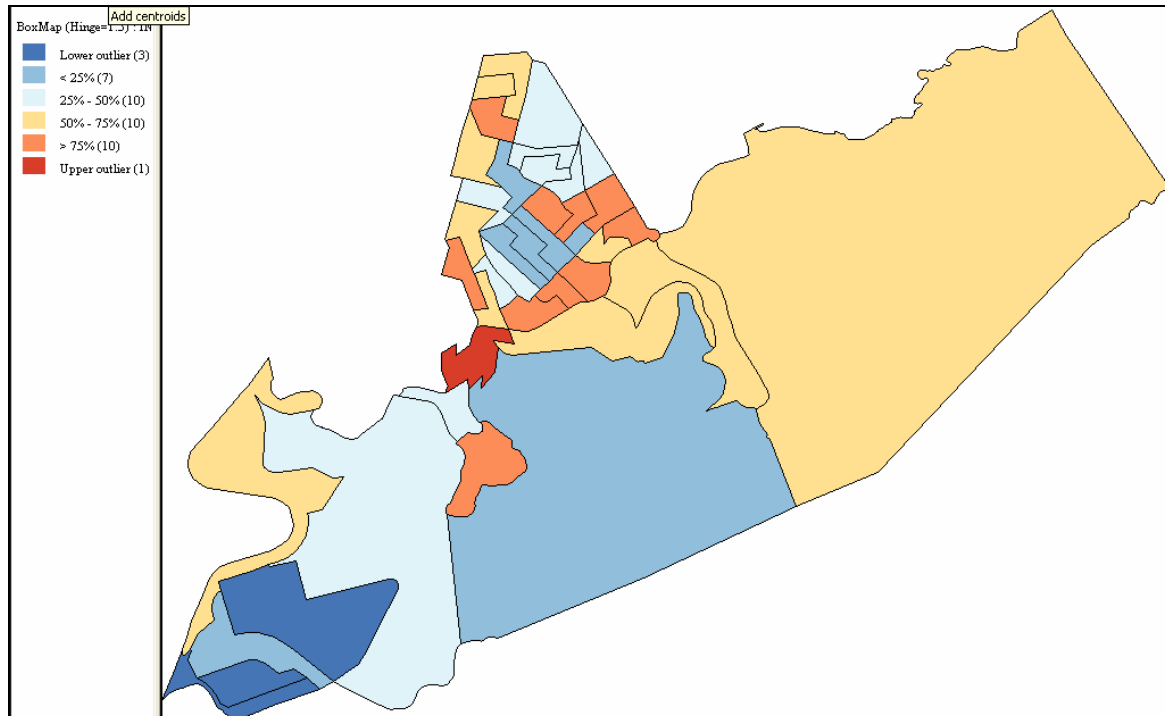


FIG. 7.10 Box Map da Região A

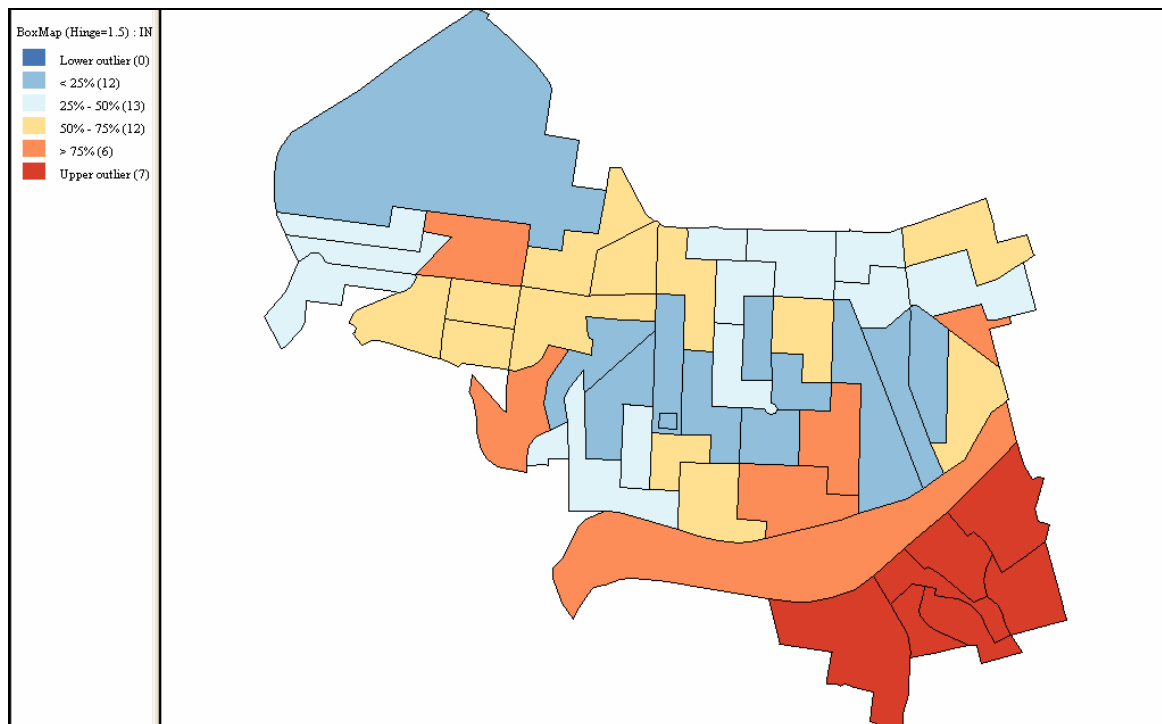


FIG. 7.11 Box Map da Região B

A partir do diagrama de espalhamento de Moran e do Box Map, foi possível construir mapas temáticos que apresentassem a distribuição das observações nos quadrantes do diagrama, como demonstrado nas FIG. 7.12 e FIG. 7.13.

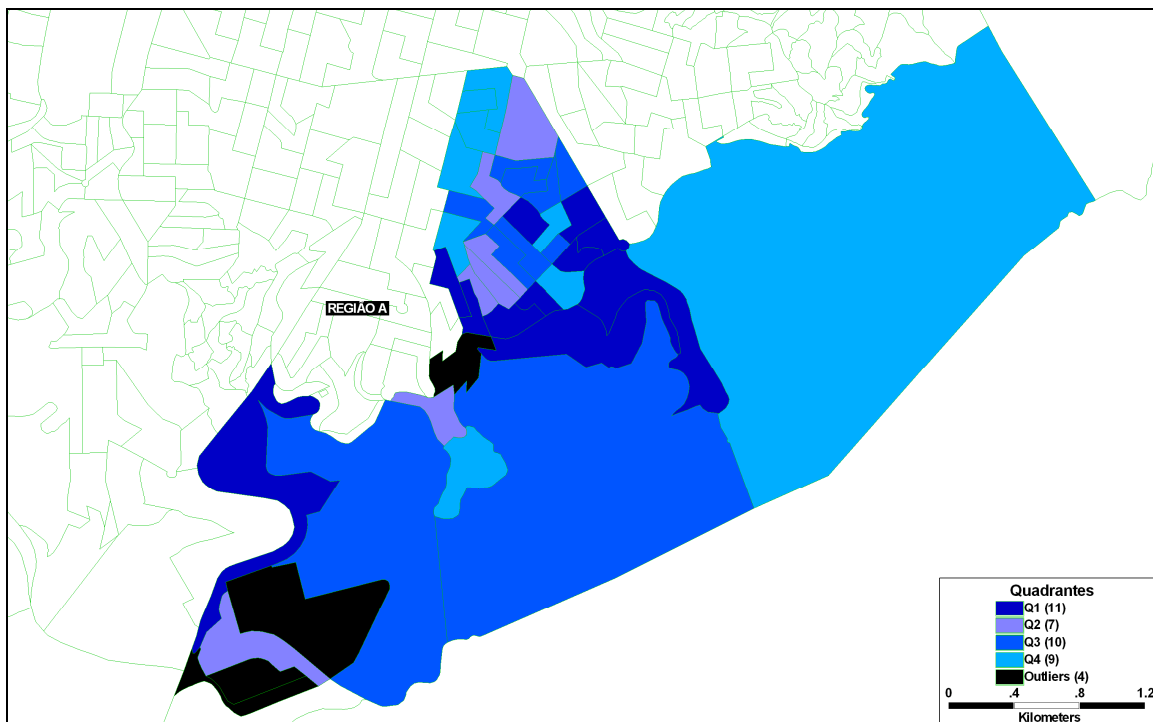


FIG. 7.12 Distribuição dos quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran da Região A

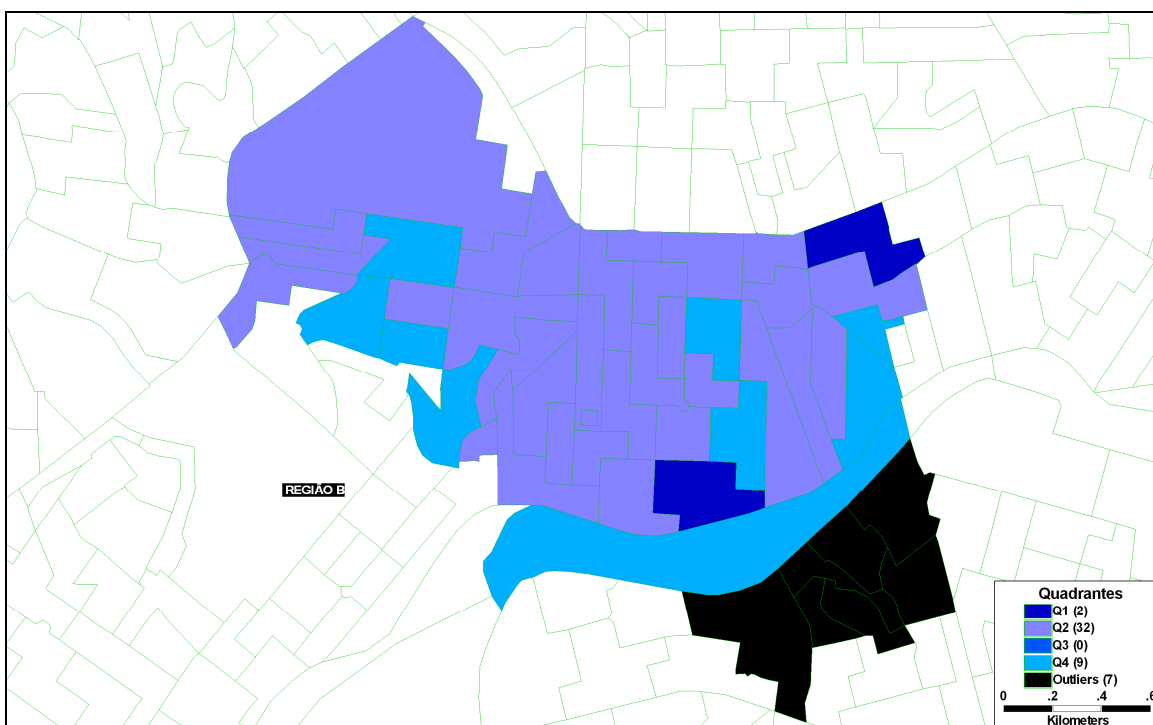


FIG. 7.13 Distribuição dos quadrantes do diagrama de espalhamento de Moran da Região B

Com os dados dos mapas da FIG. 7.12 e da FIG. 7.13, pode-se construir a TAB. 7.7, mostrando a quantidade de observações que está em cada quadrante e a representatividade destes na área e na população de cada região de análise. Pode-

se observar que as observações da Região A estão distribuídas aleatoriamente pelos quadrantes, como foi observado no seu diagrama de espalhamento de Moran. Os quadrantes que possuem a melhor representatividade com relação à área ocupada e a população são os quadrantes 4 (42,5%) e 1 (28,2%), respectivamente, sendo que o Q4 também possui um valor expressivo com relação à segunda variável (26,2%).

Com relação à Região B, 64,0% das suas observações estão no Q2, isso comprova a presença da autocorrelação espacial positiva, sendo este quadrante também responsável por ocupar a maior área desta região e possuir o maior número de habitantes.

TAB. 7.7 Percentuais da distribuição dos quadrantes

Região	Quadrante	Nº de Setores	%	Área (ha)	%	População	%
A	Q1	11	26,8%	1,25	11,8%	9.038	28,2%
	Q2	7	17,1%	0,50	4,7%	4.662	14,5%
	Q3	10	24,4%	3,72	35,0%	7.632	23,8%
	Q4	9	22,0%	4,51	42,5%	8.404	26,2%
	Outliers	4	9,8%	0,63	5,9%	2.323	7,2%
	Total	41	100,0%	10,62	100,0%	32.059	100,0%
B	Q1	2	4,0%	0,18	4,4%	1.761	5,2%
	Q2	32	64,0%	2,47	60,3%	20.595	60,8%
	Q3	0	-	-	-	-	-
	Q4	9	18,0%	0,93	22,7%	6.821	20,1%
	Outliers	7	14,0%	0,52	12,7%	4.722	13,9%
	Total	50	100,0%	4,09	100,0%	33.899	100,0%

7.4.5. ATIVIDADE 5: AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL LOCAL

A partir do cálculo dos índices de autocorrelação espacial local é possível identificar *clusters*, *outliers* e a existência de vários regimes espaciais. Com o auxílio do *software* GeoDa, foi possível elaborar um *Lisa Map* para cada região de análise, sendo indicada a significância de cada setor censitário.

Os mapas da FIG. 7.14 e FIG. 7.15 representam o *Lisa Map* da Região A e da B, respectivamente. Neste tipo de mapa, os valores do índice local de Moran são classificados em quatro grupos: não significantes, com significância de 95% (valor

0,05 na legenda), 99% (valor 0,01 na legenda), 99,9% (valor 0,001 na legenda) e 99,99% (valor 0,0001 na legenda).

Observando os mapas, pode-se perceber que nenhuma das duas áreas possui valores com significância de 99,9% e nem de 99,99%. A Região A possui seis setores censitários com significância de 95%, e somente um com 99%. Já a Região B, possui seis valores com significância de 95% e sete com 99% de significância. Estas áreas são setores que possuem altos ou baixos valores de índices de mobilidade sustentável em relação aos outros setores. São áreas que possuem dependência espacial significativa, ou seja, setores que possuem o índice local de Moran com significância.

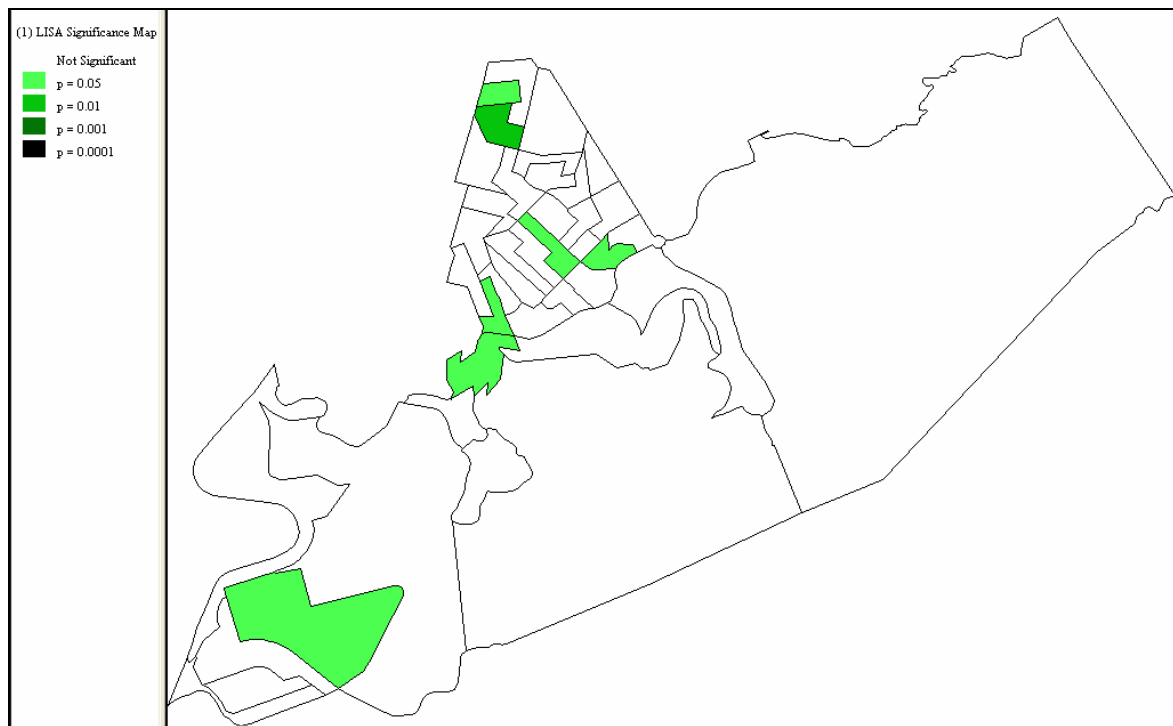


FIG. 7.14 *Lisa Map* para a Região A

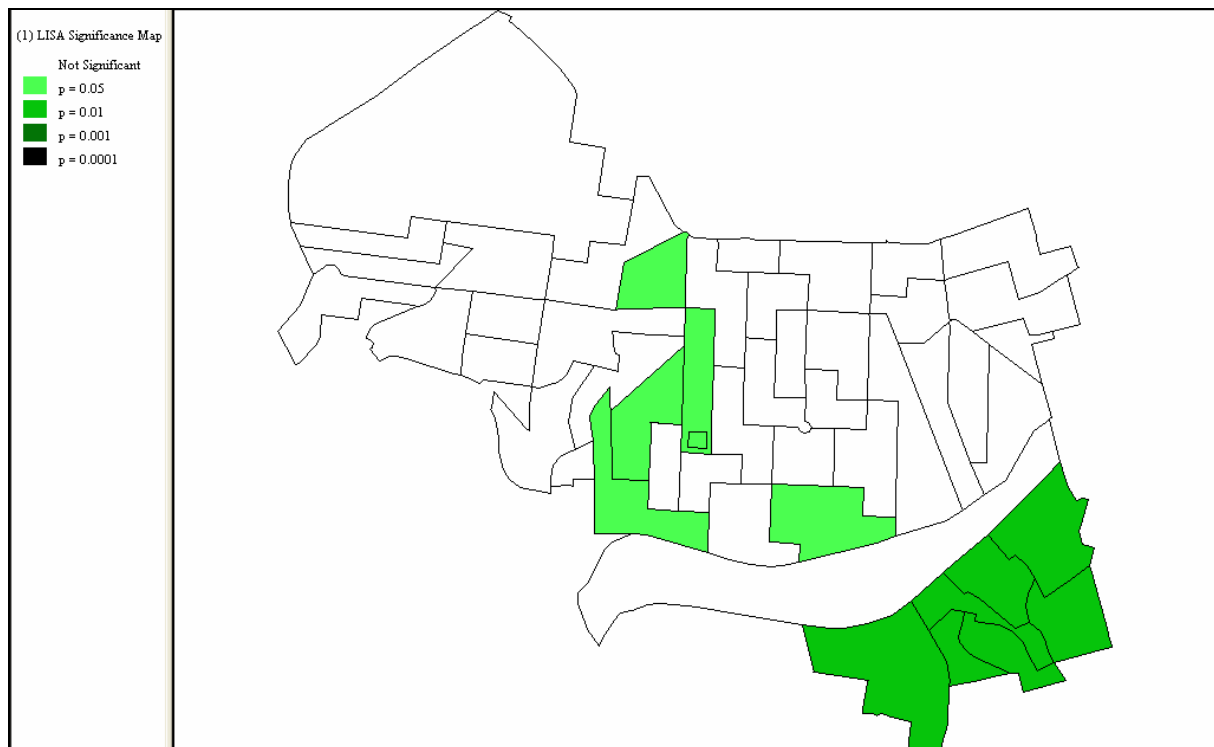


FIG. 7.15 *Lisa Map* para a Região B

7.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo mostrou, através de uma aplicação, os resultados que podem ser obtidos com o procedimento apresentado no Capítulo 6.

Com o auxílio das ferramentas SIG (Transcad) e estatística espacial (GeoDa), foram analisadas espacialmente duas regiões com rendas distintas no município de Belo Horizonte.

Após a análise espacial realizada na área de estudo, observou-se que as variáveis renda e mobilidade sustentável podem estar inversamente relacionadas. Isto se comprova pelo comportamento observado da Região B, de renda menor, em relação à Região A, já que a primeira apresentou índices de mobilidade sustentável maiores que a segunda.

Tomando-se como base a aplicação, pode-se concluir que regiões de classe média possuem uma maior mobilidade sustentável, quando comparadas a regiões de classe alta, devido ao fato de possuírem:

- Diversidade de transporte público: metrô e ônibus;
- Melhor atendimento do transporte público (número de paradas e frequência);
- Menor número de automóveis circulantes, com menos congestionamentos e poluição ambiental;
- Área comercial expressiva, diminuindo as viagens ao centro da área urbana.

Deve-se ressaltar que as viagens a pé, consideradas pela mobilidade sustentável, são aquelas realizadas dentro de um limite de 500 metros, ou seja, como o acesso ao sistema de transporte e para atividades como compras, lazer, trabalho etc.

Desta forma, locais onde haja um número expressivo de viagens a pé, não necessariamente significa que tenha uma ótima mobilidade sustentável, na medida em que as pessoas tenham que caminhar longas distâncias, devido a ineficiência do transporte público ou pela dificuldade financeira para utilizá-lo.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um procedimento para analisar espacialmente a mobilidade sustentável em um centro urbano, com a finalidade de auxiliar os tomadores de decisão na caracterização e localização de regiões que necessitem da aplicação de técnicas e políticas que priorizem o transporte público, pedestres, ciclistas e pessoas com dificuldade de deslocamento.

A motivação em estudar a mobilidade sustentável surge de como este fenômeno vem sofrendo com a dependência do automóvel, a ineficiência do transporte coletivo, a falta de respeito a pedestres e ciclistas, a falta de infra-estrutura para as pessoas com deficiência, a poluição ambiental e com as deseconomias geradas pelo setor de transporte (congestionamentos e acidentes).

Atualmente, os conceitos de sustentabilidade e de mobilidade vêm sendo amplamente discutidos e encontrados na literatura, sob as mais diversas abordagens, sendo freqüentemente utilizados na formulação de políticas urbanas.

O conceito de sustentabilidade surge com a necessidade de atender a sociedade atual sem comprometer o futuro das próximas gerações, suprindo simultaneamente suas necessidades econômicas e sociais, sem danificar o meio ambiente. Diversos esforços já vêm sendo realizados com o objetivo de promover a sustentabilidade, como por exemplo, o desenvolvimento da Agenda 21, que estabelece as bases para promover o desenvolvimento sustentável no mundo, e a elaboração de diversos projetos, que relacionam transporte e uso do solo como forma de obter a sustentabilidade.

A mobilidade urbana está diretamente relacionada com a qualidade de vida de uma comunidade inserida num centro urbano. O conceito de mobilidade vem sendo estudado não só quantitativa, mas também qualitativamente, com o objetivo de entender os deslocamentos das pessoas, tentando descobrir o motivo da viagem e as características dos indivíduos envolvidos.

A relação da mobilidade urbana com a melhoria da qualidade de vida, a inclusão social e com os impactos no meio ambiente, faz com que este fenômeno busque no desenvolvimento sustentável o atendimento às necessidades de todas as pessoas, surgindo a mobilidade urbana sustentável, que proporciona um amplo e democrático acesso ao espaço urbano.

Como forma de ampliar o conhecimento da sustentabilidade e da mobilidade urbana sustentável, diversos grupos de indicadores relacionados com estes fenômenos tem sido formulados, sintetizando informações complexas e facilitando o entendimento destes.

Para analisar espacialmente a mobilidade sustentável em um centro urbano, foi elaborado um procedimento baseado em ambiente SIG e na estatística espacial, que quando unidas, são ferramentas indispensáveis para o suporte de decisão no planejamento de transportes. O procedimento foi dividido em três fases, que visaram a busca de informações sobre a área de estudo, o cálculo de indicadores e índices de mobilidade sustentável e a aplicação das técnicas de análise espacial de dados em área.

Com a finalidade de testar a funcionalidade do procedimento de análise, este foi aplicado em duas regiões (Região A e Região B) com rendas distintas no município de Belo Horizonte, objetivando o entendimento do comportamento da mobilidade sustentável frente à variável renda. Para isto foram utilizados os *softwares* Transcad, como SIG e já reconhecido mundialmente no planejamento e operação de transportes, e o GeoDa, para aplicação das técnicas de estatística espacial e análise dos dados, e pouco utilizado no Brasil.

Na primeira fase do procedimento foram obtidos dados sobre as regiões de análise, que possibilitaram a medição e o cálculo de dezesseis indicadores de mobilidade urbana sustentável na segunda fase. Após a normalização dos valores dos indicadores, foi possível calcular os índices de mobilidade sustentável para cada região. Para a Região A (região de classe alta) foi encontrado um índice com valor médio de 1,37, com desvio padrão de 0,42, e para a Região B (região de classe média), um valor médio de 1,74 e desvio padrão 0,75, indicando que a segunda região apresenta uma mobilidade sustentável melhor que a primeira.

Na terceira fase, a princípio foram elaborados mapas temáticos dos índices e das médias móveis da mobilidade sustentável, possibilitando superficialmente a

identificação de tendências espaciais. Analisando-se os mapas elaborados para os índices, foi possível perceber que a população da Região B possui uma mobilidade sustentável melhor do que a Região A.

Após a elaboração dos mapas temáticos, foram calculados os índices de autocorrelação global de Moran para as regiões A e B, sendo encontrados os valores -0,0985 e 0,6539, respectivamente, indicando que a primeira região possui autocorrelação espacial negativa e a segunda, alta autocorrelação espacial positiva. Com a elaboração dos diagramas de espalhamento de Moran, pôde-se concluir que a Região A possui indício de ausência de correlação espacial e na outra região foi confirmada a existência de uma elevada correlação espacial positiva. Foram elaborados o Box Map, Lisa Map e um mapa temático representando os quadrantes do diagrama de Moran, para cada região de análise.

Após a aplicação das técnicas de estatística espacial, pôde-se concluir, para o caso estudado, que a Região A possui mobilidade sustentável pior que a Região B, ou seja, que o bairro de classe média, por ser mais atendidos pelo transporte público, por possuir mais escolas e ruas com uso predominante de comércio, e pelo elevado número de deslocamento a pé, possui um nível de mobilidade sustentável maior que região de classe alta.

As ferramentas de análise de dados em área possibilitaram uma caracterização espacial da mobilidade sustentável em duas regiões de Belo Horizonte, mostrando-se eficazes para apresentar concentrações e tendências espaciais. A união das ferramentas SIG e estatística espacial foi bastante proveitosa, comprovando-se sua eficiência.

8.2. RECOMENDAÇÕES

É importante destacar um conjunto de recomendações para trabalhos futuros. São elas:

- Elaboração de um banco de dados com os valores dos indicadores de mobilidade sustentável para centros urbanos acima de 100 mil habitantes;

- Complementar os indicadores relacionados com o transporte público urbano, com outros modos de transporte, como por exemplo, vans, táxi lotação, entre outros;
- Incluir nos indicadores que utilizam os custos do transporte público, tarifas diferenciadas;
- Propor um indicador de mobilidade sustentável que considere grandes áreas comerciais (shoppings e galerias) próximas à área de estudo, não só ruas com uso predominante de comércio e serviços;
- Formular mapas temáticos variando o limite e a quantidade de classes para obter uma melhor visão da distribuição dos índices de mobilidade sustentável;
- Fazer o mesmo exemplo de aplicação no *software* Spring, para comparar e comprovar os resultados;
- Aplicar o procedimento em outros centros urbanos;
- Delimitar uma área e aplicar técnicas e políticas de mobilidade sustentável e estudar o antes e o depois.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSELIN, L. **GeoDa™ 0.9.5-i release notes** [on line]. 2004a. Disponível: <http://www.sal.uiuc.edu/stuff/stuff-sum/pdf/geoda095i.pdf> [capturado em 04 out. 2006].
- ANSELIN, L. **GeoData analysis software – GeoDa 0.9.5-i**. 2004b. Disponível: <http://www.csiss.org/clearinghouse/GeoDa/>.
- ANSELIN, L. **Exploring spatial data with GeoDa™: a workbook** [on line]. 2005. Disponível: <https://www.geoda.uiuc.edu/pdf/geodaworkbook.pdf> [capturado em 04 out. 2006].
- ANTP. **Mobilidade e Cidadania** [on line]. 2003. Disponível: <http://portal.antp.org.br/Mobilidade%20e%20Cidadania%20textos%20complementares/Forms/AllItems.aspx> [capturado em 08 maio 2006].
- ANTP. O novo governo e a mobilidade urbana [on line]. **Informativo da ANTP**. 2003. São Paulo, v. 1, n. 101, p. 4-5, março 2003.
- ANTP. **Perfil da mobilidade, do transporte e do trânsito nos municípios brasileiros 2003** [on line]. 2004. 148 p. Relatório Final. Disponível: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=421&Itemid=0> [capturado em 13 fev. 2006].
- ARAUJO, C. C. *et al.* **Aplicação de técnicas de krigeagem para a inferência de dados ambientais no reservatório de Moxotó** [on line]. 2003. Anais XI Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Belo Horizonte, 2003. Disponível: http://marte.dpi.inpe.br/col/Itid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.00.12.27/doc/18_362.pdf [capturado em 10 set. 2006].
- AREND, M. *et al.* **Tissue: trends and indicators for monitoring the EU thematic strategy on sustainable development of urban environment** [on line]. 2004. 170 p. Relatório Final. Disponível: <http://www.eukn.org/binaries/eukn/eurocities/research/2006/1/12---tissue-final-report-and-recommendations.pdf> [capturado em 03 fev. 2007].
- CALIPER CORPORATION. **Transportation GIS software – Transcad 4.5**. 2002.
- CÂMARA, G. e CARVALHO, M. S. Análise de eventos pontuais. In: Fuks, S. D. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens, 2000. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].

- CÂMARA, G. *et al.* Análise espacial e geoprocessamento. In: Fuks, S. D. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens, 2000a. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].
- CÂMARA, G. *et al.* Análise espacial de áreas. In: Fuks, S. D. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Divisão de Processamento de Imagens, 2000b. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].
- CAMPOS V. B. G. e RAMOS R. A. R. **Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo**. 2005a. Anais Eletrônicos do I Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável – PLURIS 2005, São Carlos, 2005.
- CAMPOS, V. B. G e RAMOS, R. A. R. Proposta de índice de mobilidade sustentável para áreas urbanas. 2005b. In: SILVA A. N. R. *et al.* **Planejamento urbano, regional, integrado e sustentável: desenvolvimentos recentes no Brasil e em Portugal**. 1 Ed. São Carlos, 2005. p. 71-85.
- CARVALHO M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde** [on line]. Disponível: http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/referencias/marilia_tese.pdf [capturado em 15 jun. 2006].
- CBTU. **Estudos de conceituação funcional-operacional, viabilidade técnico-econômica, impacto ambiental e projeto de engenharia para a implantação dos trechos metroviários Calafate-Hospitais e Pampulha-Savassi**. 2005. Relatório Final dos Estudos de Demanda.
- COSTA, M. S. **Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal** [on line]. 2003. 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 2003. Disponível: <http://www.teses.usp.br/> [capturado em 01 dez. 2005].
- COSTA, M. S., SILVA, A. N. R. e RAMOS, R. A. R. **Indicadores de mobilidade urbana sustentável para Brasil e Portugal**. CD: Workshop “Plano integrado: em busca de desenvolvimento sustentável para cidades de pequeno e médio portes”. Universidade do Minho, Portugal, 2004.
- EASTMAN J. R. e JIANG, H. Fuzzy Measures in Multicriteria Evaluation. In: Proceedings, Second International Symposium on Spatial accuracy Assessments in Natural resources Environmental Studies. Fort Collins, Colorado, 1996. p. 527-534.

- FOOK, K. D. **Integração da estatística espacial em ambiente GIS** [on line]. 2005. Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/~karla/qualificacao.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].
- FREITAS, D. B. de. **Urbanização e mobilidade na metrópole de São Paulo** [on line]. 2003. Disponível: http://congresso.antp.org.br/14_congresso/278/html/278.html [capturado em 15 jun. 2006].
- GAYDA, S *et al.* **Scatter: sprawling cities and transport, from evolution to recommendation** [on line]. 2005. 71 p. Relatório Final. Disponível: <http://scatter.stratec.be/> [capturado em 20 mar. 2006].
- GOMES, M. L. *et al.* **Sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável**. 2000. Lisboa, Portugal: Direcção de Serviços de Informação e Creditação. Disponível: http://www.is.cnpm.embrapa.br/bibliografia/2000_Proposta_para_um_Sistema_d_e_Indicadores_de_Developmento_Sustentavel.pdf [capturado em 09 jun. 2006].
- GUIATEL. **Telelistas consumidor 2006/2007 – Lista telefônica**. 2006.
- HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do sistema integrado de transporte de fortaleza** [on line]. 2004. 178 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, 2004. Disponível: <http://www.det.ufc.br/petran/teses/DissertacaoCamilaHenrique.pdf> [capturado em 01 dez. 2005].
- IBGE. **Censo demográfico 2000: tabulação avançada**. 2001. Disponível: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_tabulacao.shtml [capturado em 22 maio 2006].
- ISIS. **Transplus: transport planning, land use and sustainability** [on line]. 2003. 46 p. Relatório Final. Disponível: www.transplus.net [capturado em 20 mar. 2006].
- KREMPI, A. P. **Explorando recursos de estatística espacial para análise da acessibilidade da cidade de Bauru** [on line]. 2004. Disponível: <http://www.teses.usp.br/> [capturado em 22 jun. 2006].
- KRÜGER, E. I. **Mobilidade urbana e transporte alternativo: um estudo de caso do bairro de Bangu**. 2004. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.
- LAUTSO K. *et al.* **Propolis: planning and research of policies for land use and transport for increasing urban sustainability** [on line]. 2004. 369 p. Relatório Final. Disponível: <http://www.wspgroup.fi/lt/propolis/index.htm> [capturado em 20 mar. 2006].

- MARZALL, K. e ALMEIDA, J. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. 2000. Disponível: <http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/cct/v17/cc17n102.pdf> www.ufrgs.br [capturado em 29 jun. 2006].
- MENESES, H. B. **Interface lógica em ambiente SIG para bases de dados de sistemas centralizados de controle do tráfego urbano em tempo real** [on line]. 2003. Disponível: <http://metro.det.ufc.br/petran/teses/tese16.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Estatuto da cidade** [on line]. 2001. 210p. Disponível: <http://www.estatutodacidade.org.br/kitdascidades/guia.html> [capturado em 05 dez. 2005].
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Brasil acessível: programa brasileiro de acessibilidade urbana** [on line]. 2005. 11 p. Disponível: <http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=view&id=1882> [capturado em 21 jul. 2005].
- MINISTÉRIOS DAS CIDADES. **Curso de capacitação: gestão integrada da mobilidade urbana**. Brasília: MCidades, 2006. 164 p. il.
- MINKEN, H. *et al.* **Prospects: proposal for objectives and indicators in urban land use and transport planning for sustainability** [on line]. 2001. 64 p. Disponível: http://www.lutr.net/cluster.asp?id_cluster=5 [capturado em 20 mar. 2006].
- NIJKAMP, P. *et al.* **Stella: sustainable transport in Europe and links and liaisons with America** [on line]. 2005. Disponível: <http://www.stellaproject.org> [capturado em 20 mar. 2006].
- OECD. **The economic and social implications of sustainable transportation** [on line]. (1999). Disponível: [http://www.oilis.oecd.org/oilis/1999doc.nsf/LinkTo/ENV-EPOC-PPC-T\(99\)3-FINAL-REV1](http://www.oilis.oecd.org/oilis/1999doc.nsf/LinkTo/ENV-EPOC-PPC-T(99)3-FINAL-REV1) [capturado em 20 mar. 2006].
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte (Lei 7166/96 com alterações introduzidas pela Lei 8137/00)**. Disponível: [capturado em 20 dez. 2006].
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Deficiente já conta com transporte gratuito**. 2006. Disponível: www.vitoria.es.gov.br/secretarias/transporte/grat.htm [capturado em 20 jun. 2006].
- QUEIROZ M. P. **Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Fortaleza** [on line]. 2003. Disponível: <http://www.det.ufc.br/petran/teses/tese27.pdf> [capturado em 14 jul. 2006].

- RAIA JUNIOR, A. A. **Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas** [on line]. 2000. Disponível: <http://www.teses.usp.br/> [capturado em 22 jun. 2006].
- REAL, M. V. **Metodologia e critérios para análise de alternativas energéticas para o transporte rodoviário no Brasil com o foco na sustentabilidade**. 2005. 234 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- RIBEIRO, S. K. *et al.* **Transporte sustentável: alternativas para ônibus urbanos**. 1 ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001. 196 p.
- ROCHA, M. M. **Modelagem da dispersão de vetores biológicos com emprego da estatística espacial**. 2004. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, 2004.
- ROSE, A. **Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicados aos transportes** [on line]. 2001. Disponível: <http://www.teses.usp.br/> [capturado em 28 jun. 2006].
- SCARINGELLA, R. S. **A crise da mobilidade urbana em São Paulo** [on line]. 2001. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v15n1/8589.pdf> [capturado em 15 jun. 2006]
- SERRANO, R. M. e VALCARCE, E. V. **Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial**. 1 ed. Barcelona: Ediciones de la Universidad de Barcelona, 2000. 158 p. ISBN 84-8338-224-5.
- SILVA, A. N. R. da. **Ferramentas específicas de um sistema de informações geográficas para transportes**. 1 ed. São Carlos, 1998. 83 p. il.
- SILVA, A. N. R. da, *et al.* **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes**. 1 ed. São Carlos: Ed. dos autores, 2004. 229 p. ISBN 85-904931-1-3.
- SOUZA, A. R. M. F. de. **Mobilidade urbana: estudo de caso da cidade de Salvador – Bahia**. 1990. 265 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.
- TECBUS. **Estudo de melhorias do transporte coletivo no hipercentro – infraestrutura e condições operacionais**. 2005. Relatório Final.
- TERUIYA, R. K. **Análise exploratória de dados sócio-econômicos do município do Rio de Janeiro** [on line]. 1999. Disponível: http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/trabalhos/rosely_gam.pdf [capturado em 10 set. 2006].

TRL. **Transland: integration of transport and land-use planning** [on line]. 2000. 203 p. Relatório Final. Disponível: <http://www.inro.tno.nl/transland/> [capturado em 20 mar. 2006].

XAVIER J. C. A nova política de mobilidade urbana no Brasil: uma mudança de paradigma. **Revista dos Transportes Públicos**, ANTP. São Paulo, v. 1, n. 111, p. 59-68, 3º trimestre 2006.

WBCSD. **Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability** [on line]. 2004. 180 p. Relatório Final. Disponível: <http://www.wbcd.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&ObjectId=NjA5NA> [capturado em 03 fev. 2007].

10. ANEXOS

10.1. ANEXO 1: VALORES DOS INDICADORES POR SETOR CENSITÁRIO

Indicador / Setor Censitário	Região A														
	20253	20287	20357	20358	20359	20360	20069	20070	20143	20144	20145	20191	20221	20010	20011
Oferta de TPU	19.650	19.650	19.650	19.650	19.650	19.650	16.725	16.725	16.725	16.725	16.725	16.725	16.725	12.150	12.150
Frequência de TPU	262,0	262,0	262,0	262,0	262,0	262,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	223,0	162,0	162,0
Pessoas de mobilidade reduzida	1.949,3	1.949,3	1.949,3	1.949,3	1.949,3	1.949,3	1.659,1	1.659,1	1.659,1	1.659,1	1.659,1	1.659,1	1.659,1	1.205,3	1.205,3
Tempo médio de viagem no TPU	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	14,1	14,1
Estações/paradas de TPU	1.388,0	1.064,0	1.115,0	687,0	297,0	100,0	0,0	711,0	1.251,0	0,0	778,0	811,0	532,0	678,0	707,0
Áreas verdes ou lazer	0,30	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,23	0,12	0,20	0,10	0,13	0,13	0,09	0,08	0,08
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,0	1.064,0	0,0	687,0	297,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	811,0	532,0	678,0	707,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	4,41	2,65	1,95	2,18	1,84	2,41	2,49	2,54	0,12	2,00	1,73	1,35	0,79	0,29	0,35
Veículo-viagens/comp. total da via	46,4	46,4	41,3	46,4	51,5	46,4	243,5	243,5	75,3	142,4	142,4	142,4	431,8	234,1	234,1
Veículos-viagem/per capita	0,71	0,71	0,25	0,71	1,18	0,71	0,15	0,29	0,05	0,20	0,16	0,15	0,69	0,64	0,61
Demanda de viagens por automóveis	314,5	314,5	280,0	314,5	349,0	314,5	207,0	207,0	64,0	121,0	121,0	121,0	367,0	433,0	433,0

Indicador / Setor Censitário	Região A														
	20034	20035	20036	20037	20038	20039	20071	20073	20074	20075	20076	20077	20146	20147	20148
Oferta de TPU	12.150	12.150	12.150	12.150	12.150	12.150	12.150	12.150	12.150	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175
Frequência de TPU	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0
Pessoas de mobilidade reduzida	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	1.205,3	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4
Tempo médio de viagem no TPU	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Estações/paradas de TPU	712,0	775,0	771,0	778,0	782,0	725,0	646,0	992,0	889,0	941,0	672,0	796,0	985,0	648,0	605,0
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,08	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05
Ciclovias	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Vias com uso predominante comércios e serviços	712,0	775,0	771,0	778,0	782,0	725,0	646,0	992,0	889,0	941,0	672,0	796,0	985,0	648,0	605,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	0,34	0,27	0,33	0,29	0,39	0,51	1,31	0,39	0,40	0,40	0,36	0,50	1,35	1,45	0,43
Veículo–viagens/comp. total da via	234,1	234,1	234,1	234,1	234,1	234,1	111,9	234,1	169,2	64,5	64,5	64,5	42,7	42,7	64,5
Veículos-viagem/per capita	0,61	0,56	0,56	0,56	0,55	0,60	0,32	0,44	0,35	0,33	0,47	0,39	0,21	0,32	0,52
Demanda de viagens por automóveis	433,0	433,0	433,0	433,0	433,0	433,0	207,0	433,0	313,0	313,0	313,0	313,0	207,0	207,0	313,0

Indicador / Setor Censitário	Região A											Região B			
	20149	20150	20151	20152	20153	20154	20155	20156	20192	20193	20194	50002	50003	50004	50005
Oferta de TPU	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	5.175	46.050	46.050	46.050	46.050
Frequência de TPU	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	614,0	614,0	614,0	614,0
Pessoas de mobilidade reduzida	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	513,4	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2
Tempo médio de viagem no TPU	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	24,0	24,0	24,0	24,0
Estações/paradas de TPU	637,0	592,0	693,0	892,0	750,0	673,0	757,0	860,0	677,0	670,0	996,0	716,0	646,0	761,0	627,0
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,08	0,03	0,02	0,00	0,02
Ciclovias	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	637,0	592,0	693,0	892,0	750,0	673,0	757,0	860,0	677,0	670,0	996,0	716,0	646,0	761,0	627,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	0,54	0,42	1,23	1,40	0,63	0,37	0,48	0,52	1,18	0,62	0,60	0,32	0,56	0,27	0,92
Veículo–viagens/comp. total da via	64,5	64,5	24,9	24,9	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	22,4	13,2	22,4	14,8
Veículos-viagem/per capita	0,49	0,53	0,17	0,14	0,42	0,47	0,41	0,36	0,46	0,47	0,31	0,16	0,10	0,15	0,12
Demanda de viagens por automóveis	313,0	313,0	121,0	121,0	313,0	313,0	313,0	313,0	313,0	313,0	313,0	112,0	66,0	112,0	74,0

Indicador / Setor Censitário	Região B														
	50006	50007	50009	50022	50023	50024	50025	50026	50027	50038	50039	50040	50053	50078	50079
Oferta de TPU	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050
Frequência de TPU	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0
Pessoas de mobilidade reduzida	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2
Tempo médio de viagem no TPU	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Estações/paradas de TPU	699,0	648,0	859,0	615,0	440,0	643,0	796,0	72,0	842,0	421,0	424,0	612,0	0,0	577,0	548,0
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	699,0	648,0	859,0	615,0	440,0	643,0	0,0	72,0	0,0	421,0	424,0	612,0	0,0	577,0	548,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	1,17	1,10	0,35	0,71	0,78	0,62	0,53	0,49	0,58	0,34	0,33	0,44	0,39	0,66	1,43
Veículo–viagens/comp. total da via	14,8	14,8	22,4	13,2	13,2	13,2	21,2	21,2	22,4	22,4	22,4	22,4	14,0	27,2	13,2
Veículos-viagem/per capita	0,11	0,11	0,13	0,11	0,15	0,10	0,13	1,47	0,13	0,27	0,26	0,18	0,08	0,24	0,12
Demanda de viagens por automóveis	74,0	74,0	112,0	66,0	66,0	66,0	106,0	106,0	112,0	112,0	112,0	112,0	70,0	136,0	66,0

Indicador / Setor Censitário	Região B														
	50080	50081	50082	50162	50163	50164	50165	50166	50167	50168	50401	50402	50403	50404	50405
Oferta de TPU	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050
Frequência de TPU	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0
Pessoas de mobilidade reduzida	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2
Tempo médio de viagem no TPU	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
Estações/paradas de TPU	797,0	404,0	956,0	820,0	480,0	768,0	268,0	635,0	965,0	591,0	745,0	693,0	650,0	991,0	879,0
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	0,00	0,03	0,03
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,0	404,0	956,0	820,0	480,0	768,0	268,0	635,0	0,0	591,0	745,0	693,0	650,0	0,0	0,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	0,55	0,48	0,63	0,44	0,54	0,68	0,45	0,63	0,65	0,16	0,63	0,99	0,60	0,67	0,56
Veículo–viagens/comp. total da via	9,8	9,8	9,8	27,2	27,2	21,2	21,2	21,2	21,2	9,8	3,8	3,8	27,2	3,8	7,8
Veículos-viagem/per capita	0,06	0,12	0,05	0,17	0,28	0,14	0,40	0,17	0,11	0,08	0,03	0,03	0,21	0,02	0,04
Demanda de viagens por automóveis	49,0	49,0	49,0	136,0	136,0	106,0	106,0	106,0	106,0	49,0	19,0	19,0	136,0	19,0	39,0

	Região B															
Indicador / Setor Censitário	50406	50407	50408	50409	50410	50411	50412	50413	70223	70225	70243	70244	70245	70267	70268	70269
Oferta de TPU	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	46.050	80.200	80.200	80.200	80.200	80.200	80.200	80.200	80.200
Frequência de TPU	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	614,0	908,0	908,0	908,0	908,0	908,0	908,0	908,0	908,0
Pessoas de mobilidade reduzida	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	4.568,2	7.043,5	7.043,5	7.043,5	7.043,5	7.043,5	7.043,5	7.043,5	7.043,5
Tempo médio de viagem no TPU	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
Estações/paradas de TPU	894,0	749,0	576,0	674,0	941,0	693,0	758,0	680,0	0,0	974,0	543,0	536,0	729,0	479,0	587,0	874,0
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,13	0,09	0,11	0,16
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,0	749,0	0,0	0,0	941,0	693,0	758,0	680,0	0,0	974,0	543,0	536,0	729,0	479,0	587,0	874,0
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Calçada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Custo médio de viagem no TP	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Renda média da população/custo mensal do TP	0,71	0,82	0,68	0,36	0,38	0,34	0,34	0,32	0,14	0,54	0,56	0,31	0,46	0,22	0,32	0,42
Veículo–viagens/comp. total da via	7,8	7,8	21,2	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	15,2	98,2	133,0	133,0	133,0	133,0	133,0	133,0
Veículos–viagem/per capita	0,04	0,05	0,18	0,13	0,09	0,13	0,12	0,13	0,02	0,11	0,27	0,28	0,20	0,31	0,25	0,17
Demanda de viagens por automóveis	39,0	39,0	106,0	89,0	89,0	89,0	89,0	89,0	17,0	110,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0

10.2. ANEXO 2: VALORES NORMALIZADOS DOS INDICADORES POR SETOR CENSITÁRIO

Indicador / Setor Censitário	Região A																				
	20253	20287	20357	20358	20359	20360	20069	20070	20143	20144	20145	20191	20221	20010	20011	20034	20035	20036	20037	20038	
Oferta de TPU	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Frequência de TPU	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pessoas de mobilidade reduzida	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Tempo médio de viagem no TPU	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Estações/paradas de TPU	0,10	0,08	0,08	0,05	0,02	0,01	0,00	0,05	0,09	0,00	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Áreas verdes ou lazer	0,10	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,08	0,04	0,07	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,00	0,10	0,00	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo médio de viagem no TP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Renda média da população/custo mensal do TP	0,10	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06	0,00	0,04	0,04	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Veículo–viagens/comp. total da via	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,06	0,02	0,03	0,03	0,03	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Veículos-viagem/per capita	0,05	0,05	0,02	0,05	0,08	0,05	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Demanda de viagens por automóveis	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,05	0,05	0,01	0,03	0,03	0,03	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Indicador / Setor Censitário	Região A																				
	20039	20071	20073	20074	20075	20076	20077	20146	20147	20148	20149	20150	20151	20152	20153	20154	20155	20156	20192	20193	20194
Oferta de TPU	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frequência de TPU	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pessoas de mobilidade reduzida	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo médio de viagem no TPU	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Estações/paradas de TPU	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,07
Áreas verdes ou lazer	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03
Ciclovias	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,07	0,06	0,09	0,08	0,09	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,09
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo médio de viagem no TP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Renda média da população/custo mensal do TP	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Veículo–viagens/comp. total da via	0,05	0,03	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Veículos–viagem/per capita	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
Demanda de viagens por automóveis	0,10	0,05	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Indicador / Setor Censitário	Região B																			
	50002	50003	50004	50005	50006	50007	50009	50022	50023	50024	50025	50026	50027	50038	50039	50040	50053	50078	50079	50080
Oferta de TPU	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Frequência de TPU	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pessoas de mobilidade reduzida	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Tempo médio de viagem no TPU	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Estações/paradas de TPU	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,03	0,05	0,06	0,01	0,06	0,03	0,03	0,04	0,00	0,04	0,04	0,06
Áreas verdes ou lazer	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,08	0,06	0,04	0,06	0,00	0,01	0,00	0,04	0,04	0,06	0,00	0,05	0,05	0,00
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo médio de viagem no TP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Renda média da população/custo mensal do TP	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Veículo–viagens/comp. total da via	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Veículos-viagem/per capita	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
Demanda de viagens por automóveis	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01

Indicador / Setor Censitário	Região B																			
	50081	50082	50162	50163	50164	50165	50166	50167	50168	50401	50402	50403	50404	50405	50406	50407	50408	50409	50410	50411
Oferta de TPU	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Frequência de TPU	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Pessoas de mobilidade reduzida	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Tempo médio de viagem no TPU	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Estações/paradas de TPU	0,03	0,07	0,06	0,03	0,06	0,02	0,05	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,07	0,05
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,04	0,09	0,08	0,05	0,07	0,03	0,06	0,00	0,06	0,07	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,09	0,07
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calçada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo médio de viagem no TP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Renda média da população/custo mensal do TP	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Veículo–viagens/comp. total da via	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Veículos-viagem/per capita	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Demanda de viagens por automóveis	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Indicador / Setor Censitário	Região B									
	50412	50413	70223	70225	70243	70244	70245	70267	70268	70269
Oferta de TPU	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Frequência de TPU	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Pessoas de mobilidade reduzida	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Tempo médio de viagem no TPU	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Estações/paradas de TPU	0,05	0,05	0,00	0,07	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,06
Áreas verdes ou lazer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,05
Ciclovias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vias com uso predominante comércios e serviços	0,07	0,06	0,00	0,09	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,08
Traffic calming	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energia limpa no TPU	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Calçada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custo médio de viagem no TP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Renda média da população/custo mensal do TP	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Veículo–viagens/comp. total da via	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Veículos-viagem/per capita	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Demanda de viagens por automóveis	0,02	0,02	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)