

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NO COMPORTAMENTO DE
VIAGEM DAS PESSOAS: ESTUDO DE CASO EM
UBERLÂNDIA, MG**

LEONARDO RODRIGUES DE DEUS

São Carlos

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NO COMPORTAMENTO DE
VIAGEM DAS PESSOAS: ESTUDO DE CASO EM
UBERLÂNDIA, MG**

LEONARDO RODRIGUES DE DEUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof^a. Dr^a Suely da Penha Sanches

São Carlos

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

D486if

Deus, Leonardo Rodrigues de.

A influência da forma urbana no comportamento de viagem das pessoas: estudo de caso em Uberlândia, MG / Leonardo Rodrigues de Deus. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

139 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Transporte urbano. 2. Morfologia urbana. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Transportes - planejamento. 5. Planejamento urbano. I. Título.

CDD: 388.4 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

LEONARDO RODRIGUES DE DEUS

Dissertação defendida e aprovada em 26/08/2008
pela Comissão Julgadora

Prof.^a Dr.^a Suely da Penha Sanches
Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Carlos Alberto Faria
(Faculdade de Engenharia Civil/UFU)

Prof. Dr. Marcos Antonio Garcia Ferreira
(DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.
Presidente da CPGEU

“A arte de interrogar é bem mais a arte dos mestres do que a dos discípulos; é preciso ter já aprendido muitas coisas para saber perguntar aquilo que não se sabe”.

Jean-Paul Sartre

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Paulo e a minha mãe Elizabeth por todo exemplo de vida, retidão, respeito e fé.

AGRADECIMENTOS

À Professora Suely da Penha Sanches pela oportunidade me dada de cursar o Programa de Mestrado em Engenharia Urbana, tendo acreditado na minha capacidade e principalmente por todas as orientações de extremo valor, pelos ensinamentos e pelas cobranças, que graças à sua competência e dedicação, foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional. Muito Obrigado Professora Suely!

Ao Professor Carlos Alberto Faria, da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, primeiramente por ter fornecidos os dados de viagens da cidade, os quais sem eles não seria possível o desenvolvimento dessa pesquisa, e também por toda a atenção dispensada a minha pessoa, me recebendo sempre muito disposto a ajudar, colaborando com esclarecimento de dúvidas, orientações e sugestões. Muito Obrigado Professor Carlos!

Ao demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, que no desenvolver de suas atividades foram colaboradores para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários da Diretoria de Planejamento Integrado da Prefeitura Municipal de Uberlândia pelo fornecimento de diversos dados necessários para desenvolvimento do estudo e por toda a atenção nos atendimentos.

Aos funcionários da empresa Vermax, principalmente ao já antigo colega de graduação Bruno Juliano Silva, por todos os dados fornecidos desta empresa, que também foram importantes para o estudo.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida pelo período de 12 meses, durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do PPGEU, Plínio Marcos Dainezi, Pablo José Martinelli Guerreiro, Fernanda Corrêa e Rosana Ariano pela amizade, apoio e companheirismo durante esta etapa de minha vida. Espero que o mestrado termine, mas que as amizades entre nós possam permanecer vivas.

Agradeço de maneira mais que especial à minha família, principalmente ao meu pai e a minha mãe, à minha namorada, e a todos os amigos, por todo apoio e compreensão de todos nos momentos de dificuldade, e por todo incentivo para que eu vencesse esta etapa.

Agradeço ainda a todos, que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O sistema de transporte das cidades tem se apresentado como uma grande fonte de problemas frente ao processo de planejamento urbano, devido ao crescente aumento da frota de veículos, o não acompanhamento da malha viária, a poluição do ar, e os conflitos entre pedestres e automóveis.

Diante disso, se faz necessário o desenvolvimento de alternativas que incentivem a realização de viagens por modos sustentáveis, como os modos não motorizados e o transporte coletivo, diminuindo de forma conseqüente o número de viagens realizadas por automóvel.

No intuito de auxiliar no processo de planejamento urbano a fim de privilegiar os modos de transporte sustentáveis e contribuir para o provimento de espaços urbanos melhores aos cidadãos, este estudo tem o objetivo de analisar as relações existentes entre a forma urbana de seis zonas de tráfego da cidade de Uberlândia/MG, e o seu sistema de transporte urbano, buscando definir como as características físicas de uma determinada região influenciam no comportamento de viagem das pessoas.

As variáveis da forma urbana definidas como importantes para este estudo e analisadas em nível de zonas de tráfego foram: densidade urbana; diversidade de usos do solo; qualidade dos espaços que favoreçam o transporte não motorizado; disponibilidade de transporte coletivo; desenho e conectividade das vias; e topografia da cidade.

Para determinar o grau de influência da forma urbana sobre o comportamento de viagem foram calibrados diversos modelos de escolha discreta do tipo logit multinomial. Primeiro foram calibrados modelos utilizando apenas as variáveis sócio-econômicas dos viajantes e depois se passou a incluir as variáveis que caracterizam a forma urbana.

Os resultados obtidos indicaram que as variáveis da forma urbana não têm influência significativa no processo de escolha modal nas viagens realizadas dentro na cidade, não sendo determinantes para definição do modo de transporte a ser usado. As variáveis sócio-econômicas, em especial a renda, e o comprimento das viagens se mostraram como os fatores mais determinantes para a escolha do modo de transporte.

Palavras chaves: forma urbana; demanda de viagens, comportamento de viagem; transporte urbano, modelos de escolha discreta, sistema de informações geográficas.

ABSTRACT

The city's transportation system has been a big problem in urban planning, due to constant increasing of vehicles fleet, absence of road network monitoring, air pollution, and conflicts between pedestrian and car. Therefore the development of alternatives that encourage the sustainable travel modes realization, as non-motorized modes and public transportation becomes necessary, reducing, consequently, the number of trips by car.

In order to assist urban planning process on the sustainable transportation modes preference and to contribute to better urban spaces for citizens, the objective of this study is to analyze the existent relations between urban form of six traffic zones in Uberlândia city, Minas Gerais State and its urban transportation system, defining how physical features of a certain region influences people traveling behavior.

Urban form variables defined as important to this study and analyzed on traffic zones level were: urban density; diversity of land use; quality of favorable places to non-motorized transportation; availability of public transportation; routes design and connectivity; city topography.

To determine the urban form influence on travel behavior different discreet choice models, multinomial logit type, were calibrated. First of all, the models were calibrated using only travelers socio-economic variables and then variables that characterize urban form were included.

Results indicated that urban form variables don't have significant influence on the modal choice process in trips in the city, not being, therefore, determinant to define that transport mode must be used. Socio-economic variables, in special, the income and the trip distance were the most determinative factors for the transport mode choice.

Keywords: urban form, travel demand, travel behavior, urban transportation, discreet choice models, geographic information system

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Modelo conceitual dos fatores que influenciam o comportamento de viagem.....	16
Figura 2.2 – Eras do transporte intra-urbano e padrões de crescimento segundo MULLER (1995).....	25
Figura 4.1 – Reagrupamento da cidade em 51 zonas de tráfego.....	53
Figura 4.2 – Classes econômicas das zonas de tráfego.....	55
Figura 4.3 – Zonas de tráfego selecionadas.....	56
Figura 4.4 – Imagem de Satélite da Zona 05 (Quick Bird).....	58
Figura 4.5 – Imagem de Satélite da Zona 09 (Quick Bird).....	59
Figura 4.6 – Imagem de satélite da Zona 17 (Quick Bird).....	60
Figura 4.7 – Imagem de satélite da Zona 31 (Quick Bird).....	61
Figura 4.8 – Imagem de satélite da Zona 37 (Quick Bird).....	62
Figura 4.9 – Imagem de satélite da Zona 45 (Quick Bird).....	63
Figura 4.10 – % de viagens geradas em cada zona de análise.....	75
Figura 4.11 – Distribuição das viagens segundo o motivo.....	76
Figura 4.12 – Distribuição das viagens segundo o modo de transporte utilizado.....	76
Figura 4.13 – Tempo médio das viagens segundo a zona de origem.....	78
Figura 4.14 – Tempo médio das viagens realizadas por cada modo de transporte.....	79
Figura 4.15 – Comprimento médio das viagens segundo a zona de origem (km).....	80
Figura 4.16 – Comprimento médio das viagens realizadas por cada modo (km).....	81
Figura 5.1 – Estrutura de um Modelo Logit Multinomial.....	86
Figura 5.2 – Estrutura de um Modelo Logit Aninhado.....	86
Figura 5.3 – Variação das opções de modo de transporte em função do comprimento da viagem.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Aspectos que caracterizam a oferta de transporte coletivo.....	31
Quadro 4.1 – Resultado Geral das Variáveis Analisadas.....	82
Quadro 5.1 – Resultado do modelo calibrado apenas com as variáveis sócio-econômicas e as características da viagem.....	92
Quadro 5.2 – Resultado do modelo calibrado, incluindo as variáveis de forma urbana.....	94
Quadro 5.3 – Exemplo de utilização do modelo calibrado sem as variáveis da forma Urbana.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Níveis de acessibilidade do Transporte Público (PTAL).....	35
Tabela 3.2 – Indicadores de Acessibilidade (PTAL).....	36
Tabela 3.3 – Interpretação do Valor do LITA+5.....	38
Tabela 4.1 – Média de rendimento nas zonas de análise (IBGE, 2000).....	57
Tabela 4.2 – Densidades das zonas de análise.....	65
Tabela 4.3 – Disponibilidade de transporte coletivo nas zonas (Índice LITA).....	66
Tabela 4.4 – Qualidade dos espaços para pedestres nas zonas de análise (PEF).....	67
Tabela 4.5 – Classes de declividade para avaliação das zonas de análise.....	69
Tabela 4.6 – Área ocupada por cada classe de relevo nas zonas de análise.....	69
Tabela 4.7 – Relevo predominante em cada zona de análise.....	70
Tabela 4.8 – Índice de Entropia nas zonas de análise.....	71
Tabela 4.9 – Porcentagem de área ocupada segundo o tipo de uso do solo.....	72
Tabela 4.10 – Número e porcentagem de interseções segundo o tipo.....	72
Tabela 4.11 – Densidade de Interseções e Índice de Conectividade nas zonas de análise..	73
Tabela 4.12 – Viagens geradas em cada zona de análise.....	74
Tabela 4.13 - Características gerais das pessoas que realizaram as viagens.....	75
Tabela 4.14 – Divisão modal em cada zona (% das viagens).....	77

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Objetivo.....	2
1.2 – Justificativa.....	3
1.3 – Hipóteses da Pesquisa.....	5
1.3.1 – Densidade Urbana.....	6
1.3.2 – Diversidade de Usos do Solo.....	6
1.3.3 – Qualidade dos Espaços para Pedestres.....	6
1.3.4 – Desenho e Conectividade das Vias.....	7
1.3.5 – Disponibilidade de Transporte Coletivo.....	7
1.3.6 – Topografia da Cidade.....	7
1.4 – Metodologia.....	8
1.4.1 – Definição das variáveis, que caracterizam a forma urbana e têm implicações no comportamento de viagem das pessoas.....	8
1.4.2 – Obtenção dos dados utilizados para caracterizar a forma urbana na área definida para o estudo de caso.....	8
1.4.3 – Obtenção dos dados sobre a demanda de viagens na cidade.....	9
1.4.4 – Tratamento e análise dos dados sobre a forma urbana.....	9
1.4.5 – Tratamento e análise dos dados sobre a demanda de transportes.....	10
1.4.6 – Análise da relação entre a forma urbana e a demanda de viagens.....	10
1.5 – Estrutura da Dissertação.....	10
Capítulo 2 – Forma Urbana e Transporte Urbano	12
2.1 – Conceitos de Forma Urbana.....	12
2.2 – Estudos que apresentam relações entre forma urbana e comportamento de viagem.....	14
2.3 – Estudos que não apresentam relações claras entre forma urbana e comportamento de viagem.....	25
2.4 Tópicos Conclusivos.....	26

Capítulo 3 – Variáveis que caracterizam a forma urbana.....	28
3.1 – Densidade Urbana.....	28
3.2 – Disponibilidade de Transporte Coletivo.....	30
3.2.1 – Método PTAL (Public Transport Accessibility Level).....	34
3.2.2 – Método LITA (Local Index of Transit Availability).....	37
3.3 – Qualidade dos Espaços para Pedestres.....	38
3.4 – Diversidade de uso do solo.....	42
3.5 – Conectividade das Vias (Desenho das Vias).....	45
3.6 – Topografia.....	46
3.7 – Tópicos Conclusivos.....	47
Capítulo 4 – Obtenção e análise exploratória dos dados.....	49
4.1 – Obtenção de dados secundários.....	49
4.1.1 – Base Cadastral.....	49
4.1.2 – Sistema de Transporte Coletivo.....	50
4.1.3 – Dados Populacionais.....	50
4.1.4 – Viagens Realizadas na Cidade.....	51
4.2 – Divisão da cidade em Zonas de Tráfego.....	51
4.2.1 – Definição das zonas a serem utilizadas para a pesquisa.....	52
4.3 – Características das zonas de análise.....	57
4.3.1 – ZONA 05.....	57
4.3.2 – ZONA 09.....	58
4.3.3 – ZONA 17.....	59
4.3.4 – ZONA 31.....	60
4.3.5 – ZONA 37.....	62
4.3.6 – ZONA 45.....	63
4.4 – Quantificação das Características da Forma Urbana.....	64
4.4.1 – Densidade Urbana.....	64
4.4.2 – Disponibilidade de Transporte Coletivo.....	65
4.4.3 – Qualidade dos espaços para pedestres.....	66
4.4.4 – Topografia.....	68
4.4.5 – Diversidade de Usos do Solo.....	70
4.4.6 – Conectividade das Vias.....	72
4.5 – Características das Viagens Realizadas.....	73

4.6 – Tópicos Conclusivos.....	81
Capítulo 5 – Formulação e calibração do modelo de escolha discreta.....	84
5.1 – Tipos de Modelos de Escolha Discreta.....	85
5.2 – Elaboração de Um Modelo de Escolha Discreta.....	86
5.3 – Formulação e Calibração do Modelo de Escolha Discreta utilizado nesta pesquisa.....	89
5.3.1 – Variáveis explicativas.....	89
5.3.2 – Conjuntos de escolha.....	90
5.4 – Resultados Obtidos.....	91
5.4.1 – Modelos que consideram apenas as variáveis sócio-econômicas e as características da viagem (distância, tempo e motivo).....	91
5.4.2 – Modelos que consideram também as variáveis de uso do solo.....	92
5.5 – Exemplo de aplicação do modelo calibrado sem as variáveis da forma urbana	94
5.6 – Tópicos Conclusivos.....	95
Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações.....	98
Referências	101
Apêndices.....	109

1 INTRODUÇÃO

A urbanização provoca cada vez mais a aglomeração de pessoas em um mesmo espaço, e a esse determinado espaço o homem convencionou chamar de cidade. Dentro das cidades, as relações entre os homens e entre os homens e o meio ambiente, tornaram-se evolutivamente mais complexas.

A cidade é um espaço compartilhado por várias pessoas diferentes que têm desejos e necessidades diferentes, gerando assim diferentes interesses dentro de um espaço comum. A cidade é então palco de diversos conflitos tais como: conflitos entre o público e o privado, entre o rico e o pobre e entre o homem e o meio ambiente.

Nas cidades, existem também desejos e necessidades comuns a todos os seus habitantes. Abastecimento de água, coleta de lixo, fornecimento de energia elétrica, transporte, educação, saúde, habitação, segurança e lazer são, além de desejos, direitos de todos os cidadãos, embora cada classe espere determinado serviço em nível diferente.

Para tentar mediar os conflitos urbanos gerados nas cidades, existem os governos, que buscam determinar as prioridades para as diferentes áreas da cidade. Nessa busca de transformar a cidade em um espaço que ofereça melhor qualidade de vida às pessoas, passou a ser de fundamental importância o processo de planejamento do espaço urbano.

O planejamento urbano, embora possa ser elaborado servindo a algum interesse que não o coletivo, visa diagnosticar os problemas e as necessidades da cidade, com o objetivo de propor soluções e intervir no meio, para que os benefícios conseguidos sejam privilégios de todos. No planejamento, as diversas características urbanas devem ser consideradas no processo de implantação ou melhorias da infra-estrutura.

Quando se analisa o caso brasileiro, observa-se que o processo de consolidação do espaço urbano nacional aconteceu em um espaço de tempo muito curto, impulsionado pelo fenômeno da industrialização, ocorrido de forma marcante na segunda metade do século XX.

Diferentemente do ocorrido, principalmente no continente europeu, onde a urbanização se desenvolveu ao longo do século XIX, esse processo, desencadeado de maneira muito rápida no Brasil, levou a uma ampliação dos problemas decorrentes da urbanização. Nesse caso, a ocupação do espaço se deu, em geral, de uma maneira totalmente desordenada, sem um planejamento adequado que estabelecesse as diretrizes que deveriam nortear o processo.

Entre os vários problemas decorrentes da urbanização rápida e sem planejamento, merecem atenção aqueles relacionados ao transporte. Tais problemas podem levar à privação de um direito básico do cidadão, ou seja, o direito de ir e vir, uma vez que várias áreas das cidades podem, por exemplo, ter um sistema viário e um sistema de transporte coletivo precários.

Vários pesquisadores discutem inúmeros fatores que interferem no sistema de transporte urbano os quais podem contribuir positivamente ou negativamente no desempenho desse sistema. Um desses fatores é a forma urbana, já que ela pode ter uma importância fundamental sobre o comportamento de viagem das pessoas em seus deslocamentos dentro do espaço urbano.

Entende-se por forma urbana, as características espaciais de um determinado ambiente urbano e a distribuição física das atividades sobre o solo urbano, bem como os níveis de ocupação e serviços oferecidos. Densidade, diversidade de usos do solo, desenho das vias e topografia são alguns dos elementos que compõem a forma urbana.

Desse modo, busca-se neste trabalho, analisar o conceito de forma urbana e como suas variáveis influenciam no comportamento de viagem das pessoas, a fim de que se possa contribuir para o desenvolvimento de um sistema de transporte urbano mais sustentável para as cidades brasileiras.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo analisar as relações existentes entre a forma urbana de uma cidade e o seu sistema de transporte urbano, buscando definir como as características físicas de uma determinada região influenciam no comportamento de viagem das pessoas e, conseqüentemente, na escolha pelo modo de transporte a ser usado por elas nos seus diversos deslocamentos dentro da cidade.

1.2 Justificativa

À medida que as cidades crescem, torna-se mais difícil o provimento de infraestrutura ideal para todas as partes da cidade, criando assim uma situação de ineficiência de vários serviços básicos para o bem público.

Além da ineficiência e, muitas vezes, inexistência de alguns serviços para determinadas áreas e classes sociais da cidade, o modo de se ver a cidade vem se alterando. A maneira como as pessoas interagem com a cidade e sua forma já não é mais a mesma de alguns anos atrás.

“Desde que o homem saiu das cavernas e começou a viver em vilas e cidades, as vias eram das pessoas e dos seus animais. A rua era uma extensão da casa, um lugar para os meninos brincarem e os adultos se encontrarem, conversarem, fazerem negócios. Hoje, as ruas pertencem aos automóveis, caminhões e ônibus. Perigosas e barulhentas, elas agora são barreiras ao contato humano e as atividades que se desenvolvem a poucos metros de distância.” (WRIGHT, 1988, p. 27).

Uma das grandes necessidades e também um dos grandes direitos da população nas cidades é o direito de ir e vir. É por meio da circulação dentro do espaço urbano que as pessoas desenvolvem o seu dia a dia, indo para o trabalho, escola ou lazer e retornando para casa. O problema é que muitas vezes esse direito não é cumprido, pois, por diversos fatores, ele acaba sendo restrito a uma circulação em apenas determinadas áreas da cidade.

O transporte urbano é um importante fator que contribui de forma decisiva para o desenvolvimento das cidades, uma vez que a necessidade de movimentação das pessoas, dos produtos e dos serviços é um dos motores que movem a cidade.

Pelo fato de as cidades consistirem de formas regionais separadas, com usos do solo altamente especializados (lojas de alimentos, lavanderias, bancos, drogarias, hospitais, livrarias, escolas, correios e assim por diante) as pessoas têm a necessidade de viajar se quiserem obter determinados bens ou serviços necessários ao seu dia a dia (HANSON, 1995).

Como as cidades têm se tornado cada vez mais espalhadas, obrigando as pessoas a viajarem grandes distâncias, seja para ir trabalhar, para fazer compras, ou por lazer, a dependência do transporte motorizado, principalmente o automóvel, vem aumentando consideravelmente. Esse fato acarreta diversos problemas para as cidades, como poluição ambiental, congestionamentos, impermeabilização do solo e acidentes, entre outros.

Vive-se hoje em uma sociedade tida como a sociedade do automóvel, tamanha é a priorização das práticas de planejamento e organização do solo urbano em favor de melhorias para o transporte automotor individualizado.

Para tentar mudar a priorização do transporte individual e a situação de caos que as cidades, principalmente as maiores, enfrentam, são necessárias medidas que busquem diminuir a dependência do automóvel e contribuir para o desenvolvimento de um transporte urbano sustentável, em que o transporte coletivo e os modos não-motorizados sejam privilegiados.

Entre os diversos fatores importantes para o bom desempenho do sistema de transporte urbano, estão as características urbanas que constituem o que se conhece como forma urbana, as quais influem diretamente no comportamento de viagem das pessoas.

Com base na bibliografia consultada, o pressuposto deste trabalho é que, a partir do entendimento de como se dão as relações entre as características urbanas e o comportamento de viagem, é possível propor medidas objetivando diminuir a priorização e dependência do transporte particular; estimular e desenvolver as formas de transporte mais sustentáveis.

De acordo com Amâncio (2005), as características do meio físico urbano desempenham um papel importante nas escolhas modais individuais de transportes, agindo freqüentemente como uma restrição nas alternativas que poderiam estar disponíveis. Para esse autor, as principais variáveis que caracterizam a forma urbana são: a densidade de ocupação, a diversidade de usos do solo, a disponibilidade de transporte coletivo, o desenho e conectividade das vias, a qualidade dos espaços que favoreçam o transporte não motorizado e a topografia do terreno.

Compreender as variáveis que caracterizam a forma urbana é fundamental para se entender não só o comportamento de viagem das pessoas, como também as suas preferências por determinado modo de transporte. A partir desse entendimento, é possível a elaboração de propostas que visem a um sistema de transporte mais eficiente e sustentável.

Seguindo o raciocínio de Cunha (2005), ao pensarmos num projeto de sistema de transporte público que irá atender uma determinada área urbana, esta pergunta deve anteceder o estudo: que tipo de área urbana se tem e que tipo de área urbana se deseja ter? Para se obter a resposta a essa questão, é fundamental a identificação e avaliação das características próprias de cada área urbana, para que, a partir daí, seja possível definir o sistema de transporte que melhor interaja com o ambiente a ser atendido.

1.3 Hipóteses da Pesquisa

Os problemas relacionados à movimentação dentro das cidades afetam a todos os seus habitantes, em maior ou menor grau, devido aos problemas decorrentes do transporte, como por exemplo, os grandes congestionamentos, a poluição do ar e a poluição sonora.

Na tentativa de buscar espaços urbanos melhores, que minimizem os problemas relacionados ao transporte que as cidades enfrentam, será feita, neste trabalho, a análise de algumas variáveis da forma urbana, acreditando, com base nos estudos levantados pela revisão bibliográfica sobre o tema, que essas variáveis podem contribuir para uma melhoria do sistema de transporte urbano e privilegiar o transporte sustentável, se trabalhadas nesse intuito.

Para Frank (1994), diversas estratégias urbanas têm sido recomendadas para reduzir a dependência das pessoas pelo automóvel. Essas estratégias incluem o aumento na densidade residencial e de trabalho e uma maior diversidade de usos do solo. Segundo ele, o aumento da diversidade de usos do solo é reconhecido como meio de reduzir a demanda de viagens, enquanto melhora o interesse e a natureza do ambiente urbano.

Em seu trabalho, Frank (1994) expõe algumas relações hipotéticas entre comportamento de viagem e forma urbana, como por exemplo:

- Quando a densidade diminui, as milhas viajadas por automóvel aumentam e os passageiros do transporte coletivo diminuem;
- Quando a densidade aumenta, a produção de viagens familiar por automóvel diminui e aumenta a produção de viagens por modos não-motorizados;
- Comprimento médio de viagem aumenta com a diminuição da densidade;
- Com o aumento da diversidade de usos do solo diminui a demanda de viagens.

Nesse sentido, aqui serão apresentadas as hipóteses que acreditamos serem verdadeiras para as variáveis analisadas neste trabalho. Esperamos, com esta pesquisa, confirmá-las ou não.

1.3.1 Densidade Urbana

Amâncio (2005) expõe que os locais com altas densidades associadas à maior concentração tanto de residências como de atividades comerciais, proporcionam aos habitantes da região a possibilidade de realizar as tarefas diárias usando modos de transporte não-motorizados.

As medidas de densidade mais usadas abordam: densidade populacional bruta, densidade populacional líquida, densidade residencial e densidade de ocupação.

As cidades que normalmente têm baixos níveis desses tipos de densidades impõem necessidades freqüentes de viagens motorizadas a seus habitantes, porque as distâncias a serem percorridas tendem a ser maiores.

1.3.2 Diversidade de Usos do Solo

De acordo com Arruda (2000), diversos estudos concluíram que áreas com maior diversidade de uso do solo, onde haja presença de residências, lojas e supermercados, por exemplo, tendem a apresentar baixos índices de viagens por automóvel e um número maior de viagens por modos não-motorizados, embora outros estudos sugiram que não existe relação significativa entre as viagens a pé e as características de uso do solo.

Para Cunha (2005), as cidades que apresentam uma estrutura de ocupação setorizada impõem normalmente que seus habitantes realizem um número elevado de viagens, quando se compara estas cidades com aquelas que têm uma estrutura de ocupação mista.

1.3.3 Qualidade dos Espaços para Pedestres

A existência de calçadas e a qualidade das mesmas, no que se refere aos aspectos de segurança, seguridade, conforto, conectividade e estética, podem incentivar, segundo Amâncio (2005), a opção dos indivíduos em realizar viagens a pé e, conseqüentemente, reduzir o uso de veículos motorizados.

1.3.4 Desenho e Conectividade das Vias

O estudo de Amâncio (2005) ressalta que a forma e o desenho das vias são de grande importância na motivação ao uso do modo a pé na realização das viagens urbanas diárias.

A conectividade das vias pode ser dimensionada por dois métodos de levantamentos, segundo Cunha (2005): avaliação individual e avaliação coletiva. O primeiro considera o número de intersecções das vias por comprimento; o segundo considera o número de intersecções por área. Desse modo, segundo o autor, quanto maior o número de intersecções por área ou comprimento, maior a conectividade, e quanto maior a conectividade, maior o número de alternativas de rota disponibilizada ao usuário para que ele se desloque de um ponto a outro.

Cidades que apresentam redes viárias com baixa conectividade têm um uso mais freqüente do automóvel, porque os deslocamentos são normalmente extensos.

1.3.5 Disponibilidade de Transporte Coletivo

Para Arruda (2000) “a escolha do modo de transporte deve ser sempre analisada dentro do contexto mais amplo em que as pessoas têm conhecimento de todas as possíveis alternativas que ela dispõe para a realização de uma viagem urbana”.

A eficiente e abrangente oferta de transporte coletivo favorece a utilização desse modo de transporte à medida que ele supre as necessidades de deslocamento das pessoas e ainda favorece o aumento das viagens realizadas a pé, uma vez que estas complementam as viagens feitas por transporte coletivo.

1.3.6 Topografia da Cidade

Cidades que apresentam uma topografia muito acidentada e com áreas muito íngremes são barreiras ao uso dos modos de transporte não motorizados, devido ao grande esforço físico necessário para as pessoas se locomoverem, gerando assim dependência do transporte motorizado.

1.4 Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram executadas as seguintes etapas:

1.4.1 Definição das variáveis que caracterizam a forma urbana e têm implicações no comportamento de viagem das pessoas

A partir da revisão bibliográfica, foram definidas como importantes para este estudo as seguintes variáveis: densidade urbana; diversidade de usos do solo; qualidade dos espaços para pedestres e ciclistas; disponibilidade de transporte coletivo; desenho e conectividade das vias; e topografia da cidade.

1.4.2 Obtenção dos dados utilizados para caracterizar a forma urbana na área definida para o estudo de caso

Os mapas base da cidade de Uberlândia, contendo a divisão da cidade em bairros integrados, os logradouros, as curvas de nível, o zoneamento urbano, a hidrografia, entre outras informações temáticas, bem como as fotografias aéreas e imagens de satélite, foram obtidos junto à Secretaria de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal. Como suporte, foi utilizado o sistema UDIGIS ONLINE – Mapas Georeferenciados de Uberlândia, desenvolvido pelo Núcleo de Informações Setoriais e Geográficas, subordinado à Diretoria de Planejamento Integrado da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. O UDIGIS ONLINE é um sistema de disponibilização de informações espaciais georeferenciadas por meio do uso da internet. Nesse sistema é possível visualizar, a partir de camadas, algumas informações sobre a cidade de Uberlândia tais como: quadras, praças, canteiros, escolas, curvas de nível, divisão dos bairros e as fotos aéreas e imagens de satélite da cidade. Algumas dessas camadas trazem, de forma associada, alguns relatórios que passam informações textuais sobre a entidade pesquisada.

Os dados referentes ao sistema de transporte coletivo urbano de Uberlândia e necessários à análise da variável disponibilidade de transporte coletivo, foram obtidos junto à Secretaria de Trânsito e Transporte (SETTRAN) da Prefeitura Municipal de Uberlândia e junto à Empresa Consórcio Vermax, parceira da SETTRAN no monitoramento do transporte coletivo. Foi utilizado como suporte para alguns desses dados, o Projeto GEOSIT –

Monitoramento Online do Sistema Integrado de Transporte, desenvolvido pela parceria entre a Empresa Consórcio Vermax e a Secretaria de Trânsito e Transporte. Por meio do acesso à página do Projeto GEOSIT na internet, é possível ao usuário do sistema de transporte coletivo, acompanhar o trajeto dos ônibus que atendem a uma determinada linha do sistema no exato momento da consulta. Isso propicia ao usuário saber se existem veículos que estão chegando próximo ao ponto de parada de seu interesse e assim poder se dirigir ao mesmo para pegar o ônibus, minimizando o tempo de espera.

Os dados populacionais e informações agregadas em setores censitários foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mediante a compra de CDs que esta instituição disponibiliza ao público em sua página na internet.

Outros dados necessários durante processo de análise das variáveis e que, porventura, não estavam disponíveis para o perfeito andamento da pesquisa, foram coletados in loco ou buscados junto ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, devido à facilidade de contato com este instituto.

1.4.3 Obtenção dos dados sobre a demanda de viagens na cidade

As informações sobre a demanda de viagens na cidade foram obtidas a partir da Pesquisa Origem-Destino (O/D), realizada em 2002, sob a coordenação do Professor Titular Carlos Alberto Faria, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, que gentilmente disponibilizou a base de dados.

1.4.4 Tratamento e análise dos dados sobre a forma urbana

Os dados relacionados à forma urbana foram analisados em nível de Zona de Tráfego a fim de compatibilizar essas informações com os dados sobre a demanda de viagens. Para tratamento dos dados e informações coletadas, as mesmas foram implementadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O SIG escolhido para a pesquisa foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), por ser um software livre e dispor das funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais necessárias para o estudo.

1.4.5 Tratamento e análise dos dados sobre a demanda de transportes

O banco de dados da pesquisa O/D disponibilizada continha o registro de 11885 viagens, com as seguintes informações: Setor de Origem, Setor de Destino, Motivo da Viagem, Modo de Transporte Utilizado, Duração da viagem (em minutos), Características sócio-econômicas do domicílio e Características do viajante (idade, sexo, atividade).

Como os dados sobre as viagens realizadas já estão em um formato adequado, eles foram apenas submetidos a uma análise estatística exploratória para definir as características gerais da amostra pesquisada. Essa análise estatística exploratória consistiu na separação das informações contidas na planilha da pesquisa O/D e na determinação das características dessas informações como: as faixas etárias dos viajantes; as zonas que mais originam viagens; as zonas que mais recebem viagens; a porcentagem utilizada de cada modo de transporte na realização das viagens, entre outras características da amostra de viagens.

1.4.6 Análise da relação entre a forma urbana e a demanda de viagens

Para análise do relacionamento entre a forma urbana e a demanda de viagens, foram calibrados modelos de escolha discreta, procurando associar a opção de modo de transporte com as características do viajante, da viagem e da forma urbana. Processo semelhante a esse foi utilizado por Arruda (2000) e Amâncio (2005).

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação de mestrado cujo conteúdo tratado é descrito a seguir está estruturada em 6 capítulos.

Além deste Capítulo 1, chamado de “Introdução”, o Capítulo 2, chamado de “Forma Urbana e Transporte Urbano”, faz uma revisão bibliográfica sobre a relação entre forma urbana e transporte urbano. Vários trabalhos apresentados nessa revisão bibliográfica concluíram que a forma urbana influencia no comportamento de viagens, enquanto outros não constataram essa relação.

No Capítulo 3, chamado de “Variáveis que Caracterizam a Forma Urbana”, são apresentadas as variáveis da forma urbana tidas como as que mais têm influência sobre a

escolha pelo modo de transporte a ser utilizado, e diversas metodologias que buscam fazer a caracterização dessas variáveis para a área de estudo.

O Capítulo 4, chamado de “Obtenção e Análise Exploratória dos Dados”, consiste na descrição das etapas de coleta e análise dos dados referentes às variáveis da forma urbana e às viagens originadas nas zonas de tráfego analisadas. Descreve-se, neste capítulo, a aplicação da metodologia utilizada para se obter os valores que caracterizam a forma urbana para cada variável.

O Capítulo 5, chamado de “Formulação e Calibração do Modelo de Escolha Discreta”, trata dos modelos de escolha discreta, apresentando as etapas de formulação e calibração do modelo empregado neste estudo e os resultados observados com a análise dos modelos gerados.

Após os cinco capítulos, são apresentadas as conclusões tiradas deste estudo e as recomendações para trabalhos futuros que tenham a forma urbana e comportamento de viagem como tema de estudo.

Finalmente são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas para o estudo, além dos apêndices relacionados à análise dos dados sobre a forma urbana.

2 FORMA URBANA E TRANSPORTE URBANO

Dois conceitos são fundamentais para se entender o problema de transporte: acessibilidade e mobilidade (HANSON, 1995). Segundo a autora, acessibilidade refere-se ao número de oportunidades, também chamadas de oportunidades locais, disponíveis dentro de certa distância ou tempo de viagem. Mobilidade, por sua vez, refere-se à capacidade de mover-se entre diferentes locais de atividades, por exemplo, de casa até uma loja de alimentos. Uma cidade com boa acessibilidade e boa mobilidade oferece melhor qualidade de vida aos seus habitantes.

Todos os países no mundo enfrentam hoje o desafio de promover a qualidade de vida em suas cidades. Com o aumento da dependência da sociedade pelo automóvel, um dos grandes setores focado no sentido de melhorar as cidades é o setor de transporte urbano. A busca pelo transporte sustentável é um importante fator que as cidades devem privilegiar em seus planos municipais de gestão do espaço urbano.

Com base nessa busca por um melhor sistema de transporte urbano, este capítulo denominado Forma Urbana e Transporte Urbano tem o objetivo de fazer um resgate bibliográfico de trabalhos anteriores que analisaram as relações entre variáveis da forma urbana e o comportamento de viagem, por meio da escolha modal de transporte, buscando, além de apresentar alguns conceitos sobre forma urbana, apresentar também algumas conclusões importantes para o entendimento dessas relações.

2.1 Conceitos de Forma Urbana

Com base na literatura que estuda a influência da forma urbana sobre o sistema de transporte das cidades, é possível encontrar alguns autores que buscam conceituar forma urbana. Alguns desses conceitos são mostrados aqui.

De acordo com Frank (1994), o conceito de forma urbana refere-se às características espaciais do ambiente urbano, sendo esta forma urbana definida como a distribuição das atividades dentro do sistema urbano. Para esse autor, densidade populacional, densidade de empregos, diversidade de usos do solo e balanço entre moradias e locais de trabalho são as quatro variáveis primárias com as quais o comportamento de viagem tem sido mais correlacionado.

Miller e Ibrahim (1998) definem forma urbana como a combinação da distribuição física de atividades urbanas (comércios, residências, indústrias e serviços) e as atividades padrões das pessoas (lazer, trabalho, estudo) sobre o tempo e o espaço. A distribuição física de atividades dentro da cidade é, segundo eles, pelo menos em princípio, suscetível a algumas medidas de controle, tais como mecanismos de planos oficiais, zoneamento e o fornecimento de infra-estrutura física.

Barbugli (2003) citada por Amâncio (2005), expõe que, por meio da noção dos conceitos de espaço, aglomeração, tamanho, densidade, emprego, surge a delimitação físico-espacial de urbano e de cidade; desse modo, a forma urbana seria a disposição das aglomerações no espaço e o conjunto das relações sócio-espaciais que elas mantêm entre si e com o todo, ou seja, seria a interação entre essas aglomerações e, conseqüentemente, entre as atividades urbanas sociais e o meio ambiente.

Segundo Van Diepen e Voogd (2001), forma urbana significa a configuração espacial dos caminhos empregados pelas pessoas a uma parcela da superfície ou uso do solo. Para eles, a questão chave é saber se o comportamento familiar pode ser influenciado pela estrutura espacial da cidade geralmente chamada de forma urbana. Esses autores colocam ainda que a forma urbana é a caracterização do ambiente construído, baseado nos atributos que o constituem e nas suas relações mútuas. A forma urbana refere-se então às características físico-espaciais de uma área geográfica, por exemplo, densidade construída, tipo e *design*, e suas variações espaciais.

Anderson et al. (1996), por sua vez, definem forma urbana como a configuração espacial de elementos fixados dentro de uma região metropolitana. Segundo esses autores, a estrutura espacial é um conceito mais compreensivo. De acordo com Bourne (1982) citado por Anderson et al. (1996), a estrutura espacial urbana consiste de três elementos: a forma urbana, as interações urbanas e uma série de organizações principais que definem as relações entre os dois. O ponto chave aqui é este: a forma urbana tem uma profunda influência nos fluxos dentro da cidade, mas não os determina completamente.

Um conceito de forma urbana um pouco diferente dos demais conceitos encontrados aqui é o apresentado por Lamas (2004). Ele define a forma urbana como “aspecto da realidade, ou modo como se organizam os elementos morfológicos que constituem e definem o espaço urbano, relativamente à materialização dos aspectos de organização funcional e quantitativo e dos aspectos qualitativos e figurativos. A forma, sendo o objetivo final de toda concepção, está em conexão com o desenho, quer dizer, com as linhas, espaços,

volumes, geometrias, planos e cores, a fim de definir um modo de utilização e de comunicação figurativa que constitui a arquitetura da cidade”.

2.2 Estudos que apresentam relações entre forma urbana e comportamento de viagem

A forma urbana (densidade urbana, diversidade de usos do solo, oferta de transporte coletivo, qualidade dos espaços para o transporte não-motorizado, entre outras), é, com base em vários estudos, um fator importante no comportamento de viagem das pessoas e pode contribuir para constituição de um transporte urbano mais sustentável com ênfase para o transporte coletivo e para os modos não-motorizados, pois, conforme sugerem diversas pesquisas, a presença de determinadas características no ambiente físico das cidades tem relação direta com o aumento no número de viagens não motorizadas e uma conseqüente redução das viagens motorizadas.

Nesse sentido, nas últimas décadas, muitos pesquisadores têm focado suas pesquisas nas interações entre forma urbana e comportamento de viagem, produzindo diversos trabalhos que investigam as potenciais relações entre forma urbana e comportamento de viagem (BOARNET; CRANE, 2001; SCHWANEN, 2002; STEAD; MARSHALL, 2001).

No entanto, segundo Schwanen (2002), esse conhecimento acumulado tem sido amplamente baseado em evidências dos Estados Unidos. Estudos empíricos que comparam sistematicamente o comportamento de viagem em contextos nacionais fora dos Estados Unidos permanecem relativamente raros.

Com a finalidade de tentar preencher parte da lacuna relativa à falta desses estudos para outros países, Schwanen (2002) desenvolveu um estudo em que compara os padrões diários de viagens para o trabalho em onze cidades européias: Amsterdã, Bruxelas, Copenhague, Frankfurt, Munique, Hamburgo, Paris, Londres, Estocolmo, Viena e Zurique. O estudo constatou que, nas cidades européias, as distâncias e o tempo das viagens diárias para o trabalho variam consideravelmente, assim como a divisão modal de transporte para essas mesmas viagens. O autor conclui: “é tentador confirmar que a forma urbana é um determinante importante nos padrões de viagens, como tem sido freqüentemente concluído em estudos anteriores. (NEWMAN; KENWORTHY, 1989; KENWORTHY; LAUBE, 1999)”.

Amâncio (2005) analisou a existência de relações entre as variáveis que definem a forma urbana e a opção por viagens a pé realizadas pelas pessoas. Segundo esse autor, as

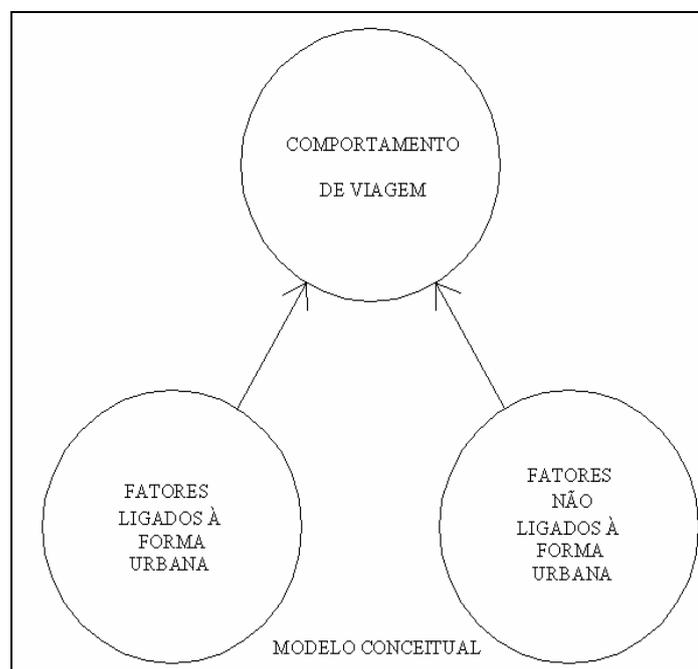
variáveis características da forma urbana podem ser agrupadas em cinco categorias: densidade urbana, qualidade dos espaços para pedestres, diversidade de usos do solo, desenho das vias e disponibilidade de transporte coletivo. Os resultados obtidos em seu estudo indicam que, tanto para viagens de 1,0 km quanto para viagens de 2,0 km, as variáveis da forma urbana influenciam o comportamento do usuário na escolha por um modo de transporte, em especial, pelo modo a pé.

Dieleman et al. (2002) expõem, em seu trabalho, que muitos países têm adotado políticas para reduzir as distâncias viajadas por automóvel e favorecer o uso do transporte público, ciclismo e caminhada. Para eles, o desenvolvimento de formas urbanas compactas e o desenho de comunidades urbanas que favoreçam as caminhadas são vistas como estratégias efetivas na redução da dependência das pessoas em relação ao automóvel. No trabalho desenvolvido, esses autores exploraram a importância relativa dos atributos pessoais e das características do ambiente residencial como determinantes da escolha modal e da distância da viagem. O estudo concluiu que tais grupos de fatores mantêm uma forte e clara relação com o comportamento de viagem em modelos multivariados.

Defensores dos conceitos do Novo Urbanismo sugerem que um planejamento adequado do espaço urbano encoraja as caminhadas e, conseqüentemente, melhora a interação entre indivíduos e o senso de comunidade e diminui a dependência do automóvel (HANDY, 1996a). No entanto, segundo a autora, as pesquisas existentes fornecem evidências insuficientes para suportar os pressupostos do Novo Urbanismo, fundamentalmente, devido às limitações nas metodologias que os pesquisadores têm usado para testar as relações entre características da forma urbana e o comportamento de viagens.

A pesquisa de Handy (1996a) representa, segundo ela, uma tentativa de ir além de simplesmente testar as correlações entre as características da forma urbana e o comportamento de viagem, buscando definir como a forma urbana se ajusta em um modelo mais compreensivo de escolhas de viagens dos pedestres. Inicialmente, a autora propôs um modelo de opção pelo modo a pé que considerava dois tipos de viagens dos pedestres: viagens de passeio e caminhadas para um determinado destino. Para ambos os tipos, as motivações e as limitações são os determinantes básicos da opção de um indivíduo pela caminhada. As características da forma urbana podem encorajar ou desencorajar essa escolha. As análises realizadas em seis bairros da cidade de Austin, Texas, sugerem que certos aspectos da forma urbana têm um papel importante no encorajamento das caminhadas para um destino específico, mas têm pouca importância quando o objetivo é apenas passear. A autora conclui que a forma urbana parece ser um fator secundário para encorajar ou não as caminhadas.

Um amplo trabalho sobre as relações entre forma urbana e comportamento de viagem foi desenvolvido por Frank (1994). A proposta foi testar, de maneira empírica, as relações entre densidade e diversidade do uso do solo, o equilíbrio entre locais de trabalho e moradias e o comportamento de viagem, usando dados agregados em setores censitários para dois tipos de viagens: viagens para o trabalho e viagens para compras. O modelo conceitual proposto para a relação entre a forma urbana e o comportamento de viagem (Figura 2.1), evidencia a importância que, tanto os fatores da forma urbana, quanto os fatores não ligados a ela, têm sobre o comportamento de viagem.



Fonte: Adaptado de FRANK (1994, p.4)

Figura 2.1 – Modelo conceitual dos fatores que influenciam o comportamento de viagem.

Métodos simples de análises estatísticas foram usados para identificar as relações entre forma urbana e comportamento de viagem, incluindo testes-t, correlação linear, correlação parcial, regressão múltipla e cruzamento de tabelas. Os resultados indicaram que:

- a densidade de locais de trabalho, a densidade populacional e a diversidade de usos do solo foram negativamente correlacionadas com o uso de automóvel e positivamente correlacionadas com o uso do transporte coletivo e de caminhadas, tanto para viagens por motivo trabalho quanto para viagens de compras;

- a densidade de locais de trabalho, a densidade populacional e a diversidade de usos do solo foram negativamente correlacionadas com as distâncias das viagens e positivamente correlacionadas com a geração de viagens para o trabalho;
- o equilíbrio entre locais de trabalho e moradias estava negativamente correlacionado com a distância das viagens e com o tempo de viagens para o trabalho;
- descobriu-se que o automóvel, o transporte coletivo e as caminhadas têm uma relação não linear com a densidade populacional e densidade de empregos, tanto para viagens com destino ao trabalho quanto para viagem de compras.

De acordo com Sun et al. (1998), o comportamento de viagem familiar é influenciado por características sócio-econômicas e fatores do uso do solo, e tem sido assunto de interesse para o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda de viagens. Esses autores têm investigado, em seu estudo, a relativa importância desses fatores baseados no número de viagens domésticas diárias e nas milhas viajadas por veículos.

Embora a relação fundamental entre uso do solo e transporte seja complexa, é amplamente ressaltado por Sun et al. (1998) que famílias residentes em áreas de alta densidade farão poucas e menores viagens de automóvel. Para esses autores, é comum acreditar que os moradores em áreas de alta densidade geram poucas viagens de automóvel e, portanto, menos milhas viajadas por esse modo de transporte do que os residentes em áreas de baixa densidade. No entanto, segundo os autores, somente a densidade de uso do solo pode não refletir o completo retrato do seu desenvolvimento. A relação entre trabalho, moradia e serviço é outro importante indicador descritivo das características de desenvolvimento do uso do solo.

Os autores concordam que o conceito de balanço de uso do solo é difícil de definir, mas ele se refere à diversidade de usos existentes em uma dada região e pode ser medido pelo índice de entropia. Este índice leva em conta os tipos de uso do solo observados em uma região e a proporção de áreas ocupadas por cada tipo de uso. Onde existe uma região com áreas residenciais, áreas comerciais e de serviços, áreas de lazer, entre outros usos, tem-se aí, uma região cujo uso do solo é variado, indicando um balanço perfeito. Já a região onde se observa apenas uso residencial ou uso industrial, por exemplo, é considerada uma área em que o balanço de uso do solo é ruim, devido à homogeneidade do uso.

Para Sun et al. (1998) algumas variáveis de uso do solo, como densidade populacional e balanço do uso do solo, parecem não afetar o número de viagens diárias, mas elas são totalmente influentes na quantidade de milhas viajadas por veículos.

Em seu estudo, van de Coevering e Schwanen (2006) investigam as relações entre forma urbana, nível do serviço de transporte, sistema habitacional e seu desenvolvimento histórico e situação sócio-demográfica sobre os padrões de viagens. Eles analisaram, em seu estudo, os seguintes indicadores de viagens (KENWORTHY et al., 1999): a média anual do número de quilômetros viajados de carro particular por habitante como indicador da distância viajada por carro particular; a média anual do número de passageiros por quilômetro viajado de transporte coletivo por habitante como indicador da distância viajada por transporte público; a média (um caminho) da distância das viagens diárias ao trabalho; a média (um caminho) do tempo das viagens diárias ao trabalho; e a divisão modal para as viagens diárias ao trabalho como reflexo das porcentagens de viagens diárias ao trabalho de automóvel particular, de transporte público, a pé ou viagens de bicicleta, respectivamente. Esses indicadores foram selecionados por serem relevantes para as políticas de transporte e uso do solo.

De acordo com van de Coevering e Schwanen (2006), por meio das análises realizadas no trabalho pôde-se constatar que as variáveis da forma urbana são relevantes para todas as dimensões de padrões de viagens considerados.

Stead e Marshall (2001) desenvolveram um trabalho em que eles apresentam os resultados de muitos estudos sobre forma urbana e padrões de viagens nos últimos 20 anos, tendo, como aspectos chave dessa revisão, a identificação de onde esses estudos estão concentrados e a crítica sobre eles. O estudo evidenciou nove aspectos da forma urbana, abrangendo desde o nível de planejamento regional estratégico (no topo da lista), até o nível de planejamento local específico (no fim da lista)¹. Os nove aspectos analisados por Stead e Marshall (2001) foram:

- a) Distância da residência até o centro urbano;
- b) Tamanho da vizinhança;
- c) Mistura de usos do solo;
- d) Fornecimento de facilidades locais;

¹ Segundo STEAD e MARSHALL (2001) reconhece-se, entretanto, que colocar esses nove elementos em ordem de escala é difícil uma vez que alguns são relevantes a mais de uma escala. Por exemplo, segundo eles, rede viária pode ser local ou regional, densidade pode ser aplicada na escala na cidade ou a um nível de vizinhança.

- e) Densidade de ocupação;
- f) Proximidade às redes de transporte;
- g) Disponibilidade de estacionamentos;
- h) Tipo da rede viária
- i) Tipo de vizinhança.

Com relação ao primeiro aspecto da forma urbana focado por Stead e Marshall (2001), Spence e Frost (1995), citados por Stead e Marshall (2001), descrevem as mudanças nas distâncias das viagens diárias para o trabalho entre 1971 e 1981 nas três maiores cidades da Grã-Bretanha, Londres, Manchester e Birmingham e apresentam como essas distâncias mudaram com o aumento das distâncias entre a residência e o centro urbano.

Naess et al. (1995), também citado por STEAD e Marshall (2001), identifica uma relação estatística entre a distância para um centro urbano e a distância viajada por pessoa em Oslo, na qual a distância total aumenta com o aumento da distância entre as residências e o centro urbano. O autor examinou a influência da distância entre as residências e o centro urbano sobre a energia consumida pelo transporte e observou que a energia também aumenta à medida que a distância entre as residências e o centro urbano aumenta.

Segundo Stead e Marshall (2001), além do estudo de Naess et al. (1995), muitos outros indicam que o aumento da distância entre as residências e o centro urbano, está associado ao aumento da distância viajada, ao aumento proporcional de viagens de automóvel e ao aumento da energia consumida no transporte. A frequência de viagens, entretanto, não varia de forma significativa de acordo com a distância entre as residências e o centro urbano.

Com relação ao segundo aspecto da forma urbana, Stead e Marshall (2001) argumentam que o tamanho da vizinhança afeta a abrangência dos trabalhos e serviços locais que podem ser suportados, e influencia a abrangência dos serviços de transporte público a serem fornecidos. Esses autores destacam a existência de uma quantidade relativamente grande de pesquisas interessadas nas relações entre o tamanho da vizinhança e os padrões de viagens.

O terceiro aspecto da forma urbana, mistura de usos do solo, por afetar a separação física das atividades, constitui-se num determinante de *demandas por viagens*, de acordo com Stead e Marshall (2001).

Quanto ao quarto aspecto, Stead e Marshall (2001) afirmam que o fornecimento de facilidades locais e serviços podem claramente reduzir a distância das viagens e aumentar a

proporção das viagens curtas, capazes de serem realizadas por modos de transporte não motorizados.

Para o quinto aspecto, Stead e Marshall (2001) expõem a existência de muitos pesquisadores que sugerem uma ligação entre densidade populacional e muitas medidas de padrões de viagem; há, porém, poucas evidências de muita variação na frequência de viagens pela densidade populacional.

Com relação ao sexto aspecto da forma urbana, Stead e Marshall (2001) colocam que a proximidade a redes de transporte público influencia nos padrões de viagens e, conseqüentemente, na energia consumida no transporte. Um melhor acesso à principal rede de transporte, principalmente, rede viária e de trens, aumenta a velocidade das viagens e estendem as distâncias que podem ser cobertas em um espaço de tempo fixo.

Quanto à disponibilidade de estacionamentos, Stead e Marshall (2001) afirmam que sua pesquisa indicou uma grande tendência para caminhadas em áreas onde os estacionamentos são limitados. Com o aumento da disponibilidade de estacionamentos, aumenta a proporção de viagens por automóveis.

Segundo Stead e Marshall (2001), em relação ao oitavo aspecto da forma urbana analisado por eles, a forma ou a estrutura de uma área urbana pode ser caracterizada, em certo grau, pelo padrão da rede viária, uma vez que um padrão do tipo *grid* pode ser associado com viagens sustentáveis, à medida que promove rotas mais curtas e diretas para os pedestres, incluindo o acesso desses pedestres ao transporte público.

Com relação ao último aspecto, tipo de vizinhança, Stead e Marshall (2001) argumentam que as descobertas podem tender a apoiar as associações geralmente assim identificadas: vizinhança tradicional associada a mais viagens a pé e por transporte coletivo; e vizinhança suburbana convencional (bairros residenciais de alta renda afastados dos centros urbanos) associada a mais viagens de automóvel. Isso não implica, necessariamente, em causalidade entre comportamento de viagem e outros usos do solo ou componente da vizinhança.

Stead e Marshall (2001) ressaltam que muitos dos estudos analisados em seu trabalho descobriram a influência das características da forma urbana nos padrões de viagens e, conseqüentemente, nos impactos ambientais do transporte tanto em escala regional quanto em escala local. Mas ressaltam também que o grau de influência da forma urbana nos padrões de viagens pode ser menor do que o indicado em estudos prévios.

Miller e Ibrahim (1998) desenvolveram um trabalho em que apresentam uma investigação empírica sobre as relações entre o uso do automóvel, a energia usada e a forma

espacial da grande área de Toronto, no Canadá. Segundo esses autores, a energia consumida pelo setor de transporte depende diretamente do nível e da distribuição espacial das atividades dentro de uma área urbana. Ultimamente, entretanto, essa energia consumida no transporte é dominada pela energia usada pelos automóveis particulares e caminhões.

De maneira geral, em seu trabalho, Miller e Ibrahim (1998) tentam usar medidas simples, mas muito importantes, de densidade, descentralização e estrutura, a fim de representar a componente física da forma urbana. O foco do trabalho desses autores é explorar, empiricamente, as relações entre as dimensões físicas da forma urbana (densidade, grau de descentralização e estrutura) e as viagens de automóveis dentro de uma ampla área urbana, no caso, a grande Toronto.

As descobertas feitas por Miller e Ibrahim (1998) apóiam os defensores da densidade e das formas urbanas compactas. Esses autores concluíram que ocorre um grande aumento nas viagens motorizadas em locais onde não existe uma mistura de usos do solo, devido ao aumento das distâncias a serem percorridas, principalmente, entre casa e trabalho.

Um importante trabalho sobre o assunto estudado aqui e que aborda a questão do desenvolvimento sustentável é o de Van Diepen e Voogd (2001). Nesse trabalho, os autores tratam da difícil relação entre forma urbana, comportamento de viagem e desenvolvimento sustentável.

Esse estudo vem ao encontro da necessidade que as cidades enfrentam hoje de promover um desenvolvimento urbano que atenda às exigências atuais da cidade e que contemple a preservação dos recursos e fontes ambientais, financeiras e energéticas para o pleno desenvolvimento futuro da cidade.

As análises de Van Diepen e Voogd (2001) foram conduzidas na região de Amersfoort, na Holanda. O objetivo do artigo desses autores é examinar, de forma crítica, as possibilidades de planejamento que induzam a um desenvolvimento urbano sustentável, especialmente, planejamento do uso do solo. O foco então está sobre o comportamento de viagem e a forma urbana.

Van Diepen e Voogd (2001) concluíram que, para seu estudo de caso, as atividades de viagem familiar evidenciam a existência de algumas diferenças importantes em uma escala micro urbana. Segundo eles, famílias residentes em vizinhanças distantes da cidade investigada consomem, significativamente, mais energia em viagens, quando comparadas com famílias que vivem no interior da cidade ou em vizinhanças periféricas. Esse padrão sugere que o regime de viagens familiar tem uma relação com a forma urbana.

Anderson et al. (1996), por sua vez, escreveu um artigo cujo objetivo era a revisão de conceitos básicos e relações envolvidas com a forma urbana, a utilização de energia e o meio ambiente, além de avaliar, de forma crítica, o estado atual do conhecimento ligado a esses assuntos.

Para Anderson et al. (1996), existe uma variedade de instrumentos políticos que podem ser usados para guiar a evolução da forma urbana na direção de reduzir a demanda de energia e as emissões de poluentes no meio ambiente. Segundo os autores, a forma urbana é afetada, primeiramente, pelas políticas de transporte e políticas de uso do solo.

Após desenvolverem suas análises, os autores concluíram que existe uma ampla evidência sugerindo uma importante influência da forma urbana sobre as escolhas individuais relacionadas às viagens.

McMillan (2007) desenvolveu uma pesquisa em que examinou a magnitude da influência tanto da forma urbana quanto dos fatores não ligados a ela sobre o modo de viagens para a escola. Segundo o autor, os resultados das análises feitas apóiam as hipóteses de que a forma urbana é importante, mas não é o único fator que influencia na escolha do modo de viagem para ir à escola. Outros fatores podem ser igualmente importantes como: a percepção de segurança na vizinhança e no trânsito; a opção de transporte familiar e normas sócio-culturais. De acordo com esse autor, relações de probabilidades indicam que a magnitude da influência destes últimos fatores são maiores que o da forma urbana.

Usando um modelo binomial lógico para comparação dos fatores que influenciam na probabilidade de viagens a pé ou de bicicleta até a escola, McMillan (2007) afirma que, nesse modelo, a probabilidade de as crianças irem à escola a pé ou de bicicleta é afetada por diversos fatores, incluindo a forma urbana. Esse modelo foi expandido para incluir três variáveis da forma urbana: a proporção de segmentos de rua com um sistema completo de calçadas (proporção de segmentos de rua dentro de um raio de $\frac{1}{4}$ de milha da escola com calçadas de ambos os lados da rua); a proporção de segmentos de rua com mais de 50% das casas com as janelas voltadas para a rua; e a proporção de segmentos de rua com um uso do solo variado.

Baseado nessas três variáveis, McMillan (2007) constatou que tanto a quantidade de janelas voltadas para a rua quanto a variação de usos do solo na vizinhança afetam positivamente a probabilidade das crianças irem à escola caminhando ou de bicicleta. E constatou ainda que a pesquisa evidencia a forma urbana como um fator influente sobre o comportamento de viagem não motorizado.

Com o propósito de desenvolver uma metodologia de avaliação computacional das áreas urbanas para fins de caminhadas, ciclismo e a qualidade de ligação com o transporte coletivo, Soltani e Allan (2005) realizaram um estudo para quatro áreas suburbanas de Adelaide, Austrália, e examinaram a extensão das correlações entre vários atributos da locação urbana particular e como elas se relacionam com o comportamento de viagem, com o transporte coletivo, com os vários atributos familiares, com a forma urbana e com as características do sistema viário, além de examinarem o grau de centralidade das atividades e a distância das viagens diárias para o trabalho e ao centro metropolitano.

Os resultados obtidos pelos autores indicam que o aumento no número de vizinhanças amigáveis ao pedestre, leva ao aumento do transporte não motorizado. Famílias que fazem viagens longas não destinadas ao trabalho tendem a usar automóveis por causa da maior conveniência e economia de tempo, sem levar em consideração o custo da viagem. O aumento de cobertura das rotas dos ônibus resulta num aumento da probabilidade de se usar o ônibus e concluem que o transporte público é altamente influenciado por atributos urbanos.

Boarnet et al. (2003) desenvolveram um estudo em que eles usam dados diários de dois dias de viagens para examinar se o uso do solo é mais importante para a geração de viagens individuais ou para a quantidade individual de milhas viajadas por veículos (VMT – Vehicle Miles Traveled). Mais especificamente, por meio da unidade de probabilidade ordenada e dos modelos normais de regressão dos mínimos quadrados, as variáveis sócio-demográficas, o uso do solo, e a conectividade de vias são usadas para estimar a frequência de viagens que não se destinam ao trabalho e às milhas viajadas por veículos que também não se destinam ao trabalho. Comparando coeficientes padronizados dos modelos, Boarnet et al. (2003) concluíram que a influência das variáveis do uso do solo são similares tanto na geração de viagem quanto na regressão de milhas viajadas por veículo; e que a renda é o determinante principal tanto da frequência de viagem quanto das milhas viajadas por veículo.

A hipótese defendida por Boarnet et al. (2003) é a de que o uso do solo influencia mais nas milhas viajadas por veículos do que na geração de viagens. Segundo esses autores essa hipótese deve-se, em parte, a Ewing e Cervero (2001), ao concluírem, baseados na revisão da literatura, que a geração de viagens individuais são influenciadas, principalmente, pelas características sócio-demográficas, enquanto as distâncias das viagens são influenciadas, principalmente, pelos padrões de uso do solo, sendo as características sócio-demográficas um fator secundário.

Os resultados apresentados por Buliung e Kanaroglou (2006), em seu estudo sobre a forma urbana e o comportamento de viagem familiar em dias úteis da semana para a área

metropolitana de Portland, Oregon, sugerem que as potencialidades existentes para reduzir as viagens nos dias úteis da semana dirigem o crescimento para centros de atividades descentralizados.

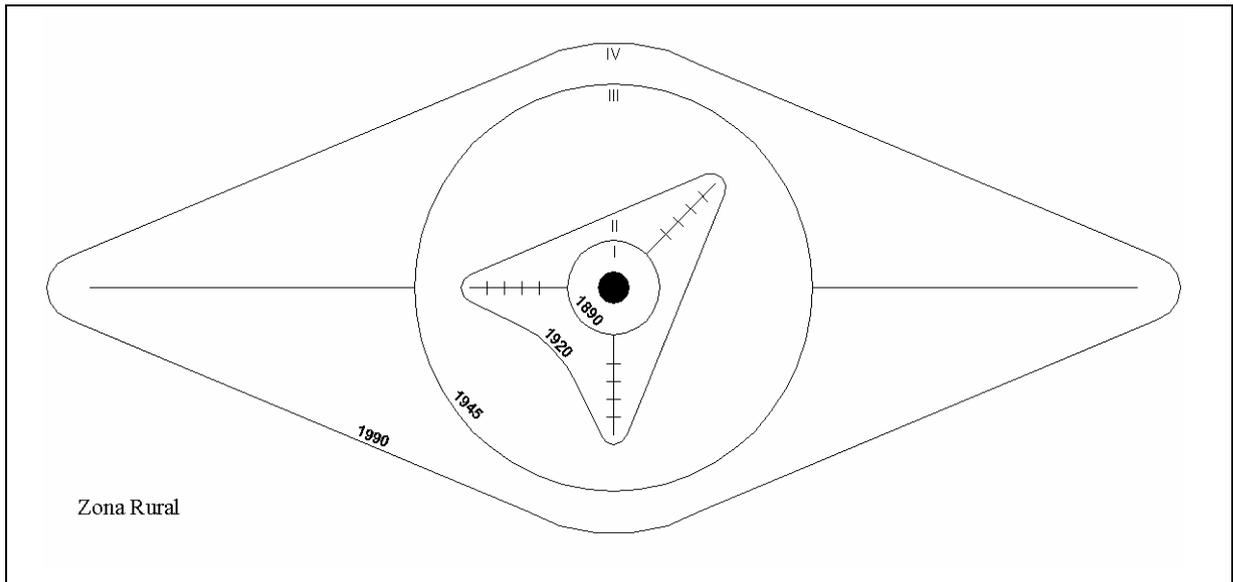
Em seu estudo, Muller (1995) examinou a experiência urbana norte-americana nos dois últimos séculos e descobriu uma relação forte e persistente entre o sistema de transporte intra-urbano, a forma espacial e a organização das metrópoles. Para ele, seguindo uma visão geral dos fundamentos culturais do urbanismo nos Estados Unidos, foi introduzido um modelo em quatro estágios de eras do transporte intra-metropolitano, associado aos padrões de crescimento. Dentro dessa estrutura, segundo esse autor, torna-se claro que uma estrutura espacial diferente domina cada estágio de desenvolvimento do transporte urbano. A esta reorganização geográfica seguiu-se, rapidamente, a descoberta da tecnologia do movimento que lançou a próxima era de expansão metropolitana.

Muller (1995) ressalta que, em cada estágio de crescimento, o desenvolvimento da forma e da estrutura das metrópoles norte-americanas são dominadas por um movimento tecnológico particular e por um processo de expansão da rede que formou um padrão distinto de organização espacial intra-urbana. As quatro eras definidas por Muller (1995) são:

1. Era da caminhada e modos de transporte movidos por tração animal (1800-1890): aqui as pessoas e atividades estavam, obrigatoriamente, agrupadas bem próximas umas das outras, o que significava uma caminhada de menos de 30 minutos até o centro.
2. Era do bonde elétrico (1890-1920): nesse período, com o advento da tração elétrica, houve um rápido desenvolvimento de residências em áreas extremas das cidades, o que expandiu o surgimento de metrópoles em forma de estrela. Esse padrão morfológico foi produzido pelos corredores radiais que se estendiam por várias milhas além dos limites da cidade compacta.
3. Era do automóvel de passeio (1920-1945): os automóveis aparecem num momento em que já existem áreas urbanas superiores a 20 milhas de diâmetro. Os automóveis chegaram às cidades sempre em grande número durante o período entre guerras; uma união que culminou em uma desconcentração acelerada.

4. Era das auto-estradas (após 1945): diferentemente das duas eras anteriores, esta era não foi desencadeada por uma revolução no transporte urbano. Ela representa a chegada da cultura do automóvel. As mudanças ocorridas nessa era são expressas por metrópoles ainda mais expandidas espacialmente.

O esquema apresentado a seguir ilustra de maneira espacial essas quatro eras.



Fonte: Adaptado de MULLER (1995, p.29).

Figura 2.2 – Eras do transporte intra-urbano e padrões de crescimento segundo MULLER (1995): I - Era da caminhada e meios de transporte movidos por tração animal; II - Era do bonde elétrico; III - Era do automóvel de passeio; IV - Era das auto-estradas.

2.3 Estudos que não apresentam relações claras entre forma urbana e comportamento de viagem

Boarnet e Crane (2001) ressaltam, em seu trabalho, que muitos estudos concluem que altas densidades, desenvolvimento variado de usos do solo, padrões de circulação mais abertos, e ambientes amigáveis para o pedestre estão todos associados a menos viagens por automóvel, indicando assim uma forte influência das características da forma urbana no processo de escolha modal. No entanto, ressaltam também que outros estudos apresentam pouca ou nenhuma influência do ambiente construído em qualquer comportamento de viagem individual ou coletivo (HANDY, 1996b; KITAMURA et al. 1997; BOARNET; SARMIENTO, 1998; CRANE; CREPEAU, 1998).

Crane e Crepeau (1998), segundo Amâncio (2005), analisaram as viagens diárias dos moradores em um estudo realizado na cidade de San Diego, Califórnia, e os resultados obtidos mostraram que a configuração da forma urbana não afeta as viagens para o trabalho e para a realização de compras. Segundo eles, os fatores determinantes são as características sócio-econômicas e as preferências individuais.

O estudo de McNally e Kulkarni (1996) concluiu também que os fatores sócio-econômicos são mais determinantes no processo de escolha modal de transporte para realização das viagens do que as variáveis da forma urbana. Nesse estudo, os autores analisaram as relações entre a forma urbana e as viagens a pé para 20 bairros de Orange Country, Califórnia. Os resultados mostraram que quanto maior a renda per capita, mais viagens são realizadas, independente do bairro de origem do indivíduo.

Boarnet e Sarmiento (1996), em um estudo para determinar a demanda por viagens que não têm como destino o trabalho, concluíram que a influência das variáveis da forma urbana sobre o comportamento de viagem é bastante fraca e, apenas raramente, as variáveis da forma urbana são individualmente significantes.

Snellen et al. (2002) em seu artigo sobre o assunto, adota uma análise em vários níveis para examinar as relações existentes entre forma urbana e comportamento de viagem. Nesse artigo, os resultados indicaram que o efeito da forma urbana sobre os vários indicadores de mobilidade é insignificante. Como resultado também da pesquisa os autores colocam que o número de viagens por ano, tende a ser maior em cidades com rede radial quando comparado com cidades em grade. Descobriu-se ainda, que cidades com rede de transporte radial apresentam aumento no uso de modos de transporte não motorizados tanto em número de quilômetros percorridos quanto em número de viagens diárias de casa para o trabalho. As redes de transporte em grade e circular reduzem a porção de quilômetros motorizados para viagens entre casa e trabalho.

Enfim, os resultados das análises de Snellen et al. (2002) indicam que a forma urbana e o tipo da rede de transporte têm apenas um efeito modesto, mas presente na decisão da escolha modal para atividades frequentemente conduzidas.

2.4 Tópicos Conclusivos

A bibliografia analisada neste capítulo mostrou alguns estudos referentes à questão das relações entre as diversas variáveis da forma urbana e os padrões de comportamento de

viagem das pessoas, bem como buscou apresentar alguns conceitos para o que se entende por forma urbana.

Os conceitos citados, nesta pesquisa, apresentam diferenças entre si, mas o fundamento básico é o mesmo. Dessa maneira, podemos entender a forma urbana, como sendo o conjunto de características físicas de uma determinada região e como as mesmas estão distribuídas nesse espaço.

Como foi observado, neste capítulo, a grande maioria dos estudos indica que existe uma importante influência da forma urbana sobre o comportamento de viagem, e que aspectos adequados da forma urbana podem contribuir para o aumento de viagens realizadas a pé e a conseqüente redução das viagens realizadas por automóveis.

As principais variáveis urbanas a influenciar, significativamente, sobre o modo de transporte escolhido são as medidas de densidade, diversidade de usos do solo e desenho e conectividade das vias. Os estudos mostraram que regiões com altas taxas de densidade e uso do solo bastante variado favorecem a escolha pelo modo a pé. Da mesma forma, regiões com padrão viário do tipo grelha também favorecem as viagens a pé, porque existem mais opções de caminhos.

Embora muitos estudos tenham concluído que a forma urbana tem relação com o comportamento de viagem das pessoas, alguns desses estudos indicam que a influência da forma urbana não é o fator primordial para a escolha modal, mas somente mais uma variável componente do processo de escolha individual.

Outros estudos, porém, mostraram que a forma urbana não tem influência sobre os padrões de viagens, indicando as características sócio-econômicas dos viajantes como fatores determinantes para a escolha do modo de transporte utilizado para os deslocamentos urbanos.

Dessa forma, pode-se concluir que ainda existem muitas controvérsias a respeito das influências, ou não, das variáveis da forma urbana nos comportamentos de viagens. Essas controvérsias podem se dar devido às próprias diferenças existentes entre cidades européias e cidades norte-americanas, que são as mais utilizadas como objetos de estudo, e também entre as cidades referidas e as cidades brasileiras. Mas fica clara a necessidade de o assunto ser ainda bastante estudado pelos pesquisadores de diversos países, para se tentar chegar a resultados melhores, que expliquem essas relações para as diferentes cidades observadas em cada país.

3 VARIÁVEIS QUE CARACTERIZAM A FORMA URBANA

Cervero e Kockelman (1997) colocam que um grande número de abordagens do desenho urbano tem em comum três objetivos associados à demanda de viagem. O primeiro é reduzir o número de viagens motorizadas; o segundo é aumentar, entre as viagens produzidas, o número daquelas realizadas por modos não motorizados (a pé e bicicleta); e o terceiro objetivo é diminuir o comprimento das viagens motorizadas e aumentar o nível de ocupação dos veículos.

Nesse sentido, os diversos trabalhos que analisam a influência da forma urbana nos padrões de viagens, levam em conta uma série de variáveis consideradas importantes para o trabalho em questão. Com base na bibliografia consultada, são descritas, neste capítulo, as variáveis utilizadas nesta pesquisa para quantificar a forma urbana – Densidade Urbana, Disponibilidade de Transporte Coletivo, Qualidade dos Espaços para os Pedestres, Diversidade de Uso do Solo, Conectividade das Vias e Topografia Urbana – e seus respectivos métodos de análises.

3.1 Densidade Urbana

Vários estudos sustentam a hipótese de que em bairros com altas densidades existe uma menor porcentagem de viagens realizadas por automóvel e um incentivo à realização de mais viagens utilizando modos não motorizados. Isso ocorre porque nesses bairros, a maior concentração tanto de atividades comerciais quanto residenciais propicia uma menor distância entre as origens e os destinos das viagens, facilitando aquelas não motorizadas (AMÂNCIO, 2005; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK; PIVO, 1994; HOLTZCLAW, 1994).

As cidades que apresentam baixas densidades, por sua vez, impõem necessidades freqüentes de viagens motorizadas a seus habitantes, pois as distâncias a serem percorridas tendem a serem maiores. Frank e Pivo (1994) ressaltam que pesquisas anteriores sugerem que a densidade tem um impacto significativo no modo de transporte escolhido.

Cervero e Hockelman (1997) destacam que bairros relativamente densos tendem a ter quadras curtas, padrão viário em formato de grelha e uma rede de calçadas, além de

estarem associados à oferta limitada de estacionamento, maior intensidade de serviço de transporte coletivo e mistura de usos do solo.

Por ser uma variável cujos dados são relativamente fáceis de conseguir (normalmente as informações podem ser obtidas de órgãos públicos de estatística), essa variável é bastante usada pelos pesquisadores para descrever a forma urbana (BOARNET; CRANE, 2001).

A revisão bibliográfica mostrou que existem diferentes formas para se representar a densidade urbana (AMÂNCIO, 2005; FRANK; PIVO, 1994; HOLTZCLAW, 1994; BOARNET; SARMIENTO, 1996; MOUDON et al., 1997; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; SHRIVER, 1997; BOARNET; CRANE, 2001; BOARNET et al., 2003; RAJAMANI et al., 2003; SOLTANI; ALLAN, 2005; van de COEVERING; SCHWANEN, 2006).

Nesta pesquisa, foram analisadas três diferentes medidas de densidades:

- Densidade Populacional (equação 3.1):

$$DPi = \frac{PTi}{ATi} \quad (3.1)$$

DPi = densidade populacional no bairro i (habitantes por hectares);

Pi = população total do bairro i (número de habitantes);

ATi = área total do bairro i (ha).

- Densidade Residencial (equação 3.2):

$$DRi = \frac{RTi}{ATi} \quad (3.2)$$

DRi = densidade residencial no bairro i (residências por hectare);

RTi = número total de residências no bairro i ;

ATi = área total do bairro i (ha).

- Porcentagem de Ocupação (equação 3.3):

$$POi = \frac{ATCi}{ATi} \quad (3.3)$$

POi = porcentagem de ocupação do bairro i

$ATCi$ = área total construída no bairro i (ha);

ATi = área total do bairro i (ha).

3.2 Disponibilidade de Transporte Coletivo

A necessidade de se reduzir a dependência das pessoas pelo automóvel implica no incentivo e melhoria de modos alternativos de transporte como o transporte coletivo e os modos não motorizados.

A oferta de transporte coletivo para as várias regiões de uma cidade é um indicador muito importante na avaliação do impacto de políticas e projetos de transporte. Do ponto de vista do usuário, a oferta do serviço de transporte coletivo é um dos principais atributos desse sistema, uma vez que a oferta determina se o transporte coletivo pode ser considerado uma opção modal para os indivíduos locomoverem-se no interior da cidade, independentemente, da qualidade do serviço.

Ao contrário dos usuários de automóvel, que, em geral, podem utilizar seus veículos a qualquer hora, em qualquer área da cidade e têm acesso quase universal às atividades desenvolvidas na zona urbana, os usuários do transporte coletivo estão limitados a determinadas áreas e a horários específicos. Além desse acesso restrito a algumas atividades, o usuário do transporte coletivo ainda necessita realizar uma caminhada até um ponto de parada, para poder embarcar em um veículo do sistema. Dessa forma, a opção pela utilização do sistema de transporte coletivo depende, fundamentalmente, da oferta do serviço.

Diversas condições devem ser atendidas para que o transporte coletivo possa ser considerado uma opção modal. Se todas as condições forem atendidas, a oferta de transporte coletivo será adequada. A opção do passageiro por esse modo de transporte, depende do conforto e conveniência do serviço, comparado com os outros modos alternativos (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2003):

- *O serviço deve estar disponível perto da origem da viagem*
Deve haver um ponto de parada a uma distância conveniente para caminhada e o ambiente para pedestres, na região, deve ser atraente (com calçadas, razoavelmente plano e sem vias muito largas ou com muito tráfego).
- *O serviço deve estar disponível perto do destino da viagem*
As mesmas considerações anteriores aplicam-se aos destinos das viagens.
- *O serviço deve estar disponível em horários adequados*
O serviço deve estar disponível para as duas etapas da viagem (da origem para o destino e na viagem de volta).
- *O serviço deve oferecer capacidade suficiente*
Se o veículo deixar passageiros no ponto por já estar completamente lotado, considera-se que o serviço não está disponível para esses passageiros.

Essas condições podem ser traduzidas nos três aspectos descritos no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Aspectos que caracterizam a oferta de transporte coletivo

Aspecto	Descrição
Cobertura do serviço	Refere-se à proximidade espacial entre as origens e os destinos das viagens. Representa uma medida da densidade de linhas e fornece uma medida da acessibilidade ao serviço na área urbana. Uma maior cobertura do serviço implica maior acessibilidade e maior oferta de transporte coletivo
Frequência	Pode incluir o número total de horas diárias de operação e a frequência com que o serviço é oferecido (headways entre veículos). Um maior período de operação, assim como uma maior frequência, implica maior oferta de transporte coletivo.
Capacidade do sistema	Refere-se ao número total de passageiros que podem ser transportados com um nível de serviço adequado

Esses três aspectos são, geralmente, utilizados para quantificar a oferta de transporte coletivo, conforme se pode verificar nos trabalhos descritos a seguir.

Handy (1996a), em um estudo realizado para 6 bairros na cidade de Austin – Texas, EUA, determinou três indicadores de oferta de transporte coletivo bastante simples:

- Número de linhas de ônibus que atravessam o bairro;
- Número de linhas de ônibus que margeiam o bairro;
- % de residências no bairro que ficam a até 400m (distância máxima de caminhada) de um ponto de ônibus.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Shriver (1997), também utiliza, em seu estudo, dois indicadores bem simples para avaliar a oferta de transporte coletivo que devem ser estimados em nível de bairros:

- Número de linhas de ônibus que atravessam o bairro;
- Número de pontos de ônibus no bairro.

Já o Índice de Disponibilidade de Transporte Coletivo (ITSA – Index of Transit Service Availability) proposto por Henk e Hubbard (1996), considera os três indicadores básicos: cobertura, frequência e capacidade do serviço (Equação 3.4).

$$ITSA = \frac{I_{cob} + I_f + I_{cap}}{3} \quad (3.4)$$

I_{cob} = Cobertura do serviço de transporte coletivo (quilometragem de rotas / área da zona urbana);

I_f = Frequência do serviço (quilometragem percorrida pelos veículos / quilometragem das rotas);

I_{cap} = Capacidade do serviço (lugares x quilômetros / população da zona urbana).

O trabalho de Cervero e Kockelman (1997) propõe um indicador de intensidade de serviço de transporte coletivo que deve ser aplicado em nível de setores censitários. O valor do indicador é calculado dividindo-se a quilometragem percorrida pelos ônibus na hora de pico (dentro do setor) pela área construída no setor.

O indicador proposto por Rodriguez et al. (2006) representa a densidade de linhas de ônibus e é também bastante simples. Para estimar o valor do indicador em uma determinada zona, divide-se a quilometragem de linhas que atravessam a zona (incluindo linhas sobrepostas) pela área da zona.

Soltani e Allan (2005), em um estudo realizado na região metropolitana de Adelaide – Austrália – utilizaram o conceito de cobertura do transporte coletivo (CTC), definida para um setor censitário, segundo a equação (3.5):

$$CTC = \frac{AC}{A} \quad (3.5)$$

AC = área englobada por um buffer de 200m de largura para cada lado da linha de ônibus;

A = área do setor censitário.

O método proposto por Schwarze (2005) para avaliar a acessibilidade de uma área ao transporte público é mais complexo que os anteriores e utiliza o conceito de *budget* de tempo. Esse indicador busca responder à seguinte pergunta: Quantas oportunidades do tipo X podem ser alcançadas por transporte coletivo em Y minutos?

Para a estimativa do valor do indicador são necessários dois conjuntos de dados:

- Dados obrigatórios: tabelas de horários do transporte público; coordenadas dos pontos de paradas; e dados estatísticos do setor como: população, locais de trabalho, escolas, entre outros.
- Dados opcionais: cobertura dos caminhos para pedestres; cobertura da rede viária; tipo de uso do solo; e áreas cobertas pelo serviço.

O método proposto exige dados muito desagregados das localizações das atividades que, muitas vezes, não estão disponíveis. Uma alternativa sugerida é utilizar dados agregados em nível de zonas de tráfego, procurando utilizar o maior número possível de zonas. Para maior precisão pode-se calcular a acessibilidade com base em dados no formato *raster*.

Deka (2002), em um estudo realizado na cidade de Los Angeles – EUA – utilizou o conceito de disponibilidade de transporte coletivo em um setor censitário. Para considerar

que alguns usuários podem acessar, a pé, pontos de ônibus localizados fora dos setores censitários onde residem, o limite de cada setor foi estendido em cerca de 1 km em todas as direções. As linhas de transporte coletivo que atravessam essa área estendida foram consideradas acessíveis para indivíduos dentro do setor censitário. O indicador é estimado segundo a equação (3.6):

$$DTC_i = \frac{\sum_{r=1}^m C_r F_r}{A_i} \quad (3.6)$$

DTC_i = disponibilidade de transporte coletivo no setor censitário i ;

C_r = quilometragem da linha r dentro da área estendida do setor censitário i ;

F_r = frequência de serviço na rota r na área no horário de pico da manhã;

m = número de linhas que atravessam o setor censitário estendido;

A_i = área do setor estendido.

A bibliografia consultada apresenta também dois métodos, mais amplos e complexos, para avaliação da oferta de transporte coletivo. Esses métodos estão descritos a seguir.

3.2.1 Método PTAL (*Public Transport Accessibility Level*)

O índice PTAL (GENT; SYMONDS, 2005), aplicado atualmente na Inglaterra (particularmente na cidade de Londres), é calculado somando-se uma série de indicadores relacionados aos serviços de transporte coletivo para se obter um valor final. Posteriormente, esse valor é comparado com valores extremos para se obter uma classificação do PTAL. Os parâmetros de serviço considerados na avaliação são: a distância e a velocidade de caminhada para acesso ao ponto de parada do transporte coletivo; o número e a frequência das linhas disponíveis e a confiabilidade do serviço.

Os critérios específicos para os cálculos do PTAL incluem:

- a velocidade média de caminhada é estimada em 4,8 km/h (80 metros por minuto);
- o pedestre pode andar no máximo 12 minutos (960 metros) para alcançar uma estação de trem ou metrô;
- o tempo máximo de caminhada até um ponto de ônibus é de 8 minutos (640 metros).

A Tabela 3.1 apresenta a classificação da acessibilidade ao transporte público com base na metodologia PTAL.

Tabela 3.1 – Níveis de acessibilidade do Transporte Público (PTAL)

Soma dos Índices	PTAL	Descrição
$\leq 2,5$	1a	Pior nível de acessibilidade
$> 2,5$	1b	
$> 5,0$	2	Acessibilidade ruim
$> 10,0$	3	Acessibilidade média
$> 15,0$	4	Acessibilidade acima da média
$> 20,0$	5	Boa acessibilidade
$> 25,0$	6a	Melhor nível de acessibilidade
$> 40,0$	6b	

Wu e Hine (2003) descrevem uma formulação alternativa do PTAL (*Public Transport Accessibility Level*) utilizada na Irlanda do Norte. Os dados necessários para a avaliação são: localização dos pontos de parada, itinerário das linhas e frequência de serviço das mesmas. De acordo com esses autores, a acessibilidade ao transporte público é influenciada pela disponibilidade e qualidade que lhe são agregadas dentro de uma distância de caminhada razoável. Calcula-se o tempo de acesso a cada linha do seguinte modo:

$$\text{Tempo de acesso} = \text{tempo de caminhada} + \text{tempo médio de espera} = \text{tempo de caminhada} + k + \text{tempo de espera programado}$$

Onde: k = fator de confiabilidade do serviço. Se os serviços operam no horário programado k=1.

Na ausência de levantamentos atualizados, os autores sugerem os valores:

$k=0,75$ para metrô e trem e $k=2$ para ônibus.

Considera-se o tempo de espera programado para cada linha como sendo a metade do headway (Equação 3.7).

$$h = 0,5 \frac{60}{f} \quad (3.7)$$

h = headway (intervalo entre serviços)

f = frequência de serviço (em veículos por hora)

Calcula-se, a seguir, a Frequência Equivalente (FE) para cada rota (Equação 3.8).

$$FE = \frac{30}{\text{tempo.de.acesso}} \quad (3.8)$$

Somando-se as Frequências Equivalentes para todas as rotas que estejam a uma distância adequada de caminhada, tem-se o Indicador de Acessibilidade. A Tabela 3.2 mostra a interpretação dos valores obtidos.

Tabela 3.2 – Indicadores de Acessibilidade (PTAL)

NÍVEL DE ACESSIBILIDADE	INDICADOR DE ACESSIBILIDADE
MUITO RUIM	$\leq 5,0$
RUIM	$> 5,0$
MÉDIO	$> 10,0$
BOM	$> 15,0$
MUITO BOM	$> 20,0$
EXCELENTE	$> 25,0$

3.2.2 Método LITA (*Local Index of Transit Availability*)

O LITA - Índice Local de Disponibilidade do Transporte Coletivo (ROOD, 1998) combina as três características de intensidade do serviço de transporte coletivo para avaliar a disponibilidade em pequenas zonas dentro da cidade (setores censitários ou zonas de tráfego). As características analisadas são: a capacidade das linhas do transporte coletivo, a frequência dessas linhas e a cobertura das rotas do sistema de transporte coletivo.

- *Capacidade de cada linha*

A capacidade de uma linha do transporte coletivo é calculada usando-se a relação entre o número de lugares x quilômetros diários dividido pela população da zona (residentes + empregados).

$$\text{Capacidade} = \frac{[\text{número de lugares diários}] \times [\text{quilometragem da linha dentro da zona}]}{[\text{população total da zona}]}$$

Os valores obtidos devem ser padronizados, utilizando-se a equação (3.9).

$$\mu Cap = \frac{Cap - \overline{Cap}}{S_{cap}} \quad (3.9)$$

μCap = valor padronizado da capacidade da linha;

Cap = capacidade da linha;

\overline{Cap} = média das capacidades de todas as linhas;

S_{cap} = desvio padrão da distribuição de capacidades da linha.

- *Frequência de cada linha*

O cálculo da frequência é baseado no número diário total de viagens em todas as linhas que têm, pelo menos, um ponto de parada na zona.

$$\text{Frequência} = [\text{número total de viagens}]$$

- *Cobertura das rotas*

A cobertura das rotas, por sua vez, é baseada na densidade de pontos de parada.

$$\text{Cobertura} = [\text{número de pontos de parada na zona}] / [\text{área da zona}]$$

Os valores da frequência e da cobertura das rotas devem ser padronizados de forma semelhante à capacidade.

O valor final do LITA (Índice Local de Disponibilidade de Transporte Coletivo) é calculado de acordo com a equação (3.10).

$$LITA = \mu Cap + \mu F + \mu Cob \quad (3.10)$$

Para facilitar a interpretação, fazendo com que todos os valores fiquem positivos, acrescenta-se 5 aos valores finais do LITA (LITA+5). O sistema final de avaliação é mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Interpretação do Valor do LITA+5

Valor LITA +5	Nível de Disponibilidade do Transporte Coletivo
6,5 ou mais	A
5,5 a 6,5	B
4,5 a 5,5	C
3,5 a 4,5	D
abaixo de 3,5	F

3.3 Qualidade dos Espaços para Pedestres

A busca por maneiras de se reduzir as viagens realizadas por veículos automotores está diretamente associada à busca por alternativas que aumentem as viagens realizadas por modo a pé ou de bicicleta.

Para que as pessoas sintam-se atraídas a caminharem até seus destinos e optem por realizar o trajeto a pé, é necessário que haja uma série de condições satisfeitas

(HOTZCLAW, 1994; 1000 FRIENDS OF OREGON, 1993; SOLTANI; ALAN, 2005; AMÂNCIO, 2005).

Em seu estudo, Holtzclaw (1994) criou um índice denominado PAI (Pedestrian Accessibility Index), para mensurar a qualidade de um bairro quanto a atratividade e segurança em se caminhar pelo mesmo. O índice é composto dos seguintes fatores:

- Rede de ruas contínuas;
- Continuidade de calçadas;
- Entradas convenientes para edificações;
- Velocidade segura para o tráfego;
- Suavidade das encostas das ruas.

A continuidade das ruas é um fator que mede a capacidade para se caminhar ou andar de bicicleta por uma área livre de *cul-de-sacs*, ou ruas cortadas por grandes avenidas de fluxo rápido, ou vias marcadas por ter um anel (rotatória) no seu final que não faz conexão com outras vias, ou ainda ruas que voltam para si mesmas, sendo essas ruas sem saída, diferentes dos *cul-de-sacs*, uma vez que não apresentam diferença na largura da via onde ela se encerra. Um padrão de sistema viário do tipo grelha oferece ao pedestre um maior número de alternativas de rotas para chegar ao destino desejado.

Os demais fatores são colocados pelo autor como variáveis aditivas que dizem respeito a uma maior atratividade para o pedestre. Segundo ele, as calçadas e um fluxo de veículos mais lento ou controlado aumentam a segurança e a atratividade para os pedestres. Porém, entradas em edificações muito afastadas das calçadas, especialmente atrás de espaços de estacionamentos, aumentam as caminhadas e reduzem a atratividade para os pedestres.

Outro índice de qualidade dos espaços para os pedestres, muito utilizado pelos pesquisadores, é o PEF - Pedestrian Environment Factor (1000 FRIENDS OF OREGON, 1993).

O índice PEF consiste em avaliar o conforto de uma região para o pedestre por meio de quatro atributos diferentes do ambiente natural e construído:

- Facilidade para se atravessar a rua;
- Conectividade das calçadas;
- Características locais das ruas (grelha versus *cul-de-sac*);
- Topografia.

A facilidade para se atravessar a rua é estimada por meio da avaliação das intersecções principais (largura, nível de sinalização e volume de tráfego). A conectividade das calçadas, por sua vez, é estimada levando-se em consideração, em um primeiro momento, a extensão das calçadas nas vias artérias que atendem ou podem vir a atender o serviço de transporte coletivo e, num momento secundário, considera-se a extensão das calçadas nas vias coletoras. Quanto à característica do sistema viário, analisa-se a extensão de vias com padrão viário do tipo grelha. Já para o parâmetro topografia, avalia-se o nível de aclives e declives existentes.

Esses quatro parâmetros são avaliados numa escala de 1 a 3, para cada zona de análise, sendo que o valor 1 indica a qualificação mais baixa e o valor 3 a qualificação mais alta de cada parâmetro quanto a este ser amigável ao pedestre. Posteriormente, os valores de cada zona são somados para que se obtenha o índice PEF, que vai variar de 4 (pior qualificação) até 12 (melhor qualificação).

Para se aplicar o método, é necessário ter quatro equipes diferentes que irão a campo para quantificar os parâmetros exigidos, a fim de aumentar a confiabilidade da metodologia utilizada. Os resultados obtidos são comparados e, em caso de haver resultados muito discrepantes de um grupo para o outro, é aplicado um método Delphi simplificado para se obter um consenso.

Nas aplicações realizadas, o índice PEF provou ser uma variável bastante adequada para estimar a opção pelas viagens de automóvel, verificando-se que em áreas onde caminhar é uma atividade mais agradável, a opção pelos automóveis é menor (1000 FRIENDS OF OREGON, 1993).

Ferreira e Sanches (2001), observando que os espaços destinados aos pedestres recebem pouca ou nenhuma atenção por parte dos administradores públicos, e que toda viagem (mesmo aquela cujo percurso seja apenas de casa até o ponto de ônibus mais próximo ou do carro até uma loja) envolve uma caminhada, desenvolveram uma metodologia para avaliar o nível de serviço das calçadas, denominado Índice de Qualidade das Calçadas (IQC).

Conforme elaborados pelos autores, na definição do IQC são incluídos parâmetros que caracterizam o ambiente das calçadas (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual), e que são ponderados de acordo com a importância atribuída a eles pelos usuários.

Três etapas são consideradas no desenvolvimento do índice de qualidade das calçadas (FERREIRA E SANCHES, 2001):

1. Avaliação técnica dos espaços para pedestres, com base em indicadores de qualidade, atribuindo-se pontuação correspondente;

São considerados para o IQC cinco atributos que visam a qualidade dos espaços para pedestres: segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual. A segurança refere-se à possibilidade de conflitos entre pedestres e veículos sobre a calçada. A manutenção indica os aspectos de qualidade do piso que facilitam ou não o ato de caminhar. A seguridade está relacionada com a vulnerabilidade dos pedestres a assaltos e agressões. A largura efetiva indica a existência de trechos contínuos de calçada com largura suficiente para o fluxo de pedestres e a atratividade está relacionada com os aspectos estéticos e com os atributos visuais do ambiente.

2. Ponderação desses indicadores de acordo com a percepção dos usuários (grau de importância atribuída a cada indicador);

Para ponderar os atributos considerados (segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual) foram aplicados questionários em que foi solicitado às pessoas a ordenação desses atributos de acordo com sua importância relativa, numa escala de 1 (maior importância) a 5 (menor importância).

3. Avaliação final dos espaços por meio de um índice de avaliação do nível de serviço.

O Índice de Qualidade das Calçadas (IQC) que corresponde à avaliação final dos espaços para pedestres é dado pela equação:

$$IQC = p_s S + p_m M + p_{le} Le + p_{se} Se + p_{av} Av \quad (3.11)$$

Onde: S , M , Le , Se , Av representam, respectivamente, a pontuação obtida na avaliação técnica pelos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual.

P_s , P_m , P_{le} , P_{se} , P_{av} representam, respectivamente, os fatores de ponderação dos aspectos de segurança, manutenção, largura efetiva, seguridade e atratividade visual.

Ferreira e Sanches (2001) ressaltam que o índice de qualidade das calçadas pode ser bastante útil para os administradores municipais na avaliação da qualidade das calçadas e na identificação dos pontos onde as melhorias são mais necessárias e urgentes.

3.4 Diversidade de uso do solo

Diversos estudos já concluíram que áreas com maior diversidade de uso do solo, onde haja presença de residências, lojas e supermercados, tendem a apresentar baixos índices de viagens por automóvel e um número maior de viagens por modos não-motorizados. Há também outros estudos discordantes dos primeiros, argumentando a não existência de relação significativa entre as viagens a pé e as características de uso do solo (ARRUDA, 2000; AMÂNCIO; SANCHES, 2005).

Crane e Crepeau (1998) concluíram que o uso do solo tem um papel pouco relevante na explicação do comportamento de viagens, assim como não há evidências de que o padrão do sistema viário afete as decisões para as viagens cujo destino não seja o trabalho.

Já para Cunha (2005), o uso do solo tem sim influência sobre os comportamentos de viagens, pois as cidades com uma estrutura de ocupação setORIZADA impõem normalmente que seus habitantes realizem um número elevado de viagens, quando se compara essas cidades a outras com uma estrutura de ocupação MISTA.

Para se determinar a diversidade de usos do solo ou a mistura de usos em uma determinada área, os pesquisadores empregam metodologias variadas cujo objetivo é apresentar um índice (quantitativo) de diversidade de usos que represente a realidade local.

Bhat e Gossen (2003), em um estudo para se definir o tipo de recreação (dentro de casa; fora de casa) escolhida pelas pessoas para um final de semana, concluíram que a variável uso do solo não tem impacto substancial sobre esse tipo de decisão. Para chegar a um índice de diversidade de uso do solo, os autores desenvolveram uma fórmula que leva em conta três categorias de usos do solo: uso residencial, uso comercial/industrial e outros usos. A variável é estimada pela Equação 3.12.

$$Diversidade_de_Uso_do_Solo = 1 - \left\{ \frac{\left(\frac{r}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{c}{T} - \frac{1}{3} \right) + \left(\frac{o}{T} - \frac{1}{3} \right)}{\frac{4}{3}} \right\} \quad (3.12)$$

r = área ocupada por uso residencial;

c = área ocupada por uso comercial/industrial;

o = área ocupada por outros usos;

$T = r + c + o$

Esse índice varia de 0 a 1, sendo que os valores mais próximos de 1 indicam uma maior diversidade de usos do solo, enquanto o valor 0 indica presença de um único tipo de uso na área em estudo.

Rajamani et al. (2003), em seu trabalho para determinar a influência de variáveis urbanas no modo de transporte escolhido para realizar viagens não destinadas ao trabalho, argumentam que locais com melhor diversidade de usos do solo têm potencial para substituir as viagens motorizadas por outros modos, por exemplo, o modo a pé. O índice de diversidade utilizado nesse estudo foi o mesmo empregado por Bhat e Gossen (2006), porém com uma pequena variação, uma vez que os autores utilizam quatro categorias de uso de solo (Equação 3.13).

$$Diversidade_de_Uso_do_Solo = 1 - \left\{ \frac{\left(\frac{r}{T} - \frac{1}{4} \right) + \left(\frac{c}{T} - \frac{1}{4} \right) + \left(\frac{i}{T} - \frac{1}{4} \right) + \left(\frac{o}{T} - \frac{1}{4} \right)}{\frac{3}{2}} \right\} \quad (3.13)$$

r = área ocupada por uso residencial;

c = área ocupada por uso comercial;

i = área ocupada por uso industrial;

o = área ocupada por outros usos;

$T = r + c + i + o$

O resultado nesse caso também varia de 0 a 1, sendo 0 homogeneidade de uso e 1 heterogeneidade de usos.

Outra metodologia bastante utilizada para se calcular a diversidade de usos do solo em uma determinada região é o Índice de Entropia (SUN et al., 1998; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; FRANK; PIVO, 1994, AMÂNCIO; SANCHES, 2005). O Índice de Entropia é uma medida que avalia o equilíbrio na distribuição de área construída para as diferentes categorias de usos do solo (AMÂNCIO, 2005).

Frank e Pivo (1994) sugerem que áreas com uso do solo misto, tanto na origem como no destino das viagens, estão relacionadas com um menor número de viagens individuais por automóvel e com um maior número de viagens por transporte coletivo. Eles utilizaram em seu estudo a formulação do Índice de Entropia mostrada na Equação 3.14.

$$Entropia = - \left[\sum_{k=1}^7 (P_k \log(P_k)) \right] \quad (3.14)$$

P_k = proporção da área da zona ocupada pelo uso de solo k .

Os autores consideraram 7 categorias de uso do solo: residências unifamiliares, residências multifamiliares, comércios e serviços, escritórios, áreas de lazer, áreas institucionais e indústrias. Assim sendo, o valor da entropia varia entre 0 (quando a área é ocupada por apenas um tipo de uso) e 0,845 (quando a área é ocupada por parcelas iguais de todos os 7 usos considerados).

Cervero e Kockelman (1997) também utilizaram o índice de entropia em seu estudo para chegar à conclusão de que a diversidade de usos do solo influenciou de maneira positiva na redução das viagens motorizadas e no aumento do número de viagens realizadas a pé. A área de estudo (setores censitários) foi dividida em células de 1 hectare e o índice de entropia foi estimado para cada uma dessas células, como sendo a média dos valores de entropia de todas as células localizada em um raio de 0,5 milhas (800 metros) da mesma. A entropia média varia entre 0 (homogeneidade, quando toda a área é ocupada por um único tipo de uso) e 1 (heterogeneidade, quando a área é ocupada por proporções iguais de todos os usos). A fórmula utilizada é mostrada na Equação 3.15.

$$Entropia = \left\{ \frac{\sum_k \left[\sum_j P_{jk} \ln(P_{jk}) \right]}{\ln(J)} \right\} \frac{1}{K} \quad (3.15)$$

Entropia = índice de entropia para o setor censitário

P_{jk} = proporção da área ocupada pelo uso do solo j num raio de 800 metros ao redor da célula k

j = número de categorias de uso do solo consideradas

K = número de hectares no setor censitário (área efetivamente ocupada)

Uma formulação similar do Índice de Entropia foi proposta por Sun et al. (1998) e é mostrada na Equação 3.16.

$$ENTROPIA = - \sum_j \frac{P_j \ln(P_j)}{\ln(J)} \quad (3.16)$$

Onde: P_j = proporção de área construída ocupada pelo uso do solo j ;

J = número de categorias de uso do solo consideradas.

3.5 Conectividade das Vias (Desenho das Vias)

A conectividade das vias é mais uma variável da forma urbana que, segundo muitos estudos, influem na escolha do modo de transporte por parte dos indivíduos. Em muitas cidades atuais andar a pé tornou-se difícil devido ao sistema de vias desconectadas, insegurança nos cruzamentos, quadras de grande tamanho e longas distâncias para a maioria dos destinos (JONES, 2001).

Para descrever a influência da conectividade das vias sobre os padrões de viagens, podem ser utilizadas diferentes variáveis (BOARNET; SARMIENTO, 1996; SHRIVER, 1997; CERVERO; KOCKELMAN, 1997; BOARNET; CRANE, 2001; BOARNET et al., 2003; RAJAMANI et al., 2003; AMÂNCIO, 2005; SOLTANI; ALLAN, 2005):

- Permeabilidade para pedestres;
- Tamanho médio das quadras;
- Número de quadras por hectare;
- Porcentagem de cul-de-sacs;
- Porcentagem de intersecções em cruz;

- Porcentagem de intersecções em T;
- Número de intersecções em cruz / número total de intersecções;
- Número de intersecções por hectare;
- Número de intersecções por km de vias;
- Comprimento linear de vias por hectare;
- Porcentagem da área da zona ocupada pelo sistema viário;
- Número de segmentos de vias / número de intersecções;

3.6 Topografia

A topografia foi a última variável considerada nesse trabalho para analisar a relação entre forma urbana e o comportamento de viagem. Topografia consiste em descrever a terra, ou seja, representar em um plano as deformidades encontradas na superfície terrestre.

Na literatura disponível, é difícil encontrar um método quantitativo para se classificar a topografia quanto a sua influência no comportamento de viagens. O que é exposto é que áreas caracterizadas por grandes aclives ou declives influenciam de forma negativa na proposta de priorizar os modos não motorizados, uma vez que, para vencer esse obstáculo natural, os pedestres e ciclistas necessitam demandar um esforço físico maior.

Holtzclaw (1994), ao criar o índice PAI (Pedestrian Accessibility Index), considera a suavidade das encostas das ruas para avaliar a topografia de um determinado local, pois, quanto mais brandas forem estas encostas mais propício é o ambiente para a prática de caminhadas.

O índice PEF - Pedestrian Environment Factor (1000 FRIENDS OF OREGON, 1993) também leva em consideração a topografia, avaliando-a segundo o nível de aclives e declives existentes. A inexistência de fortes aclives e declives favorece a utilização de caminhadas nos deslocamentos dentro da cidade.

Quando se fala de topografia, duas variáveis são as mais utilizadas para caracterizar uma determinada região: a altimetria e a declividade.

3.7 Tópicos Conclusivos

Diante das várias metodologias apresentadas para a avaliação das variáveis da forma urbana consideradas, neste estudo, foi necessário escolher um método para avaliar cada uma delas.

A densidade urbana foi avaliada por meio dos três tipos de densidades consideradas neste capítulo:

- densidade populacional, conforme a fórmula 3.1;
- densidade residencial, conforme a fórmula 3.2;
- porcentagem de ocupação, conforme a fórmula 3.3

Para se analisar a variável disponibilidade de transporte coletivo para as zonas de análises determinadas, a metodologia LITA foi a escolhida, por ser um indicador que leva em conta três variáveis importantes na avaliação da disponibilidade de transporte coletivo (frequência, capacidade e cobertura do serviço); por ser uma metodologia mais complexa, o que acaba propiciando como resultado um índice com mais alto grau de confiabilidade para se determinar o nível de serviço; e também por suas variáveis serem mensuradas utilizando-se dados que estavam ao alcance deste estudo.

Para se determinar a qualidade de espaços para os pedestres, a metodologia utilizada foi o PEF (Pedestrian Environment Factor). Isso se deu porque o PEF é uma metodologia que leva em consideração quatro variáveis em sua formulação (facilidade de atravessar a rua, conectividade das calçadas, características locais das ruas – grelha x cul-de-sac - e topografia) as quais são avaliadas de forma qualitativa e ponderadas por técnicos que trabalham com a questão do espaço urbano; e porque sua aplicação é bastante simples, bastando para isso trabalho de campo.

A diversidade de usos do solo foi caracterizada para este trabalho utilizando-se do índice de entropia, conforme formulação apresentada por Sun et al. (1998) pela fórmula 3.16. O índice de entropia mede a mistura de usos do solo encontrados em determinada área considerada. O índice de entropia varia de 0 a 1, sendo que valores mais próximos de 1 indicam uma melhor variedade de usos do solo, enquanto o valor 0 indica predominância de apenas um tipo de uso.

Com base nos exemplos encontrados na literatura, três foram as variáveis relacionadas ao desenho e à conectividade das vias utilizadas para caracterizar a forma urbana

nas zonas de análise para este estudo, a fim de serem usadas no processo de calibração do modelo de escolha discreta: porcentagem de intersecções em cruz, densidade de intersecções e índice de conectividade.

A densidade de intersecções é dada pela relação entre o número total de intersecções e a área da zona de análise. Valores mais altos para esta variável refletem, como já foi mostrado na literatura, em quadras com tamanhos menores e uma maior oferta de caminhos para se deslocar entre dois pontos. Quanto ao índice de conectividade, ele é dado pela relação entre o número de segmentos de via e o número de intersecções na área de estudo. Da mesma forma que a densidade de intersecções, valores mais altos de índice de conectividade implicam em uma maior oferta de caminhos a se escolher. Segundo Amâncio (2005), para uma perfeita conectividade, recomenda-se que o valor da relação esteja em 2,5, mas valores da ordem de 1,2 a 1,4 são considerados como um bom padrão de conectividade.

Para se caracterizar as seis zonas de análise quanto à variável topografia, foi gerado a partir das curvas de nível de 1 metro de equidistância, um modelo numérico do terreno que serviu como base para a construção do mapa de declividade, utilizado para determinar a topografia urbana para cada uma das zonas.

A aplicação de cada método selecionado pode ser observada no capítulo a seguir, onde são realizadas as análises dos dados.

4 OBTENÇÃO E ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Este capítulo descreve os procedimentos realizados para obtenção dos dados necessários ao estudo e os resultados da análise exploratória dos mesmos.

Para tal estudo foi escolhida a cidade de Uberlândia, MG pela facilidade de obtenção dos dados, principalmente no que se referiu às viagens realizadas, uma vez que puderam ser obtidos os dados de uma pesquisa OD realizada na cidade no ano de 2002.

De acordo com a contagem populacional realizada pelo IBGE em 2007 o município de Uberlândia tem mais de 608 mil habitantes, dos quais a grande maioria vive no centro urbano. O Apêndice 01 apresenta as características mais importantes do município e da cidade de Uberlândia.

4.1 Obtenção de dados secundários

Os dados sobre a cidade de Uberlândia foram obtidos junto aos respectivos órgãos competentes, conforme descrito a seguir.

4.1.1 Base Cadastral

As informações sobre a base cadastral, utilizadas para elaboração do mapa base da cidade de Uberlândia, foram obtidas junto à Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente (SEPLAMA), por meio da sua Diretoria de Planejamento Integrado (DPI). Os dados fornecidos em arquivos no formato SHP (Shape file) foram: os limites dos bairros, a base cadastral de quadras, a base cadastral de lotes, os eixos de vias e também as curvas de nível da cidade, com equidistância de 1 metro. A Diretoria de Planejamento Integrado forneceu também, uma planilha em formato DBF, com os dados do tipo de uso do solo e área construída em nível de lotes, para toda a cidade.

4.1.2 Sistema de Transporte Coletivo

Os dados sobre o sistema de transporte coletivo foram obtidos junto à Secretaria Municipal de Trânsito e Transporte (SETTRAN) e junto à empresa Consórcio Vermax, que presta serviços na área de monitoramento *online* do sistema de transporte público, para a SETTRAN.

A Vermax forneceu (em formato PDF) cópia das Ordens de Serviço das Linhas (OSL), emitidas para as rotas do transporte coletivo, as quais contêm informações de tempo de viagem de cada linha, velocidade média, número de viagens programadas, quadro de horário e tipo de veículo usado.

A SETTRAN forneceu um mapa completo do sistema de transporte coletivo da cidade de Uberlândia (em formato DWG), contendo todas as rotas do sistema e os pontos de parada de cada linha, bem como alguns relatórios impressos sobre a funcionalidade do sistema.

4.1.3 Dados Populacionais

Os dados populacionais foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em nível de setores censitários, através do CD com os dados do censo do ano 2000, que é adquirido por meio de compra. A cidade de Uberlândia foi dividida pelo IBGE em 563 setores censitários (Apêndice 02).

Como o número de informações coletadas no Censo é muito grande, optou-se por selecionar entre elas, aquelas que poderiam ser importantes para as análises deste trabalho:

- ID (Identificação do Setor)
- Domicílios (número de domicílios)
- Pessoas residentes (número de habitantes)
- Rendimento nominal mensal (das pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes, em R\$)

4.1.4 Viagens Realizadas na Cidade

As informações referentes às viagens realizadas na cidade, foram obtidas a partir da Pesquisa Origem-Destino (O/D), realizada em 2002, sob a coordenação do Professor Titular Carlos Alberto Faria, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, que gentilmente disponibilizou os dados.

Foi fornecida, graças à Pesquisa O/D, uma planilha Excel, contendo os dados sobre cada uma das viagens (zona de origem, zona de destino, tempo de viagem, modo de transporte utilizado e motivo da viagem) e os dados sócio-econômicos das pessoas que realizaram as viagens (sexo, idade, renda e situação familiar). Além da planilha foi fornecido também um arquivo no formato DWG, com a delimitação das zonas de tráfego utilizadas na pesquisa.

Todos esses dados e informações foram inseridos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), para a realização de consultas a dados cadastrais, análises espaciais e modelagem numérica do terreno. O SIG serviu também como uma ferramenta de suporte na elaboração dos mapas temáticos. O software escolhido para a realização deste trabalho foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas). Esse é um software de domínio público, e dispõe de funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais, tornando-o assim, um software bastante poderoso na sua área.

Outros softwares também foram utilizados nesta etapa da pesquisa: Microsoft Excel, Microsoft Access, e os programas MapInfo e ArcMap (ArcGis), que são também ferramentas SIG.

4.2 Divisão da cidade em Zonas de Tráfego

Como o dado fundamental para o desenvolvimento deste trabalho são as informações sobre as viagens realizadas na cidade, definiu-se o nível de análises dos dados como sendo o mesmo nível usado na pesquisa O/D, que são as zonas de tráfego.

Para a pesquisa O/D, a cidade de Uberlândia foi dividida em 65 zonas de tráfego (Apêndice 03). Já neste trabalho, porém, utilizou-se um reagrupamento da cidade em 51 zonas, realizado por Lemes (2005). Esta nova divisão busca manter uma conformidade de limites baseando-se nos limites de bairros integrados utilizados pela Prefeitura Municipal. A

opção de se utilizar este reagrupamento se deu pelo fato de Lemes (2005) ter estimado em seu trabalho o número de empregos em cada uma das zonas. Como o número de empregos era um dado necessário nesta pesquisa, pois ele seria usado nos cálculos da disponibilidade de transporte coletivo na cidade, optou-se então por adotar a divisão em 51 zonas de tráfego para que se pudessem usar os dados gerados por Lemes (2005). O reagrupamento das zonas é mostrado no Apêndice 04 e na Figura 4.1 (Página 53).

As zonas de tráfego foram geradas para este trabalho, a partir da edição dos polígonos que as representam, usando-se o software AUTOCAD MAP. Com os polígonos desenhados, utilizou-se o comando “Link Template” do AUTOCAD MAP, para associar informações cadastrais aos polígonos gerados. As informações associadas, provenientes de um banco de dados ACCESS previamente elaborado foram: ID_ZONA (número identificador de cada zona de tráfego) e NOME_ZONA (nome dado a cada uma das zonas, sendo formado pela palavra Zona e o número que identificada cada uma, por exemplo, ZONA_17). Posteriormente estes dados gerados no AUTOCAD MAP foram exportados no formato SHP (Shape File) para serem usados no Sistema de Informações Geográficas.

Como as zonas de tráfego constituem um nível de escala maior que os setores censitários, foi necessário agregar os dados do censo para o nível das zonas de tráfego.

4.2.1 Definição das zonas a serem utilizadas para a pesquisa

Como o esforço para se obter todos os dados necessários para a pesquisa (relativos à forma urbana) é muito grande, definiu-se que apenas 3 pares de zonas de tráfego seriam utilizados. Cada um destes pares deveria ser formado por zonas com níveis de renda semelhantes, mas diferentes entre si nas características da forma urbana. Nessa etapa, a forma urbana das zonas foi avaliada empiricamente, com base no conhecimento do pesquisador sobre a cidade.

Duas variáveis do censo foram utilizadas para se estimar a renda média das zonas:

- Pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes (número)
- Rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis pelos domicílios particulares permanentes (R\$s)

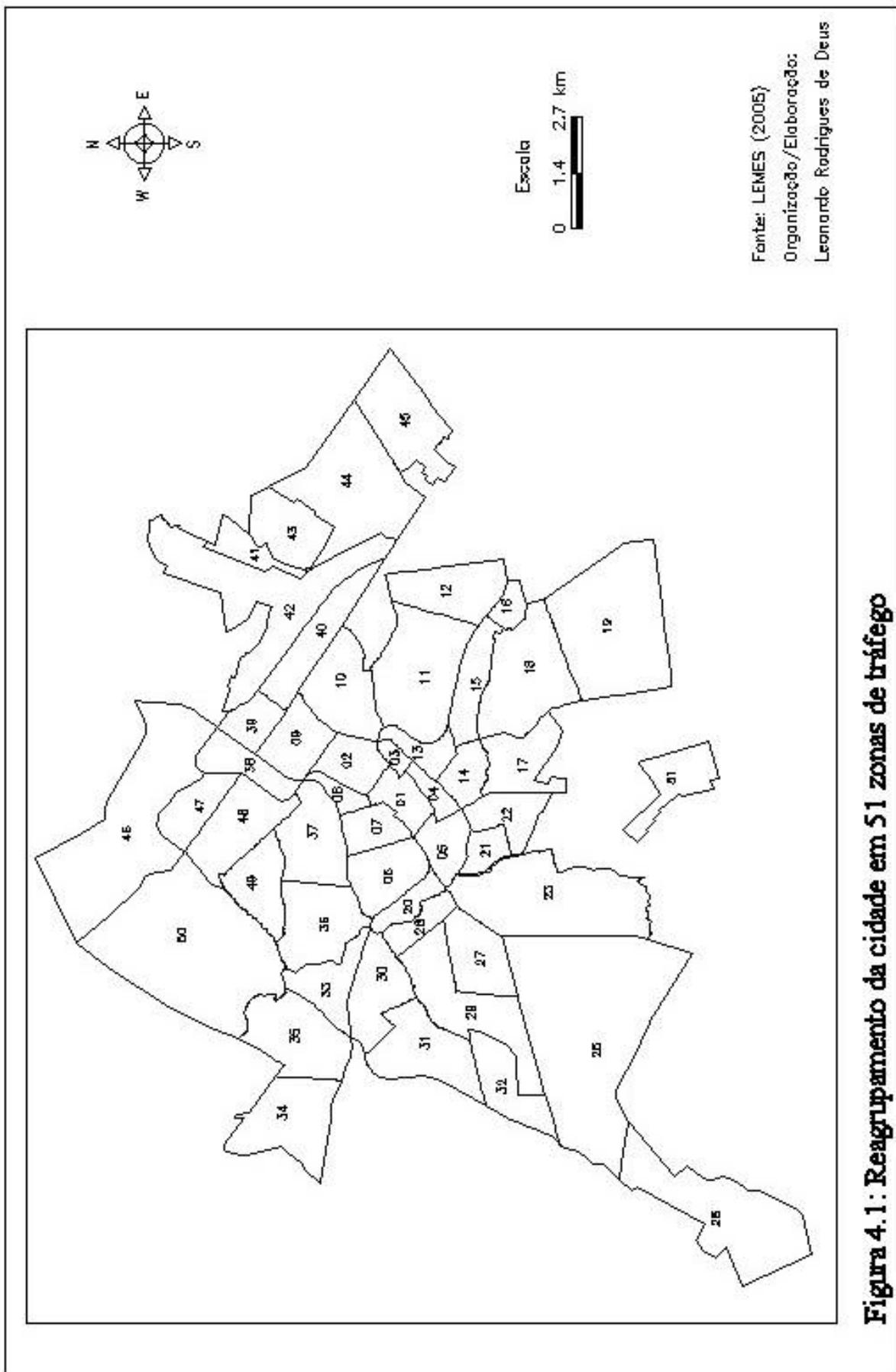


Figura 4.1: Reagrupamento da cidade em 51 zonas de tráfego

Dividindo o rendimento nominal mensal de cada zona pelo seu número de pessoas responsáveis pelos domicílios obteve-se a média de rendimento das zonas de tráfego (Equação 4.1).

$$\text{Rendimento médio na zona} = \frac{\text{Rendimento nominal mensal}}{\text{Número de pessoas responsáveis por domicílios}} \quad (4.1)$$

Em seguida o valor do rendimento médio foi dividido por R\$151,00 (valor do salário mínimo no ano 2000, quando foi realizado o censo) para se ter o rendimento médio em salários mínimos.

No mapa temático gerado (Figura 4.2, página 55) mostra-se o agrupamento das zonas de tráfego segundo cinco classes de renda:

- Classe Baixa: < que 3 salários mínimos;
- Classe Média Baixa: de 3 a 5 salários mínimos;
- Classe Média: de 5 a 10 salários mínimos;
- Classe Média Alta: de 10 a 15 salários mínimos;
- Classe Alta: > que 15 salários mínimos.

Com base neste mapa foram escolhidas as seis zonas de tráfego que seriam utilizadas como objeto de estudo neste trabalho (Figura 4.3, página 56). Como a zona de tráfego 05 é bastante pequena, seus dados foram agregados à zona 24, passando estas duas zonas a serem uma só, que recebeu o número de zona 05.

- Zonas de renda baixa: 31 e 45;
- Zonas de renda média: 09 e 37;
- Zonas de renda alta: 05, 24 e 17.

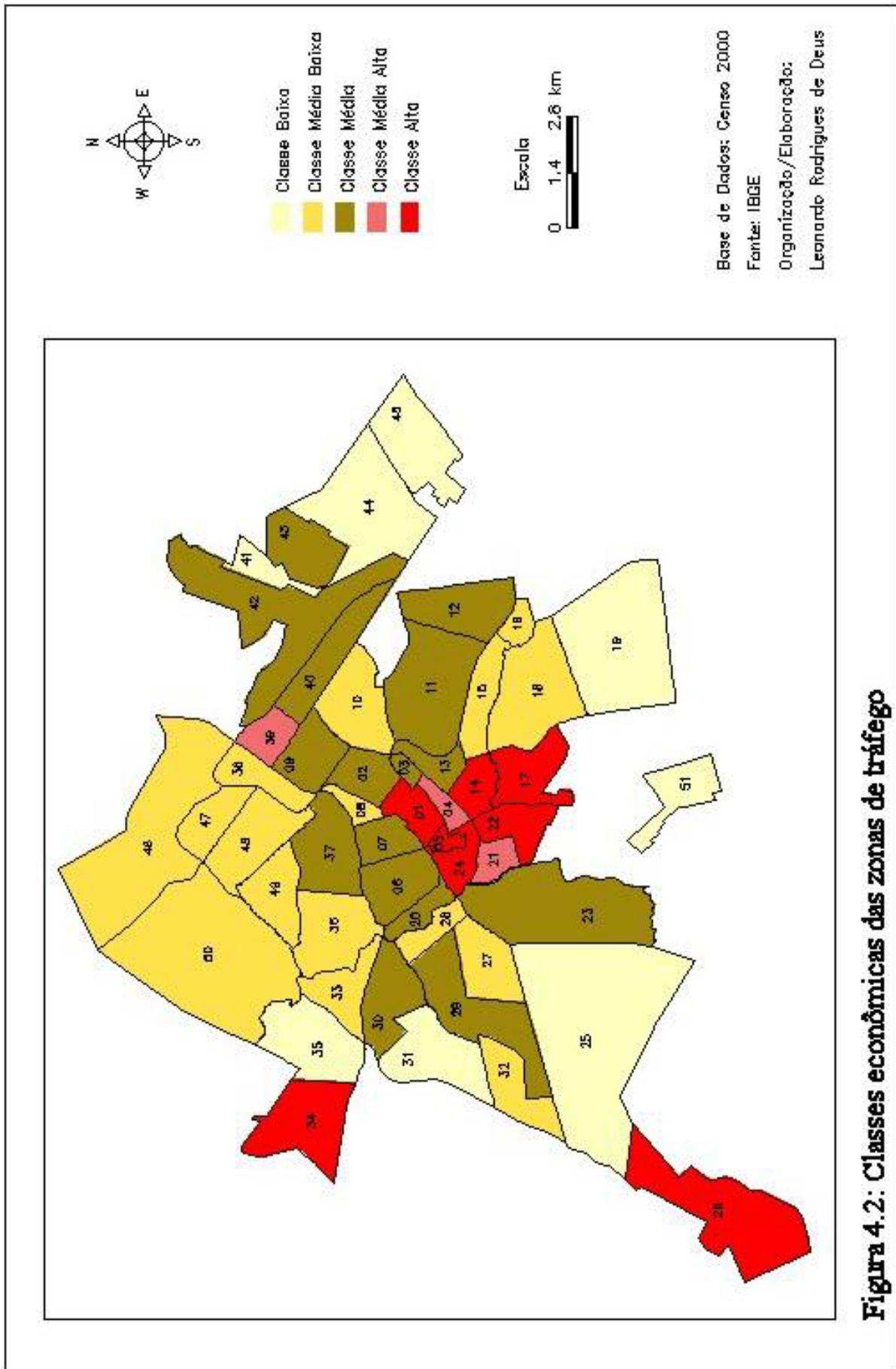


Figura 4.2: Classes econômicas das zonas de tráfego

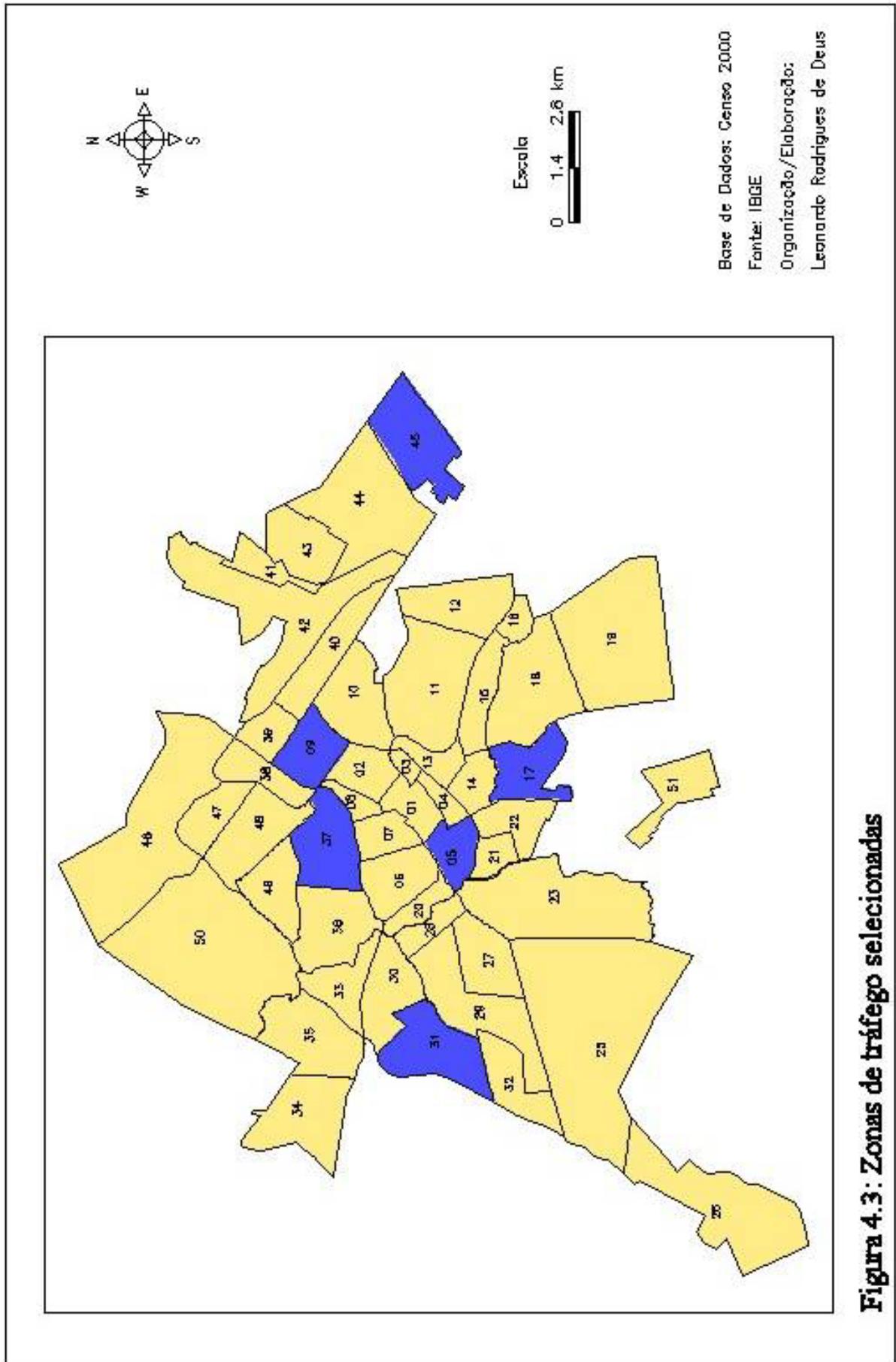


Figura 4.3: Zonas de tráfego selecionadas

A Tabela 4.1 mostra os valores da renda média para cada uma das zonas de análise (em salários mínimos)

Tabela 4.1 – Média de rendimento nas zonas de análise (IBGE, 2000)

Zona	Renda média (em salários mínimos)
05	18,7
09	8,1
17	22,3
31	3,0
37	5,1
45	2,7

4.3 Características das zonas de análise

São apresentadas a seguir as principais características das zonas escolhidas para análise. Maiores detalhes podem ser encontrados no Apêndice 01.

4.3.1 Zona 05

A Zona 05 é formada pelos bairros: Fundinho e Tabajaras, que se encontram localizados na região central da cidade. A Figura 4.4 (58) mostra a imagem de alta resolução, obtida em Julho de 2007, da região onde se situa a Zona 05. Esta zona se caracteriza por ser o centro histórico da cidade de Uberlândia, possuindo assim várias construções antigas, sendo muitas delas tombadas como patrimônio histórico. Este zona apresenta grande taxa de ocupação e grande número de construções verticalizadas.



Figura 4.4: Imagem de satélite da Zona 05 (Quick Bird)

4.3.2 Zona 09

A Zona 09 corresponde ao bairro Brasil, localizado também no setor central da cidade de Uberlândia. A Figura 4.5 (Página 59) mostra a imagem de satélite desta zona de análise.

Esta zona é caracterizada por apresentar seu desenho urbano no modelo de grelha, sendo cortada por algumas das principais vias estruturais da cidade, apresentando um uso comercial bem difundido e predominante ao longo destas vias. O tráfego de veículos na vias estruturais é intenso, assim como a circulação de veículos do transporte coletivo.

Embora exista um uso comercial intenso ao longo das vias estruturais que cortam a Zona 09, o uso do solo predominante é o uso residencial.



Figura 4.5: Imagem de satélite da Zona 09 (Quick Bird)

4.3.3 Zona 17

A Zona 17 corresponde ao Bairro Jardim Karaíba, localizado no setor sul da cidade. Este é o setor que mais cresce em Uberlândia atualmente, principalmente devido aos bairros de baixa renda localizados na periferia. A Figura 4.6 (Página 60) mostra a imagem de satélite do bairro.

Parte do bairro Jardim Karaíba compõe o Setor Universitário onde se localizam várias universidades particulares. Por esse motivo, ao longo das vias arteriais que cortam ou que margeiam o bairro, é possível se observar um grande fluxo de veículos do transporte coletivo. O volume de veículos ao longo da Avenida Nicomedes Alves dos Santos, que é uma

das vias que delimitam o bairro, é intenso nos horários de início e término das aulas nas faculdades da região.



Figura 4.6: Imagem de satélite da Zona 17 (Quick Bird)

4.3.4 Zona 31

A Zona 31 é composta pelos Bairros Luizote de Freitas e Mansour e se localiza na região oeste da cidade. A Figura 4.7 (Página 61) mostra a imagem de satélite de alta resolução destes bairros. É possível verificar que grande parte desta zona possui uma alta densidade de construções, enquanto que outras áreas, loteadas mais recentemente, ainda são pouco ocupadas.



Figura 4.7: Imagem de satélite da Zona 31 (Quick Bird)

A Zona 31 é uma região muito populosa, sendo o bairro Luizote um dos mais populosos da cidade, chegando a sua população a ser maior que várias pequenas cidades próximas a Uberlândia. Por ser uma região muito ocupada, cada vez mais os serviços oferecidos têm aumentado, o que propicia aos moradores dessa região resolver seus problemas sem a necessidade de irem até o centro da cidade.

4.3.5 Zona 37

A Figura 4.8 mostra a imagem de satélite da Zona 37. O bairro que corresponde a esta zona é o Presidente Roosevelt, localizado na região norte da cidade, mas perto do centro da cidade.

A Zona 37 possui um traçado viário bastante confuso, aparentemente seguindo um padrão radial concêntrico na sua maior parte. Por ser um bairro residencial, o tráfego mais intenso de veículos se concentra apenas nas maiores avenidas, ficando as ruas locais como ambientes bem tranquilos.



Figura 4.8: Imagem de satélite da Zona 37 (Quick Bird)

4.3.6 Zona 45

A Zona 45 é composta pelos Bairros Alvorada e Morumbi, localizados no setor leste da cidade, bastante afastados do centro da cidade e isolados ainda por um grande vazio urbano. A Figura 4.9 mostra a imagem de satélite da zona 45.

Dentre todas as zonas de análise, a Zona 45 é a que possui população de renda mais baixa. É possível notar nesta zona a ausência de infra-estrutura urbana. Muitas ruas, ainda não possuem asfaltamento e nem outro tipo de calçamento, o que gera muita poeira no período da seca, acarretando muitos problemas respiratórios. O sistema de drenagem também é precário, o que provoca acúmulo de água em várias ruas durante a época de chuvas, uma vez que a região dos bairros Alvorada e Morumbi é muito plana.



Figura 4.9: Imagem de satélite da Zona 45 (Quick Bird)

4.4 Quantificação das Características da Forma Urbana

Definidas as zonas de análises a serem trabalhadas, foram avaliadas as seguintes características da forma urbana em cada uma dessas zonas:

- Densidade urbana;
- Qualidade dos espaços para pedestres;
- Disponibilidade de transporte coletivo;
- Topografia da região;
- Diversidade de usos do solo;
- Desenho e conectividade das vias.

4.4.1 Densidade Urbana

Conforme descrito no Capítulo 3, para representar a densidade urbana neste estudo, foram utilizadas as variáveis: a densidade populacional, densidade residencial e a densidade de ocupação.

A densidade populacional e a densidade residencial foram obtidas através dos dados de número de habitantes e número de domicílios do Censo 2000, agrupados em nível de zonas de tráfego. Os valores da área total de cada zona foram consultados no Sistema de Informações Geográficas utilizado no estudo.

Para a obtenção da taxa de ocupação em cada zona, foram utilizados os dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Uberlândia (base cadastral de lotes e planilha com informações sobre o uso do solo em cada lote). Somando-se as áreas construídas nos lotes, obteve-se o total de área construída em cada zona de tráfego. A razão entre área total construída e a área total da zona forneceu a taxa de ocupação em cada zona de análise. Os valores desta taxa variam entre 0 e 1, sendo que valores mais próximos de 1 indicam maior taxa de ocupação.

A Tabela 4.2 (Página 65) e as figuras do Apêndice 05 mostram os valores de densidade obtidos para cada uma das zonas de análise.

Tabela 4.2 – Densidades das zonas de análise

Zona	Densidade Populacional (hab/ha)	Densidade Residencial (res/ha)	Taxa de Ocupação
05	58	18.4	0.491
09	59	17.9	0.304
17	8	2.1	0.066
31	69	19.2	0.070
37	63	18.7	0.167
45	38	10.3	0.037

Verifica-se que a zona 17 apresenta a menor densidade populacional. Essa zona se caracteriza por ser uma zona de nível de renda bastante alta e ser ainda relativamente nova. A zona 31, que é um a zona de baixa renda, localizada em uma região bastante consolidada, apresenta a maior densidade. Este resultado é coerente com as observações de Cervero e Hockelman (1997), de que as zonas mais densas estão comumente associadas a áreas de baixa renda.

A densidade residencial segue o mesmo padrão apresentando pela densidade populacional, havendo uma pequena alteração de ordem entre a zona 05 e zona 09. Essa alteração se dá pelo fato de na zona 05 ser bastante alta a incidência de edifícios residenciais, enquanto a zona 09 mantém um padrão horizontal de espalhamento das edificações.

Com relação à taxa de ocupação, pode-se verificar que todas as zonas de análises apresentam baixa ocupação (menos da metade da área é ocupada por construções).

4.4.2 Disponibilidade de Transporte Coletivo

A variável utilizada neste estudo para representar a disponibilidade de transporte coletivo foi o Índice LITA (ver Capítulo 3). A partir dos dados fornecidos pela SETTRAN de Uberlândia e pela Empresa Consórcio Vermax (relativos à frequência, capacidade e cobertura do serviço) e utilizando-se uma planilha Excel e o SIG, foi estimado o valor da variável para as zonas de análise. A Tabela 4.3 (Página 66) mostra os resultados obtidos e o mapa temático de disponibilidade do serviço de transporte coletivo para as zonas de análise é mostrado no Apêndice 06.

Tabela 4.3 – Disponibilidade de transporte coletivo nas zonas (Índice LITA)

Zona	LITA + 5	Nível de Serviço
5	10,3	A
9	4,0	D
17	4,8	C
31	3,6	D
37	3,9	D
45	3,5	D

É possível observar que a disponibilidade de transporte coletivo na maioria das zonas é bastante baixa, predominando o nível de oferta D (valores abaixo de 4,5). A única zona que a apresenta nível A é a zona 05, e isto se dá pelo fato de esta ser uma zona central, pela qual passa grande parte das linhas do transporte coletivo que acessam o terminal de transporte coletivo urbano.

4.4.3 Qualidade dos espaços para pedestres

A qualidade dos espaços para pedestres é importante quando se deseja avaliar o número de viagens realizadas por esse modo, pelas pessoas, em seus deslocamentos diários. A existência de calçadas e a qualidade das mesmas, no que se refere aos aspectos de segurança, seguridade, conforto, conectividade e estética, podem incentivar a opção dos indivíduos em realizar suas viagens a pé, e conseqüentemente reduzir o uso de veículos motorizados (Amâncio, 2005).

Para se definir o nível de qualidade dos espaços para pedestres, foi usado neste trabalho o método PEF (Pedestrian Environment Factor), que leva em conta 4 parâmetros: continuidade das calçadas, característica do sistema viário, facilidade para atravessar as ruas e topografia (Ver Capítulo 3).

Quatro pesquisadores avaliaram as seis zonas de análises de acordo com o critério exigido pelo método. Dessa forma, cada zona de análise poderia ter uma nota mínima de 4 e uma nota máxima de 12 quanto aos parâmetros analisados. Para padronizar todos os valores obtidos pelos pesquisadores, foi aplicada uma versão simplificada do método Delphi, que

consiste em apresentar como resultado final, um resultado que é consenso para os todos os pesquisadores.

A formação dos pesquisadores que realizaram a avaliação é a seguinte: 1 Geógrafo e Mestrando em Engenharia Urbana; 1 Geógrafo e Mestrando em Engenharia de Transportes, 1 Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia Civil e 1 Arquiteta e Urbanista.

A Tabela 4.4 e o Apêndice 07 mostram os resultados finais obtidos com relação à qualidade dos espaços para pedestres.

Observa-se que todas as zonas analisadas têm qualidade mediana de espaços para os pedestres e não é possível fazer uma associação da qualidade dos espaços com o nível econômico de cada zona.

Tabela 4.4 – Qualidade dos espaços para pedestres nas zonas de análise (PEF)

Zona	PEF
05	8
09	9
17	9
31	7
37	8
45	10

Durante o trabalho de campo realizado para avaliação dos espaços, os pesquisadores fizeram diversas observações sobre as zonas analisadas, dentre as quais se destacam as seguintes:

- Zona 05
 - Calçadas com melhor qualidade, porém com ausência de rampas nas esquinas;
 - Na parte mais antiga da zona as calçadas são bastante estreitas;
 - Apresenta regiões com topografia bastante acidentada o que dificulta o tráfego de pedestres e torna praticamente impossível a circulação de portadores de necessidades especiais.
- Zona 09
 - Existem vias com maior fluxo de veículos e pedestres onde existe dificuldade em atravessar as ruas.

- Zona 17
 - Calçadas inexistentes, predominando a presença de gramados e jardins;
 - Sinalização bastante deficiente.
- Zona 31
 - Sinalização precária;
 - Predomínio de calçadas muito estreitas e com muitas obstruções;
 - Tráfego de ônibus em ruas bem estreitas.
- Zona 37
 - Traçado viário confuso e com sinalização precária.
- Zona 45
 - Existência parcial de calçadas;
 - Existência de muitas vias não asfaltadas;
 - Sinalização existente apenas nas vias principais.

4.4.4 Topografia

A variável topografia leva em conta o aspecto geomorfológico do terreno da zona. Zonas que apresentam topografia muito acidentada, com áreas muito íngremes, são barreiras ao uso dos modos de transporte não motorizados, devido ao grande esforço físico necessário para as pessoas se locomoverem, gerando assim dependência do transporte motorizado.

Segundo a norma ABNT NBR 9050:2004 “calçadas, passeios e vias exclusivas de pedestres que tenham inclinação superior a 8,33% não podem compor rotas acessíveis”. Dessa forma, tomando como base este valor foram definidas as 5 classes de declividade mostradas na Tabela 4.5 (Página 69).

Os mapas temáticos das classes de declividade e dos tipos de relevo, obtidos utilizando como base de dados curvas de nível de equidistância de 1 metro e o software SPRING são mostrados no Apêndice 08. A Tabela 4.6 (Página 69) apresenta a área ocupada por cada classe de relevo nas zonas de análise.

Tabela 4.5 – Classes de declividade para avaliação das zonas de análise

Declividade	Descrição do terreno	Condições para os pedestres
< 2,5%	Plano	Ótimas
2,5% a 5,0%	Declives suaves	Boas
5,0% a 10,0%	Ondulado	Aceitáveis
10,0% a 15,0%	Acidentado	Com restrições
> 15,0%	Muito acidentado	Inapropriadas

Tabela 4.6 – Área ocupada por cada classe de relevo nas zonas de análise.

Zona	Área ocupada (ha) - (% da área da zona)				
	Plano	Suave	Ondulado	Acidentado	Muito acidentado
05	15,6 (10%)	32,9 (21%)	57,4 (37%)	30,0 (19%)	20,6 (13%)
09	27,5 (13%)	112,3 (53%)	60,4 (28%)	9,6 (5%)	3,3 (2%)
17	79,7 (32%)	65,2 (26%)	68,7 (27%)	24,9 (10%)	13,8 (5%)
31	79,3 (21%)	160,3 (42%)	109,0 (29%)	19,4 (5%)	9,4 (2%)
37	81,3 (25%)	136,5 (42%)	84,3 (26%)	16,7 (5%)	7,8 (2%)
45	386,4 (96%)	9,9 (2%)	2,3 (1%)	0,8 (< 1%)	1,1 (<1%)

Com base nos dados mostrados na Tabela 4.6, pode-se verificar que a zona 45 apresenta topografia predominantemente plana (97% da área da zona enquadram-se na categoria de relevo plano). Este fato pode facilitar a realização de viagens a pé nesta zona. As demais zonas apresentam configuração de relevo mais acidentada.

A Tabela 4.7 (Página 70) apresenta a forma predominante de relevo em cada zona e os valores numéricos adotados para representar cada uma das classes. Quanto maior o valor numérico maior a declividade e, portanto, pior a qualidade da zona para viagens a pé. Ressalte-se que a atribuição de um valor numérico é necessária para a utilização dessa variável nos modelos de análise.

Tabela 4.7 – Relevo predominante em cada zona de análise

Zona	Tipo de relevo	Valor numérico atribuído
5	Ondulado	8
9	Suave	2
17	Suave Ondulado	4
31	Suave	2
37	Suave	2
45	Plano	1

4.4.5 Diversidade de Usos do Solo

Conforme exposto no Capítulo 3, para avaliar a diversidade de uso do solo foi utilizado o Índice de Entropia (Equação 4.2).

$$ENTROPIA = - \sum_i \frac{P_i \ln(P_i)}{\ln(l)} \quad (4.2)$$

Onde: P_i = proporção de área construída ocupada pelo uso do solo i ;

l = número de categorias de uso do solo consideradas.

A partir dos dados fornecidos pela Prefeitura Municipal, foram elaboradas 6 planilhas (uma para cada zona de análise) com os lotes que compõem a zona, o seu tipo de uso, e a área construída. A partir destas planilhas foram obtidas as áreas ocupadas por cada tipo de uso nas zonas analisadas.

Os tipos de usos encontrados na planilha fornecida foram:

- Não informado;
- Lote vago;
- Residencial;
- Comercial,
- Industrial;
- Serviços;
- Templo;
- Especial.

Para o cálculo de entropia, os lotes classificados como vagos e uso não informado foram desconsiderados. Os lotes com uso classificado como “serviços” foram considerados como uso comercial e os lotes classificados como templo ou especial foram agrupados para a classe outros. Dessa forma, foram considerados para o cálculo de entropia 4 tipos de usos do solo: residencial, comercial, industrial e outros.

A Tabela 4.8 mostra os valores de entropia obtidos para as zonas de análise. Verifica-se que a Zona 09 é que apresenta o maior valor de entropia, indicando ser esta, a zona com maior diversidade de usos entre todas as zonas analisadas. Já a zona 17 é a que apresenta o menor valor de entropia, caracterizando essa zona como uma área extremamente homogênea quanto ao uso do solo.

Tabela 4.8 – Índice de Entropia nas zonas de análise

Zona	Índice de Entropia
05	0,374
09	0,540
17	0,074
31	0,240
37	0,466
45	0,220

A Tabela 4.9 (Página 72) mostra a porcentagem de área ocupada segundo o tipo de uso do solo em cada uma das zonas de análises, com base no valor total de área construída em cada zona.

A análise da Tabela 4.9 revela que o tipo de uso predominante em todas as zonas de análise é o uso residencial. Observa-se também que os valores apresentados nesta tabela estão plenamente de acordo com os valores de entropia, pois as zonas 9 e 37 são as que apresentam uma maior distribuição de usos do solo, enquanto que para a zona 17, 98% da área é de uso residencial.

Tabela 4.9 – Porcentagem de área ocupada segundo o tipo de uso do solo

Zona	% da área da zona ocupada por cada tipo de uso do solo			
	Residencial	Comercial	Industrial	Outros
5	85.7	8.9	0.4	5.0
9	67.7	29.2	0.9	2.2
17	98.2	0.6	0.0	1.2
31	92.0	3.7	0.0	4.3
37	79.9	14.7	1.0	4.4
45	92.9	4.1	0.0	3.0

4.4.6 Conectividade das Vias

Três variáveis foram utilizadas para caracterizar a conectividade (desenho) do sistema viário nas zonas de análise: a porcentagem de interseções em cruz, a densidade de interseções (número de cruzamentos dividido pela área da zona de análise), e o índice de conectividade (número de segmentos de vias dividido pelo número de cruzamentos).

A Tabela 4.10 mostra quantidade de interseções, segundo o tipo, encontradas em cada uma das zonas.

Tabela 4.10 – Número e porcentagem de interseções segundo o tipo

Zona	Área (ha)	Tipo de Interseção				Total
		Cul-de-sac	Em L	Em T	Em cruz	
05	156,80	5 (2%)	0 (0%)	117 (45%)	137 (53%)	259
09	213,47	0 (0%)	2 (1%)	54 (21%)	206 (79%)	262
17	252,74	20 (8%)	10 (4%)	193 (76%)	30 (12%)	254
31	378,34	14 (3%)	5 (1%)	320 (70%)	119 (26%)	457
37	327,40	1 (0%)	2 (1%)	313 (74%)	111 (26%)	425
45	400,34	13 (3%)	9 (2%)	244 (55%)	177 (40%)	443

Pode-se verificar que a Zona 9, com 79% dos cruzamentos em cruz, é a que possui melhor conectividade no sistema viário. A Zona 17, por outro lado, com apenas 12% de cruzamentos em cruz é a que apresenta pior conectividade.

Na Tabela 4.11 são apresentados os valores correspondentes às demais variáveis que caracterizam a conectividade das vias.

Observa-se que em todas as zonas de análise existe mais de uma intersecção por hectare. Segundo Amâncio (2005), valores mais altos indicam mais intersecções e conseqüentemente uma conectividade mais alta. Isto indica que as quadras, em sua grande maioria, têm dimensões que propiciam uma boa conectividade.

Quanto ao índice de conectividade, observa-se que em todas as zonas de análise, o índice obtido está acima ou dentro do intervalo de 1,2 a 1,4, apresentado por Amâncio (2005) como um bom padrão de conectividade.

Tabela 4.11 – Densidade de Intersecções e Índice de Conectividade nas zonas de análise

Zona	Densidade de Intersecções (intersecções/ha)	Índice de Conectividade
05	1,65	1,63
09	1,23	1,83
17	1,00	1,39
31	1,21	1,52
37	1,30	1,54
45	1,11	1,62

4.5 Características das Viagens Realizadas

Conforme descrito anteriormente, as informações sobre as viagens na cidade de Uberlândia foram obtidas a partir da Pesquisa Origem/Destino realizada na cidade em 2002. Nesta pesquisa foram coletadas informações sobre as viagens, como, endereço de origem, endereço de destino, tempo de viagem, modo de transporte e motivo da viagem, e também informações socioeconômicas sobre as pessoas que fizeram as viagens.

A amostra da pesquisa O/D continha 11885 registros de viagens. Como este trabalho analisou 6 zonas de tráfego previamente selecionadas, foi realizada uma seleção das viagens que seriam usadas. Utilizando-se o campo “AREA ORIGEM” foram selecionadas

todas as viagens que tinham com origem as zonas de análise. Desse modo foram selecionadas, inicialmente, 2073 viagens para serem analisadas neste trabalho.

Contudo, dentre estas 2073 viagens, algumas apresentavam problemas em alguns campos da pesquisa realizada, como:

- Não preenchimento de algum dos campos da planilha;
- Campos preenchidos com códigos diferentes dos determinados na pesquisa.

O campo renda foi o que apresentou o maior número de problema (falta da informação). Assim sendo, optou-se por desconsiderar esta variável.

As demais viagens que apresentavam algum tipo de problema (que não foi possível solucionar) foram excluídas da análise neste trabalho. Assim sendo, restou uma amostra de 2006 viagens. Esta amostra inclui viagens de todas as faixas etárias, inclusive aquelas realizadas por pessoas com idade inferior a 5 anos. Posteriormente, as viagens realizadas pelos menores de 5 anos, foram também excluídas, restando para a calibração dos modelos de escolha discreta, uma amostra de 1952 viagens.

A Tabela 4.12 mostra o número de viagens geradas em cada zona (todas as faixas etárias) e a Figura 4.10 (Página 75) apresenta a porcentagem de viagens com origem em cada zona.

Tabela 4.12 – Viagens geradas em cada zona de análise

Zona	Viagens Geradas
05	509
09	436
17	141
31	390
37	463
45	67
TOTAL	2006

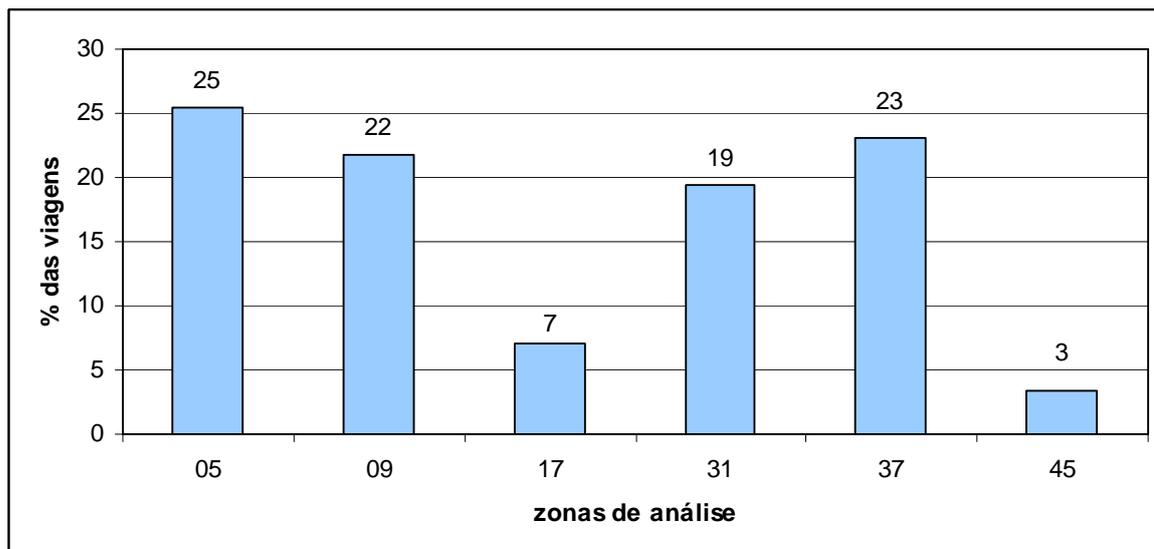


Figura 4.10 - % de viagens geradas em cada zona de análise

Observa-se que a Zona 05, que corresponde aos bairros Fundinho/Tabajaras, na região central da cidade, é a zona que apresenta maior porcentagem das viagens analisadas (25%). Por outro lado, a zona 45, bairros Alvorada/Morumbi, localizados na periferia da cidade, é a zona com menor porcentagem das viagens analisadas (3%).

A Tabela 4.13 mostra algumas características gerais da amostra.

Tabela 4.13 - Características gerais das pessoas que realizaram as viagens

<p>Sexo:</p> <p>Masculino: 961 (48%)</p> <p>Feminino: 1045 (52%)</p> <p>Faixa Etária:</p> <p>Até 14 anos: 329 (16%)</p> <p>15 a 19 anos: 283 (14%)</p> <p>20 a 29 anos: 503 (25%)</p> <p>30 a 39 anos: 293 (15%)</p> <p>40 a 49 anos: 294 (15%)</p> <p>50 a 59 anos: 175 (9%)</p> <p>60 a 69 anos: 78 (4%)</p> <p>Mais de 70 anos: 51 (3%)</p>	<p>Situação Familiar:</p> <p>Chefe: 591 (29%)</p> <p>Cônjuge: 274 (14%)</p> <p>Filho: 972 (49%)</p> <p>Parente: 137 (7%)</p> <p>Agregado: 7 (< 1%)</p> <p>Empregado Residente: 4 (<1%)</p> <p>Outros: 21 (1%)</p>
--	--

A Figura 4.11 apresenta a porcentagem de viagens realizadas, segmentadas pelo motivo.

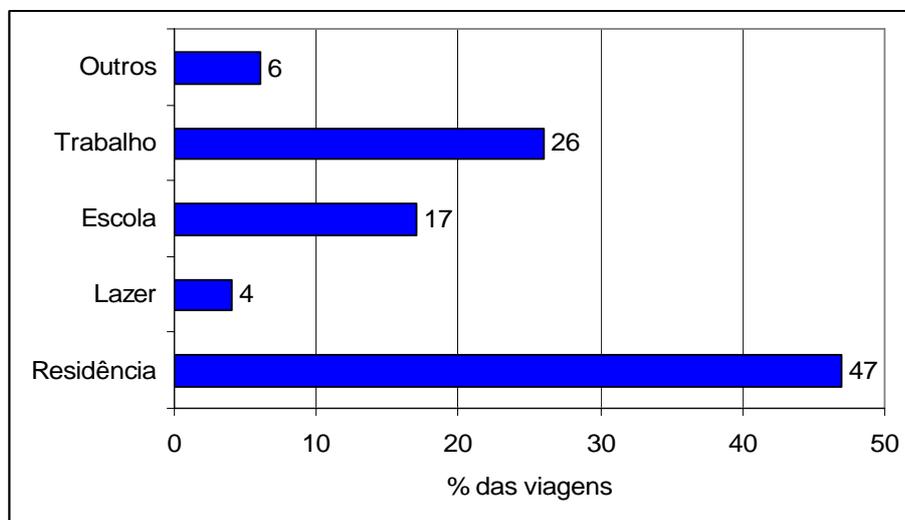


Figura 4.11 – Distribuição das viagens segundo o motivo

O motivo Residência refere-se às viagens de volta para casa. Verifica-se que os motivos escola e trabalho correspondem a 43% das viagens, ou seja, a maior parcela das viagens realizadas é devida a estes motivos.

A Figura 4.12 apresenta a distribuição das viagens de acordo com o modo de transporte utilizado.

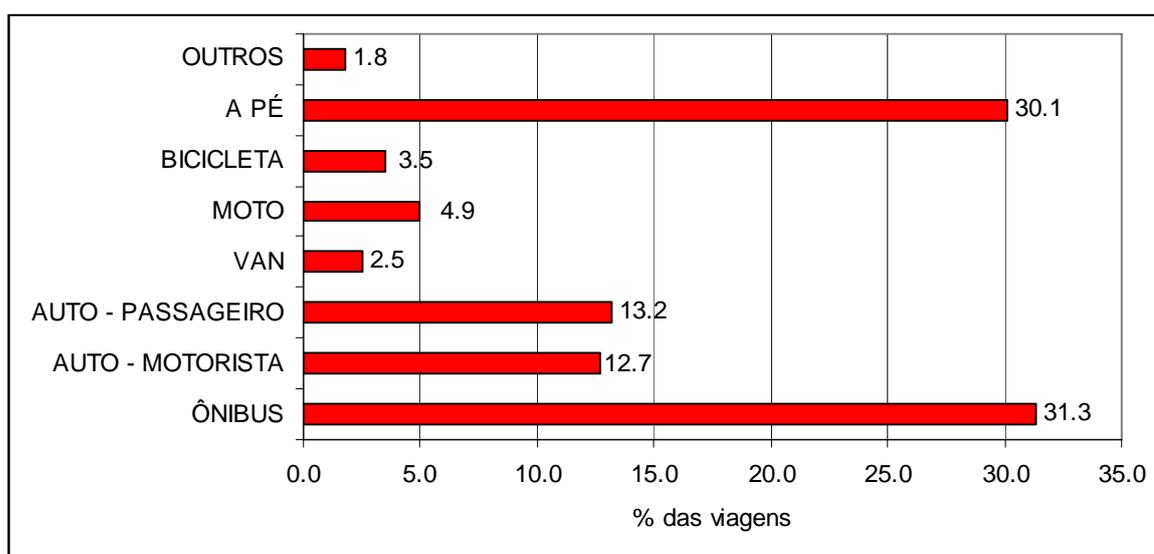


Figura 4.12 – Distribuição das viagens segundo o modo de transporte utilizado

A Figura 4.12 mostra que quase 65% das viagens são realizadas pelos modos considerados mais sustentáveis: modos não motorizados e o transporte coletivo. Uma parcela pequena (3,5%) das viagens é realizada por bicicleta. Isto pode ser devido à falta de espaços exclusivos para o tráfego e estacionamento de bicicletas na cidade.

Uma observação importante a ser feita se refere ao modo Van. Em 2002, existia em Uberlândia um projeto chamado Passe Livre, que funcionava como um complemento ao sistema de transporte coletivo. O Passe Livre era realizado por Vans (que antes operavam de forma ilegal na cidade), levando passageiros de áreas não atendidas pelo transporte coletivo, até pontos de integração, onde os passageiros poderiam ter acesso aos ônibus do transporte urbano. Então, grande parte das viagens realizadas pelo modo Van, se referem aos veículos do projeto Passe Livre.

A Tabela 4.14 apresenta a divisão modal das viagens com origem em cada uma das zonas de análise.

Tabela 4.14 – Divisão modal em cada zona (% das viagens)

Modo de transporte	Zonas					
	05	09	17	31	37	45
Transporte coletivo	23,6	33,3	35,5	36,2	31,4	44,4
Auto - motorista	21,0	15,4	24,1	5,9	4,6	3,2
Auto - passageiro	15,5	18,6	19,9	3,1	13,5	3,2
Van	2,9	1,1	8,5	2,6	0,0	0,0
Moto	2,0	7,1	6,4	4,9	6,3	1,6
Bicicleta	1,4	4,4	2,1	2,3	5,4	12,7
A pé	32,2	17,4	2,1	43,6	37,3	31,7
Outros	1,4	2,8	1,4	1,5	1,5	3,2

Analisando-se a Tabela 4.14, pode-se verificar que nas zonas de renda mais alta (5 e 17) se tem a maior parcela de viagens por automóvel. A Zona 17 além de ter o maior número de viagens geradas por automóvel (44%) é também a zona com o menor número de viagens a pé, apenas 2,1%. Este fato pode ser explicado por esta zona ser a de maior renda entre todas as analisadas. Por outro lado, a zona 31 apresenta uma parcela grande de viagens a pé (43,6%). Esta zona é constituída por pessoas de renda média baixa, o que colabora para uma maior opção por modos mais baratos de transporte. A Zona 45 é a que apresenta maior número de viagens por transporte coletivo. Isto se dá por esta ser uma zona de baixa renda,

que fica distante do centro da cidade, sendo o transporte coletivo a melhor opção para os moradores desta área.

Quanto ao tempo de viagem, a Figura 4.13 mostra o tempo médio das viagens segundo as zonas de origem. Observa-se que, conforme já era esperado, as viagens que tem como zona de origem a Zona 45, apresentam o maior tempo de viagem, pois conforme foi dito, essa zona encontra-se bastante afastada do centro da cidade. Por outro lado, a Zona 05, que se localiza no setor central da cidade, apresenta os menores tempos de viagem.

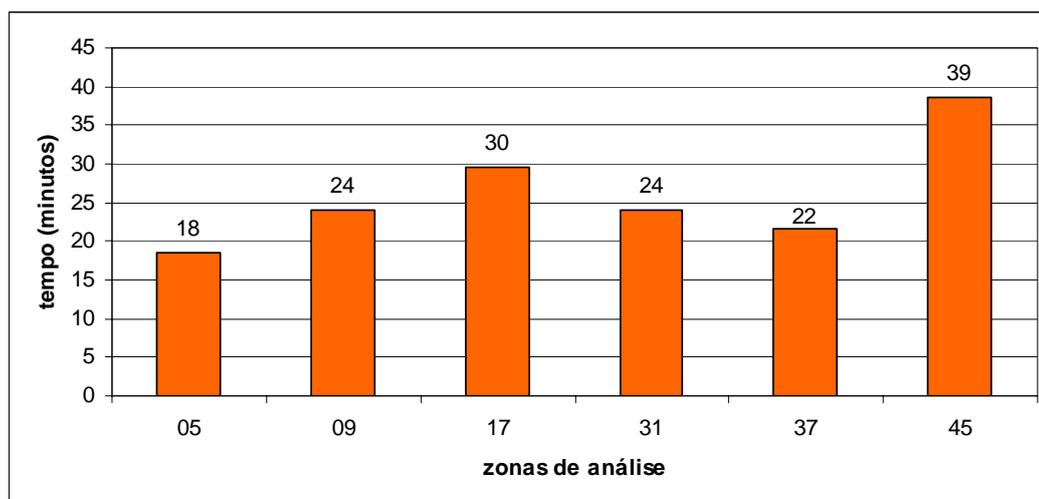


Figura 4.13 – Tempo médio das viagens segundo a zona de origem.

A Figura 4.14 (Página 79) mostra os tempos médios de viagens de acordo com o modo de transporte utilizado. Observa-se que o modo transporte coletivo é o que apresenta o maior tempo de viagem. O modo a pé, juntamente com o modo automóvel, são os que apresentam menores tempos de viagem. Isto se explica pelas viagens a pé serem curtas e pelo modo automóvel, normalmente, não estar sujeito a obstáculos que podem atrasar a viagem, uma vez que, embora a frota de veículos na cidade seja grande, ainda não provoca grandes congestionamentos na cidade.

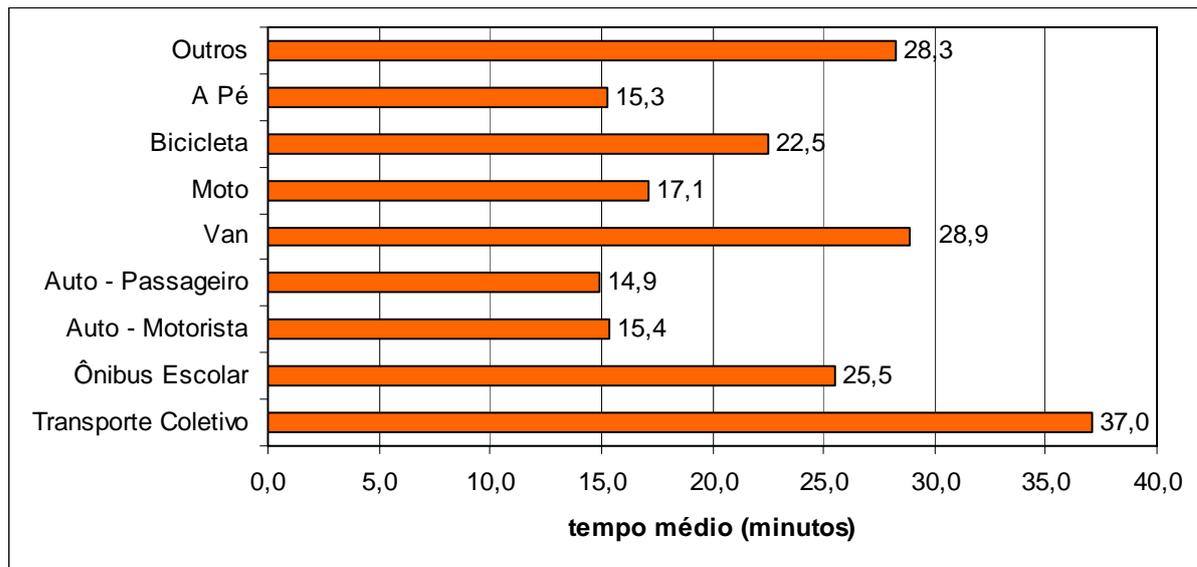


Figura 4.14 – Tempo médio das viagens realizadas por cada modo de transporte.

A Figura 4.15 (Página 80) mostra o comprimento médio das viagens com origem em cada uma das zonas. É importante lembrar aqui, que a planilha origem-destino que foi a base para este estudo não continha informações sobre as distâncias percorridas nas viagens. Dessa forma, o comprimento das viagens foi estimado para este estudo com base no tempo de viagem informado na pesquisa e da velocidade média estimada de cada modo de transporte. Para este cálculo as velocidades adotadas foram:

- Automóvel: 35 km/h
- Ônibus: 20 km/h
- A Pé: 5 km/h
- Bicicleta: 12 km/h
- Van: 35 km/h
- Moto: 45 km/h
- Caminhão: 25 km/h
- Outros: 25 km/h

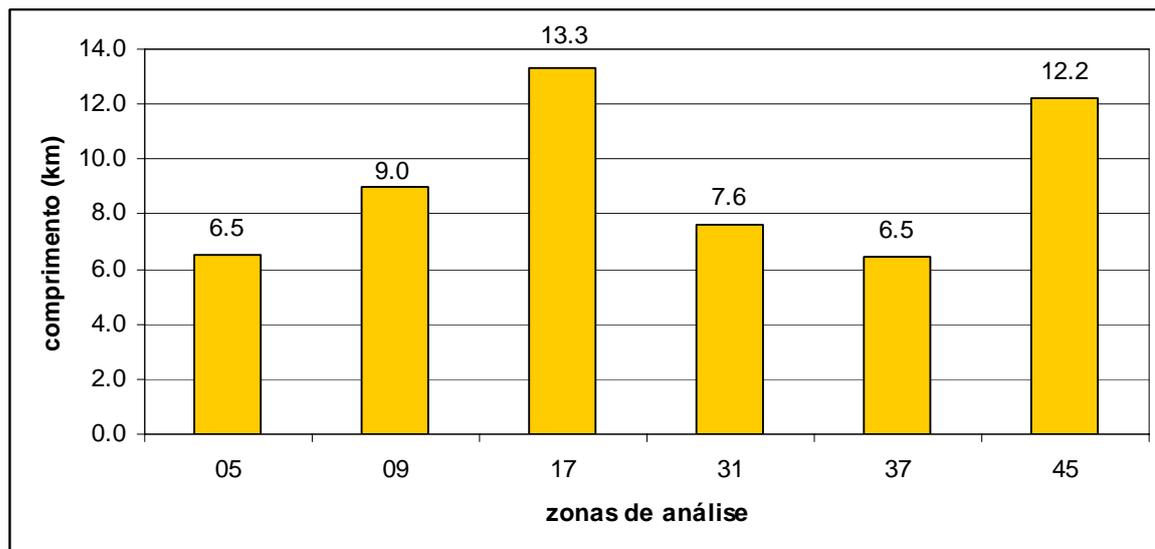


Figura 4.15 – Comprimento médio das viagens segundo a zona de origem (km)

Com base nesta figura observa-se que, diferentemente do que se esperava, a Zona 17 é a que apresenta os maiores comprimentos de viagem. A explicação para isto pode estar no fato de que, na Zona 17 está localizado no setor universitário da cidade, e um grande número de estudantes utiliza o automóvel para se deslocar até as universidades da região. Como o volume de veículos no horário de início e fim das aulas é intenso nas avenidas de acesso, isto provoca um maior tempo de viagem.

Exceto o resultado observado na Zona 17, todos os demais se apresentam condizentes com que era esperado: as viagens com origem na Zona 45 são as mais longas e as viagens mais curtas têm origem na Zona 05 e Zona 37, que são mais próximas e com fácil acesso ao centro da cidade.

O comprimento médio das viagens realizadas por cada um dos modos é mostrado na Figura 4.16 (Página 81).

Esta figura mostra que o modo que apresenta as maiores distâncias é o modo van. Como as vans são muito usadas para transportar pessoas que trabalham em empresas localizadas no distrito industrial e na periferia da cidade as viagens por este modo são mais longas. As viagens mais curtas, como era esperado, são as viagens realizadas pelo modo a pé, que tem em média pouco mais de um quilômetro.

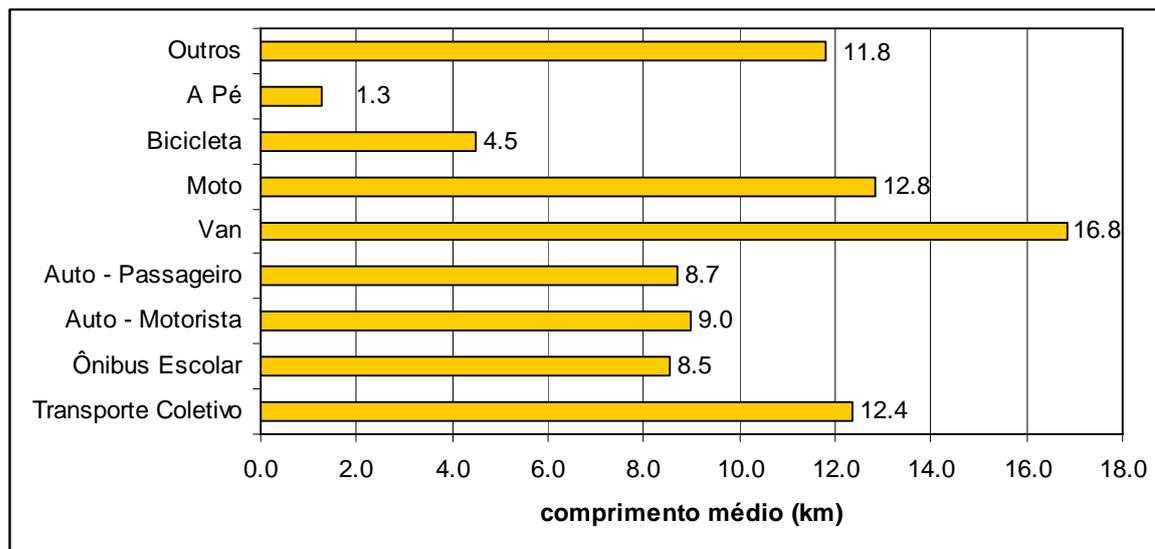


Figura 4.16 – Comprimento médio das viagens realizadas por cada modo (km)

4.6 Tópicos Conclusivos

Este capítulo apresentou a metodologia utilizada para a obtenção dos dados básicos para o próximo passo do estudo, que é a calibração de modelos de escolha discreta.

Foram apresentadas as etapas de obtenção dos dados, a definição das zonas de análises, a caracterização da forma urbana para as zonas de estudo e a caracterização das viagens realizadas.

O Quadro 4.1 (Página 82) mostra o resultado de todas as variáveis da forma urbana analisadas para este estudo. Com base nas informações deste quadro de resultado geral foi possível realizar algumas análises exploratórias, ao cruzar estas informações com as análises da amostra de viagens.

A Zona 05, que apresenta o maior número de viagens geradas, é também a que apresenta a maior porcentagem de ocupação. Por ser uma região bastante ocupada, o número de pessoas que circulam nessa área tende a ser maior, o que ajuda a explicar o maior número de viagens originadas. Por esta zona estar na região central, a maior parcela das viagens é realizada a pé, embora o nível PEF desta zona seja apenas mediano.

Embora a Zona 05 seja a única analisada que tem nível A de disponibilidade de transporte coletivo, ela apresenta a menor porcentagem de viagens realizadas por este modo. Por outro lado, a Zona 45, que apresenta nível de disponibilidade D, é a zona com maior

porcentagem de viagens realizadas por transporte coletivo. Isto indica que a disponibilidade do serviço não é um fator determinante na opção por este modo de transporte.

Quadro 4.1 – Resultado Geral das Variáveis Analisadas

Zona de Análise	Renda Média (salário mínimo)	% Viagens Geradas	Tipo de Relevo
05	18,7	25	Ondulado
09	8,1	22	Suave
17	22,3	7	Suave Ondulado
31	3	19	Suave
37	5,1	23	Suave
45	2,7	3	Plano
Zona de Análise	Densidade Populacional (hab/ha)	Densidade Residencial (res/ha)	Taxa de Ocupação
05	58	18,4	0,491
09	59	17,9	0,304
17	8	2,1	0,066
31	69	19,2	0,070
37	63	18,7	0,167
45	38	10,3	0,037
Zona de Análise	Nível LITA	Nível PEF	Índice de Entropia
05	A	8	0,374
09	D	9	0,540
17	C	9	0,074
31	D	7	0,240
37	D	8	0,466
45	D	10	0,220
Zona de Análise	% Intersecções em Cruz	Densidade de Intersecções (intersecções /ha)	Índice de Conectividade
05	53%	1,65	1,63
09	79%	1,23	1,83
17	12%	1,00	1,39
31	26%	1,21	1,52
37	26%	1,30	1,54
45	40%	1,11	1,62

Chamam atenção também os seguintes aspectos:

- A Zona 31, que apresenta o maior número de viagens a pé, é a zona que obteve a pior qualidade dos espaços para pedestres (índice PEF). Isto indica que outros métodos de análises para se avaliar a qualidade dos espaços para pedestres devem ser testados, a fim de buscar resultados mais coerentes entre o número de viagens por este modo e a qualidade dos espaços na área analisada.
- A Zona 09, que apresenta a maior mistura de usos do solo (índice de entropia) e o maior número de cruzamentos em cruz, que teoricamente favorecem as viagens a pé, tem uma baixa porcentagem de viagens realizadas por transporte não motorizado (pouco mais de 20%).

Isto indica que, na amostra de viagens analisadas, tanto a qualidade dos espaços para pedestres, quanto o nível de entropia e as características do sistema viário, não foram determinantes na opção pelos modos não motorizados.

Dentre todas variáveis da forma urbana analisadas, a única que revelou resultados condizentes com as hipóteses apresentadas no capítulo de introdução deste trabalho, foi a topografia:

- A Zona 31, que apresenta a maior parcela de viagens a pé, tem 63% de seu relevo formado por áreas suaves e planas, o que favorece as caminhadas.
- A Zona 37, que também apresenta mais de 65% do seu relevo formado por áreas suaves e planas, tem também uma grande parcela das viagens sendo realizadas a pé.
- A Zona 45, que tem 96% de seu relevo plano, também apresenta uma parcela significativa de viagens pelo modo a pé.

Com base nestas análises exploratórias existem indícios de que a forma urbana não se constitui em um aspecto fundamental na opção pelo modo de transporte a ser utilizado pelas pessoas em suas viagens urbanas. As condições sócio-econômicas, e principalmente o comprimento das viagens, parecem ser os fatores mais relevantes para a escolha modal.

5 FORMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO DE ESCOLHA DISCRETA

O objetivo deste trabalho é verificar de que modo a forma urbana influi no comportamento de viagem das pessoas em seus deslocamentos dentro do espaço urbano. Para que seja possível chegar a esta conclusão é necessário que se conheça como se dão as escolhas dos indivíduos quanto ao modo de transporte utilizado em cada viagem.

Neste sentido é que são utilizados os modelos de escolha discreta, ou métodos de obtenção de escolhas declaradas, que tem por finalidade representar por meio de um modelo matemático, as escolhas dos indivíduos quanto a uma determinada situação. Segundo Bierlaire (1998), um modelo como uma simples descrição da realidade, fornece um melhor entendimento de um sistema complexo. Além disso, um modelo permite obter uma previsão de estados futuros de um dado sistema, controlando ou influenciando em seu comportamento e otimizando seu desempenho. No caso deste estudo o modelo de escolha discreta busca prever a opção dos indivíduos por um dado modo de transporte em função de suas características sócio-econômicas e das características da área onde se realizam as viagens.

Na modelagem de transportes os modelos de escolha discreta têm sido adotados para abordar as escolhas modais, objetivando representar o comportamento de um indivíduo que deve realizar uma escolha dentro de um conjunto de alternativas (ônibus, automóvel ou metrô, por exemplo) para realizar um deslocamento (ARCAÏ; BENÍTEZ, 2004).

Bierlaire (1998) já ressaltava que os modelos de escolha discreta tinham tido um papel importante no âmbito dos modelos de transporte principalmente nos últimos 25 anos, e que eles eram usados especialmente para fornecer uma representação detalhada dos complexos aspectos de demanda de transporte, baseados em justificativas fortemente teóricas.

Cervero (2002) coloca que para diversos autores, os modelos de escolha são geralmente tratados como uma aplicação da teoria de escolha do consumidor, baseados na crença de que uma pessoa faz escolhas racionais entre alternativas competitivas de forma a maximizar sua utilidade pessoal.

É possível encontrar na literatura uma série de trabalhos que contextualizam os modelos de escolha discreta e apresentam vários conceitos para estes modelos. Alguns dos conceitos utilizados para explicar o que são modelos de escolha discreta ou métodos de obtenção de escolhas declaradas são apresentados a seguir:

- Ortuzar e Willumsen (1994) explicam que os modelos de escolha discreta são aplicáveis quando os indivíduos têm que selecionar uma opção a partir de um conjunto finito de alternativas.
- Para Green e Scrivivasan (apud SHELDON, 1991) e Sheldon (apud SOUZA, 1999), modelos de escolha discreta podem ser definidos como quaisquer métodos decomposicionais que estimem uma estrutura das preferências dos indivíduos utilizando sua avaliação global a respeito de um conjunto de alternativas pré-especificadas em termos de níveis de diferentes atributos.

5.1 Tipos de Modelos de Escolha Discreta

Alguns dos modelos de escolha discreta mais utilizados são: Modelo Logit Multinomial, Modelo Logit Aninhado, Modelo Probit Multinomial, Modelo Generalizado de Extremo Valor e ainda a Escolha por Eliminação e Satisfação (BIERLAIRE, 1998; ORTÚZAR; WILLUMSEN, 1994).

Para representar o modelo logit, que é a função utilizada para este trabalho, duas formas diferentes podem ser usadas: o modelo Logit Multinomial e o Modelo Logit Aninhado.

O Modelo Logit Multinomial é o modelo de escolha discreta simples e mais popular (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 1994). Nesta forma de modelo logit os modos de transporte considerados são representados como alternativas individuais para o viajante, conforme mostrado na Figura 5.1 (Página 86).

O Modelo Logit Aninhado, conforme exposto por Bierlaire (1999), é uma extensão do modelo logit multinomial designado a capturar correlações entre as alternativas. Ele difere do modelo multinomial pelo fato de ser possível o agrupamento de alternativas que sejam similares em um mesmo “ninho”. No Modelo Logit Aninhado passa a haver então níveis hierárquicos diferentes para se fazer a estimativa do modelo. A Figura 5.2 (Página 86) mostra o exemplo de uma estrutura de modelo logit aninhado.

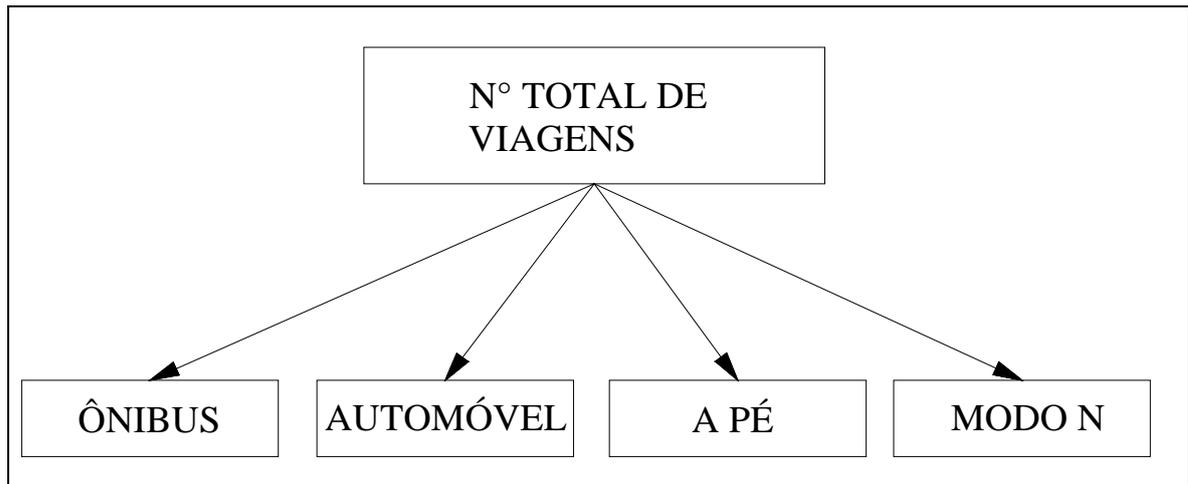


Figura 5.1 – Estrutura de um Modelo Logit Multinomial.

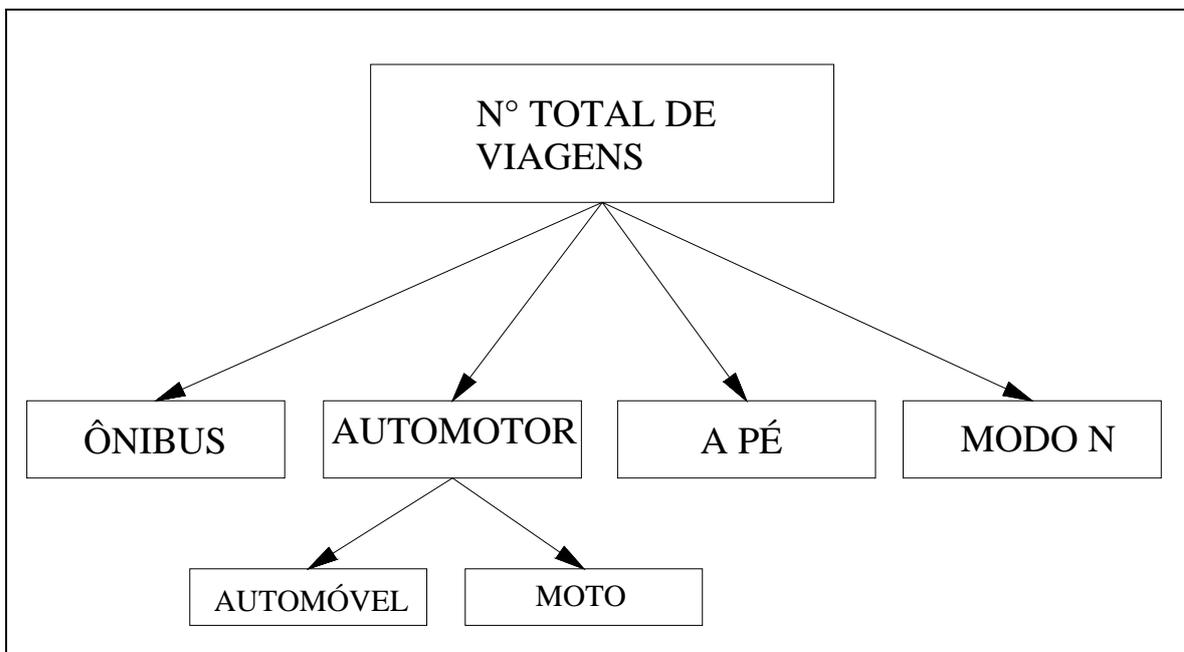


Figura 5.2 – Estrutura de um Modelo Logit Aninhado.

5.2 Elaboração de Um Modelo de Escolha Discreta

Para a formulação de um modelo de escolha discreta devem ser seguidas três etapas (ORTUZAR; WILLUMSEN, 1994; ARRUDA; SANCHES, 2000; AMÂNCIO, 2005):

1. Definição da estrutura de modelo mais adequada para o estudo em questão.

Conforme descrito anteriormente, o modelo pode ser um modelo logit multinomial, quando as escolhas de um indivíduo são representadas em apenas uma etapa, ou pode ser um modelo logit aninhado, que vai expor as escolhas individuais em etapas sucessivas.

2. A definição do conjunto de variáveis explicativas.

As variáveis explicativas são as características das viagens analisadas e dos indivíduos pesquisados que podem explicar a escolha do indivíduo por um determinado modo de transporte. Enquadram-se como variáveis explicativas neste trabalho: a distância viajada, o tempo de viagem, a disponibilidade de automóvel, renda, idade e sexo do viajante, além das variáveis relacionadas à forma urbana nas zonas de origem e destino.

3. Definição do conjunto de escolhas.

O conjunto de escolhas se refere aos modos de transporte que de fato são disponíveis para que cada indivíduo possa escolhê-los para realizar suas viagens. Deve-se definir, por exemplo, para que grupos de indivíduos o automóvel é uma opção considerada, ou a distância máxima que um pedestre pode percorrer para que esse modo seja considerado.

Segundo Ortuzar e Willumsen (1994), nos modelos de escolha discreta, a probabilidade dos indivíduos escolherem uma determinada opção é função de suas características socioeconômicas e da relativa atratividade da opção. Ou seja, levando-se em conta as características do viajante, ele escolherá uma determinada opção se esta for mais atrativa do que as demais opções que lhe são oferecidas para que ele cumpra seu objetivo. Neste sentido, o motivo da viagem influi bastante na decisão dos indivíduos sobre qual modo de transporte escolher para atingir seu objetivo.

A base teórica para geração de modelos de escolha discreta é a teoria da utilidade. Para representar qual alternativa, dentre as disponíveis, é mais atrativa para o indivíduo, utiliza-se no processo de elaboração de um modelo de escolha uma função de utilidade

(ORTUZAR; WILLUMSEN, 1994; ARCAÏ; BENÍTEZ, 2004; GRANEMANN; GARTNER; NETO; FARIA, 2002).

Ortúzar e Willumsen (1994) colocam que as alternativas, por si só, não produzem utilidade, sendo a utilidade derivada das características destas alternativas e das características dos indivíduos. Dessa forma a utilidade é frequentemente definida com uma combinação linear de variáveis. Assim, a utilidade de um determinado modo de transporte pode ser representada conforme mostrado na Equação 5.1 (ARRUDA; SANCHES, 2000).

$$U_{qj} = Kq + \alpha X_j + \beta X_q \quad (5.1)$$

Onde: U_{qj} = utilidade do modo q para um indivíduo j ;

Kq = constante característica do modo q ;

α, β = coeficientes das variáveis;

X_j = variáveis relacionadas ao viajante;

X_q = variáveis relacionadas às viagens pelo modo q .

Os coeficientes das variáveis representam o peso relativo de cada um dos atributos na escolha do viajante. A constante da equação pode ser interpretada como a influência das características do indivíduo ou da alternativa que não foram observadas ou que não foram explicitamente incluídas na função utilidade (ARRUDA; SANCHES, 2000)

A fim de prever se uma determinada alternativa será escolhida pelo viajante, segundo o modelo de escolha, o valor da utilidade de uma alternativa deverá ser comparado com os valores das demais alternativas e transformado em um valor probabilístico entre 0 e 1 (ORTÚZAR; WILLUNSEN, 1994). Para se chegar a este valor probabilístico entre 0 e 1 utiliza-se uma transformação matemática. Uma das transformações mais utilizadas é a função logit, que pode ser descrita conforme a Equação 5.2 (AMÂNCIO, 2005).

$$P_{ji} = \frac{\exp(U_{ji})}{\sum_{j=1}^n \exp(U_{ji})} \quad (5.2)$$

Onde: P_{ji} = probabilidade de o indivíduo i optar pela alternativa j ;

U_{ji} = utilidade da alternativa j para o indivíduo i

n = número de alternativas disponíveis

5.3 Formulação e Calibração do Modelo de Escolha Discreta utilizado nesta pesquisa

Para que se chegar a uma conclusão a respeito das opções modais dos indivíduos frente à provável influência das condições da forma urbana no processo de escolha, foi formulado e calibrado um modelo de escolha discreta para as condições levantadas para as 6 zonas de análises selecionadas na cidade de Uberlândia.

O programa computacional utilizado para se estimar os parâmetros do modelo foi o BIOGEME (Bierlaire Optimization Toolbox for GEV Model Estimation). O BIOGEME é um software livre, projetado para o desenvolvimento de pesquisas no contexto de modelos de escolha discreta em geral (BIERLAIRE, 2008).

O tipo de modelo de escolha discreta utilizado neste trabalho foi o tipo Logit Multinomial, considerando o ônibus, o automóvel (motorista e passageiro), a moto, a bicicleta, e o modo a pé como opções de modo de transporte disponíveis para a realização de uma viagem. Estes modos foram considerados por serem as opções observadas na pesquisa origem-destino que serviu de base para este estudo.

5.3.1 Variáveis explicativas

Na formulação do modelo foram consideradas as seguintes variáveis explicativas:

- Tempo de viagem para cada um dos modos de transporte considerados como opção para os viajantes (ônibus, automóvel, moto, bicicleta e a pé);
- Distância de viagem (em km)
- Situação familiar do indivíduo que realizou a viagem (chefe ou filho);
- Motivo da viagem (trabalho, escola, ou residência);
- Idade do viajante;
- Sexo do viajante;
- Renda média da zona de origem da viagem (em salários mínimos)
- Qualidade dos espaços para pedestre (índice PEF);
- Relevo predominante conforme descrito na Tabela 4.7.
- Disponibilidade de transporte coletivo (índice LITA);
- Densidade populacional;

- Densidade residencial;
- Taxa de ocupação na zona de origem da viagem;
- Índice de entropia (diversidade de uso do solo);
- Porcentagem de cruzamento em cruz;
- Densidade de intersecções;
- Índice de conectividade.

É importante ressaltar que as análises das variáveis da forma urbana referem-se às zonas de origem das viagens.

As variáveis situação familiar, motivo da viagem e sexo do viajante foram tratadas como variáveis *dummy*, tendo o valor 1 ou 0 (sim ou não). Por exemplo, se o viajante é chefe de família, recebeu valor 1, se não é chefe de família, recebeu valor 0.

As demais variáveis foram incluídas nos modelos gerados utilizando-se os valores que foram obtidos durante as análises destas variáveis, cada qual segundo o método específico.

As variáveis, qualidade dos espaços para os pedestres (PEF), topografia, e disponibilidade de transporte coletivo (LITA), chegaram a ser tratadas em alguns dos modelos calibrados como uma variável *dummy*, mas os resultados foram piores do que os alcançados utilizando-se os valores das análises.

5.3.2 Conjuntos de escolha

Quanto ao conjunto de escolhas individuais, que correspondem às alternativas disponíveis para os viajantes, foram admitidos os seguintes critérios para determinar as opções de transporte para cada indivíduo:

- O modo a pé foi considerado disponível para todas as viagens com comprimento de até 5km;
- O modo bicicleta foi considerado disponível para as pessoas com idade maior ou igual a 10 anos e menor ou igual a 60 anos;
- O modo ônibus foi considerado disponível para todas as pessoas;

- O modo automóvel e o modo moto, levando em conta que as pessoas podem ser condutores ou passageiros, foram modos também considerados disponíveis para todas as pessoas.

5.4 Resultados Obtidos

Foi calibrado um grande número de modelos diferentes, incluindo diversas combinações de variáveis explicativas e também diferentes agrupamentos dos modos de transporte disponíveis.

Para avaliar a qualidade dos modelos calibrados foi utilizado o parâmetro estatístico ρ^2 (pseudo coeficiente de determinação), que representa o ajuste do modelo. O valor deste parâmetro varia entre 0 e 1, sendo que 0 indica nenhum ajuste e 1 indica um ajuste perfeito. De acordo com Ortuzar e Willumsen (1994) modelos com ρ^2 acima de 0,2 já são aceitáveis e modelos com ρ^2 por volta de 0,4 podem ser considerados muito bons.

Além do ρ^2 , foram analisados também os parâmetros estatísticos referentes aos coeficientes estimados para as variáveis (estatística t). O valor do teste t determina se a variável em questão é significativa para a explicação do modelo. Valores do teste t superiores a 1,96 (em módulo) indicam que a variável é significativa com 95% de confiança (AMÂNCIO, 2005).

Outro aspecto importante a ser analisado nos modelos é o sinal (positivo ou negativo) dos coeficientes das variáveis. Este sinal indica o sentido de variação do valor da utilidade em função da variação no valor da variável e deve ser consistente com a variação teoricamente esperada.

5.4.1 Modelos que consideram apenas as variáveis sócio-econômicas e as características da viagem (distância, tempo e motivo)

Os modelos foram calibrados inicialmente, levando-se em consideração apenas as variáveis sócio-econômicas do viajante, o tempo e a distância de viagem.

Dentre todos os modelos testados, o que apresentou melhor resultado (em termos do ρ^2) é mostrado no Quadro 5.1. Os números entre parênteses indicam o valor do teste t para o coeficiente calibrado.

Para este modelo foram considerados os seguintes modos de transporte:

- Ônibus (incluindo os modos Ônibus, Ônibus escolar e Van);
- Auto (incluindo os modos Auto Motorista e Auto Passageiro);
- A pé;

Os demais modos foram excluídos da modelagem.

Quadro 5.1 – Resultado do modelo calibrado apenas com as variáveis sócio-econômicas e as características da viagem

$U_{ônibus} = 0,326(\text{sexo feminino})$	
(2,56)	
$U_{auto} = -1,46 + 0,780(\text{chefe}) + 0,086(\text{renda}) + 0,379(\text{trabalho})$	
(-8,65) (5,58) (9,20) (2,63)	
$U_{pé} = 6,82 - 2,10(\text{distância})$	
(13,68) (-11,21)	
Número de observações = 1765	$\rho^2 = 0,403$

Com base na literatura e nas hipóteses existentes, observa-se que os resultados deste modelo são plenamente consistentes com comportamento esperado para estas variáveis. Os valores do teste t para os coeficientes indicam que todos são significativos (acima de 1,96 em módulo). O ajuste do modelo, avaliado pelo parâmetro ρ^2 (= 0,403), pode ser considerado muito bom (acima de 0,4).

5.4.2 Modelos que consideram também as variáveis de uso do solo

O segundo conjunto de modelos calibrados levou em consideração, não apenas as características do viajante e da viagem, mas também as variáveis relacionadas ao uso do solo

na zona de origem da viagem. O objetivo foi verificar se a inserção dessas variáveis melhoraria o ajuste do modelo.

Muitos dos resultados obtidos mostraram-se inconsistentes com a teoria e o comportamento esperado das variáveis:

- Quando se incluíram as variáveis relacionadas à forma urbana que, teoricamente, favorecem as caminhadas, dentre as variáveis explicativas da opção pelo modo a pé, os valores dos coeficientes calibrados para estas variáveis foram negativos. Isto significa que, de acordo com o modelo, valores mais altos destas variáveis (melhor qualidade) implicam em menor utilidade para o modo a pé, o que contraria o esperado.
- Quando se incluiu a variável LITA (que indica a disponibilidade do transporte coletivo) dentre as variáveis explicativas para a opção pelo ônibus, o valor do coeficiente calibrado para esta variável foi negativo. Isto significa que, de acordo com o modelo, um valor mais alto do LITA (mais disponibilidade) implica em menor utilidade para o modo ônibus, o que contraria o esperado.
- A inclusão da variável “Topografia” dentre as variáveis explicativas da opção pelo modo a pé, não produziu resultados inconsistentes, mas, também não melhorou o ajuste do modelo, além de não ser significativa (teste $t = 1,03$).

O Quadro 5.2 (Página 94) mostra o melhor resultado obtido (em termos do ρ^2 e consistência dos coeficientes calibrados). Os números entre parênteses indicam o valor do teste t para o coeficiente calibrado.

Os resultados da calibração (Quadro 5.2) mostram que o comportamento das variáveis é muito semelhante ao observado no modelo sem as variáveis de forma urbana.

A inserção da variável “Densidade Populacional”, embora não tenha apresentado resultado inconsistente, não melhorou significativamente o ajuste do modelo, não se justificando, portanto a inclusão dessa variável.

Quadro 5.2 - Resultado do modelo calibrado, incluindo as variáveis de forma urbana

$$U_{\text{ônibus}} = 0,330(\text{sexo feminino})$$

(2,59)

$$U_{\text{auto}} = -1,45 + 0,772(\text{chefe}) + 0,085(\text{renda}) + 0,381(\text{trabalho})$$

(-8,55) (5,53) (9,06) (2,64)

$$U_{\text{pé}} = 4,58 - 2,11(\text{distância}) + 0,381(\text{densidade populacional})$$

(3,85) (-11,15) (2,64)

Número de observações = 1765 $\rho^2 = 0,404$ **5.5 Exemplo de Aplicação do Modelo Calibrado sem as Variáveis da Forma Urbana**

No Quadro 5.3 (Página 95) mostra-se um exemplo da utilização do modelo calibrado para estimar a probabilidade de escolha dos modos de transporte. Verifica-se que, nas condições do exemplo, a viagem provavelmente seria realizada por automóvel (com 64,7% de probabilidade).

A Figura 5.3 mostra a influência do comprimento da viagem na opção pelos modos de transporte, para o mesmo indivíduo considerado no exemplo do Quadro 5.3.

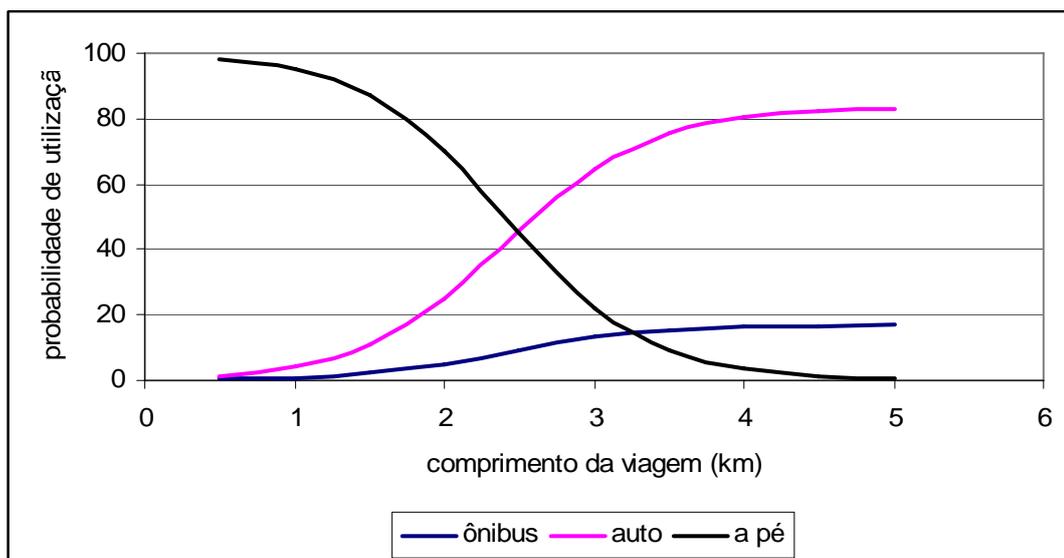


Figura 5.3 – Variação das opções de modo de transporte em função do comprimento da viagem

Quadro 5.3 – Exemplo de utilização do modelo calibrado sem as variáveis da forma urbana

<p>Características do viajante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sexo masculino • Chefe de família • Morador em uma zona de alta renda (22 salários mínimos) <p>Características da viagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprimento: 3 km • Motivo: trabalho <p> $U_{\text{ônibus}} = 0,326 \times 0 = 0$ $U_{\text{auto}} = -1,46 + 0,780 \times 1 + 0,086 \times 22 + 0,379 \times 1 = 1,591$ $U_{\text{pé}} = 6,82 - 2,10 \times 3 = 0,52$ </p> <p> $P_{\text{ônibus}} = \frac{\exp(0)}{\exp(0) + \exp(1,591) + \exp(0,52)} = 0,132$ </p> <p> $P_{\text{auto}} = \frac{\exp(1,591)}{\exp(0) + \exp(1,591) + \exp(0,52)} = 0,647$ </p> <p> $P_{\text{pé}} = \frac{\exp(0,52)}{\exp(0) + \exp(1,591) + \exp(0,52)} = 0,221$ </p>
--

Com base na Figura 5.3, observa-se que, à medida que aumenta o comprimento da viagem, aumenta-se a probabilidade da utilização do automóvel. Para as viagens com menos de 1,0 km, a probabilidade de se escolher o modo a pé é de quase 100%. Já para as viagens com aproximadamente 2,5 km, a probabilidade da escolha pelo modo a pé é a mesma probabilidade da escolha do automóvel. Para as viagens que têm mais de 4,0 km o automóvel já passa a representar mais de 80% de probabilidade de escolha.

A figura mostra ainda que a probabilidade de escolha para o modo ônibus não alcança os 20% para as viagens de até 5,0 km.

5.6 Tópicos Conclusivos

Na busca para se determinar a influência da forma urbana sobre o comportamento de viagens, este estudo utilizou-se do recurso de calibração de modelos de escolha discreta.

Este capítulo teve então o objetivo de apresentar os processos de formulação e calibração dos modelos realizados para este trabalho. Mas inicialmente uma pequena

contextualização teórica, sobre os tipos de modelos de escolha mais utilizados, compôs este capítulo.

O tipo de modelo utilizado neste estudo foi do tipo Logit Multinomial, e foram consideradas variáveis relacionadas às viagens, variáveis sócio-econômicas dos viajantes e variáveis da forma urbana para as zonas analisadas no processo de calibração dos modelos testados.

Como foi dito anteriormente, vários modelos foram calibrados utilizando-se as variáveis explicativas consideradas. Os modos de transporte considerados, também foram testados nos modelos de algumas formas. Por exemplo, foram calibrados modelos considerando os modos ônibus, automóvel, moto, bicicleta e a pé, e modelos considerando apenas os modos ônibus, automóvel e a pé.

Foram calibrados dois tipos de modelos. Um modelo considerando apenas as características das viagens e as variáveis sócio-econômicas, e outro modelo acrescentando além destas, as variáveis da forma urbana.

Dentre os modelos de escolha calibrados utilizando apenas as características das viagens e as variáveis sócio-econômicas, o que apresentou o melhor resultado teve um ajuste de $\rho^2 = 0,403$, o que indica um nível de ajuste muito bom, e todas as variáveis consideradas apresentaram resultado consistente. Com os valores obtidos o resultado para este modelo indica que:

- O fato do viajante ser do sexo feminino apresenta utilidade positiva para o modo ônibus;
- O fato do viajante ser o chefe da família apresenta utilidade positiva para o modo auto;
- Se o motivo da viagem for trabalho a utilidade é também positiva para o modo auto;
- Quanto maior a renda, mais positiva é a utilidade para o modo auto;
- Quanto maior a distância, menor será a utilidade do modo a pé.

Tomando como base este modelo que apresentou o melhor resultado foram então acrescentadas as variáveis da forma urbana.

Embora os modelos contendo as variáveis urbanas tenham apresentado uma significativa melhora no valor do ajuste ρ^2 , os valores da utilidade se apresentaram inconsistente ao que era esperado.

Apenas as variáveis, topografia e densidade populacional, apresentaram resultados consistente com o que era esperado. Mas a variável topografia apresentou um valor muito baixo da estatística t.

Os resultados obtidos para o melhor modelo que inclui as variáveis urbanas, indicaram que:

- Quanto mais irregular for o relevo, menor é a utilidade do modo a pé;
- Quanto maior for a taxa de densidade populacional, mais positiva é a utilidade do modo a pé.

Dessa forma o modelo considerado como o melhor contou apenas com a variável densidade populacional, mas o seu valor de ajuste não teve aumento significativo frente ao modelo que considerava apenas as características das viagens e as variáveis sócio-econômicas.

Com bases nestes resultados, observou-se para este estudo que as variáveis da forma urbana não têm uma influência significativa dentro do processo de escolha do modo de transporte. O que parece ter mais peso para a escolha de qual modo utilizar é a distância da viagem e as características sócio-econômicas do viajante, principalmente a renda.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Frente aos problemas relacionados ao transporte urbano nas cidades, este trabalho teve o objetivo de analisar, se de fato existem relações entre a forma urbana e o comportamento de viagem das pessoas, conforme expõem diversas pesquisas consideradas neste estudo, a fim de que os resultados possam servir de base e incentivo para novos trabalhos na área e também para as políticas de transporte e uso do solo, para que estas caminhem no sentido de criarem melhores condições para o uso dos modos não motorizados e dos modos coletivos.

Para que se pudessem verificar as relações entre os comportamentos de viagens e a forma urbana, foram consideradas neste trabalho seis variáveis urbanas tidas como as que mais poderiam influenciar na escolha pelos modos de transporte não motorizados. As características urbanas consideradas foram: densidade, diversidade de usos do solo, disponibilidade de transporte coletivo, desenho das vias, qualidade dos espaços para os pedestres e topografia.

Estas seis características foram analisadas para seis zonas de tráfego diferentes para a cidade de Uberlândia/MG. A definição das zonas de tráfego que iriam ser analisadas se deram com base no rendimento médio das pessoas responsáveis pelos domicílios, segundo dados do IBGE. Foram selecionadas desta forma, 3 pares de zonas, sendo duas zonas de baixa renda, duas zonas de rendimento médio e duas zonas de renda alta.

O relacionamento entre as características da forma urbana e as viagens foi verificado por meio da utilização de um modelo de escolha discreta. O tipo de modelo utilizado neste estudo foi do tipo Logit Multinomial.

Para se calibrar os modelos foram consideradas então as características das viagens, as características sócio-econômicas dos viajantes e as características da forma urbana para as zonas de tráfego selecionadas.

Foram calibrados inicialmente, modelos que utilizavam apenas as características das viagens e as características sócio-econômicas dos viajantes para explicar o comportamento de viagem das pessoas. O modelo que apresentou o melhor resultado, teve um nível de ajuste da estatística $\rho^2 = 0,403$, que representa um ajuste muito bom, e as variáveis comprimento da viagem e renda, foram as que se apresentaram mais determinantes na escolha por um modo de transporte.

Com base neste modelo considerado com o melhor, foram calibrados posteriormente mais uma série de modelos considerando também as características da forma urbana. Os resultados obtidos com estes modelos não foram considerados satisfatórios, uma vez que os resultados se mostraram inconsistentes com o comportamento que era esperado para as variáveis e com a teoria analisada. O modelo que apresentou o melhor resultado contou apenas com a inserção da variável densidade populacional, que apresentou um resultado consistente e com valor do teste t significativo. Contudo o ajuste do modelo não teve uma melhora significativa que justificasse a utilização desta variável.

Embora as demais variáveis da forma urbana tenham apresentado um resultado inconsistente, é importante lembrar que estes resultados foram condizentes com as conclusões resultantes das análises exploratórias entre estas variáveis e as características das viagens, conforme foi exposto no Capítulo 4.

Sendo assim, diante dos resultados dos dois modelos de escolha considerados como os melhores para este trabalho, observa-se que as variáveis da forma urbana não têm influência significativa no processo de escolha do modo de transporte a ser utilizado. A distância a ser percorrida na viagem e as características sócio-econômicas, principalmente a renda, são fatores que têm maior influência sobre o modo a ser utilizado.

Diante dos resultados alcançados neste estudo, algumas sugestões podem ser feitas com relação a trabalhos futuros que procurem relacionar o comportamento de viagens com a forma urbana:

- Como se verificou que o comprimento da viagem é uma variável importante na opção pelo modo de transporte, sugere-se que sejam analisadas as viagens com origem e destino na mesma zona de tráfego para que se possa avaliar se, para estas viagens mais curtas, as variáveis da forma urbana são relevantes.
- A outra variável que se mostrou relevante na opção pelo modo de transporte foi a renda do indivíduo. Neste trabalho, considerou-se a renda do viajante como sendo a renda média da zona onde ele reside. Esta é uma aproximação que poderia ser melhorada com a obtenção da renda real de cada viajante (embora se reconheça a dificuldade de obtenção dessa informação).
- Na definição dos métodos de análise de cada variável da forma urbana, em muitos casos usar um modelo pronto pode não apresentar resultados satisfatórios, uma vez

que a maioria dos estudos encontrados trabalham cidades norte americanas ou europeias. Então é importante que busque se desenvolver adaptações dos métodos descritos na bibliografia, a fim de que estas metodologias possam modelar melhor a realidade das cidades brasileiras.

- Segmentar as viagens a serem analisadas usando o motivo, pode ser uma boa opção, a fim de verificar se a forma urbana influi sobre o comportamento de viagens que tenham um objetivo específico.

A principal dificuldade enfrentada para realização deste estudo foi a fase de obtenção de dados. Esta dificuldade se deu, pois algumas informações são realmente difíceis de serem obtidas junto aos órgãos responsáveis, como foi o caso das informações de uso do solo, e outras simplesmente não existem agregadas no nível utilizado no estudo, havendo a necessidade de serem estimadas, como foi o caso do número de empregos por zonas de análises feita por Lemes (2005).

Contudo, diante das dificuldades encontradas no desenvolvimento desta pesquisa e nos resultados apresentados na mesma, podemos concluir que o relacionamento entre forma urbana e comportamento de viagens é uma relação bastante complexa, que deve ser analisada de diferentes formas e sobre diferentes ângulos na busca por um melhor entendimento sobre esta questão.

Sendo assim, conforme já foi dito inicialmente, espera-se que este trabalho, com base nos resultados e nos conhecimentos propiciados sobre o assunto, possa servir de referência para outros trabalhos e que possa ser útil para as administrações públicas no sentido de buscar maneiras para melhorar o uso dos modos de transporte sustentáveis na cidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR - 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004. 97 p.

AMÂNCIO, M. A. **Relacionamento entre a Forma Urbana e as Viagens a Pé.** 2005. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

AMÂNCIO, M. A.; SANCHES, S. P. Relacionamento Entre a Forma Urbana e as Viagens a Pé. In: **XIX ANPET – Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, v. 1, 2005, Recife. Anais do XIX ANPET – Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Recife: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2005. p. 1131-1141.

ANDERSON, W. P.; KANAROGLOU, P. S.; MILLER, E. J. Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy. **Urban Studies**, v. 33, n. 1, p. 7-35, 1996.

ARCA Y, A. O.; BENÍTEZ, F. G. **Modelos Logit Mixto para la Elección Modal. Posibilidades y precauciones.** Disponível em: <http://caminos.udc.es/grupos/ferroca/orro/documentos/DTGTF_02_04_orro_g_benitez_ML_PP_2004.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2008.

ARRUDA, F. S. **Integração dos Modos Não-Motorizados nos Modelos de Planejamento dos Transportes.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

ARRUDA, F. S.; SANCHES, S. P. O Uso de Modelos de Escolha Discreta para Estimativa da Demanda de Viagens não Motorizadas. In: ANPET. **Panorama nacional da Pesquisa e Ensino em Transportes**, 2000.

BARBUGLI, M. T. S. **Forma Urbana e Transporte Sustentável:** Relacionamento entre as Características Físicas da Forma Urbana e as Viagens Realizadas a Pé em Cidades Brasileiras de Porte Médio. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

BHAT, C. R.; GOSSEN, R. A Mixed Multinomial Logit Model Analysis of Weekend Recreational Episode Type Choice. In: ANNUAL MEETING, **Transportation Research Board**. 1 CD-ROM, 2003

BIERLAIRE, M. Discrete Choice Models. In: LABBÉ, M.; LAPORTE, G.; TANCZONS, K.; TOINT, Ph. (Ed). **Operations Research and Decision aid Methodologies in Traffic and Transportation Management**. Hangary: Springer, 1998. p. 203-227. (NATO NASI Series; Computer and System Science, v. 166). Disponível em: <<http://web.mit.edu/mbi/www/michel.html>>. Acesso em: 14 mai. 2008.

BIERLAIRE, M. **Estimation of Discrete Choice Models with BIOGEME1.6**, biogeme.ep.ch, 2008.

BOARNET, M.; CRANE, R. The Influence of Land Use on Travel Behavior: Specification and Estimation Strategies. **Transportation Research Part A**, v.35, n. 9, p.823-845, 2001.

BOARNET, M. G.; NESAMANI, K, S.; SMITH, S. **Comparing the Influence of Land Use on Nonwork Trip Generation and Vehicle Distance Traveled: An Analysis using Travel Diary Data**. Institute of Transportation Studies, University of Califórnia, Irvine, p. 1-13. 2003.

BOARNET, M. G.; SARMIENTO, S. **Can Land Use Policy Really Affect Travel Behavior?** A Study of the Link Between Non-Work Travel and Land Use Characteristics. December 1, 1996, *Center for Activity Systems Analysis*. Paper UCI-ITS-AS-WP-96-5. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/itsirvine/casa/UCI-ITS-AS-WP-96-5>>. Acesso em: 06 mai. 2008.

BOARNET, M. G.; SARMIENTO, S. Can Land Use Policy Really Affect Travel Behavior? **Urban Studies**, v. 35, n. 7, p. 1155-1169, 1998.

BOURNE, L. S. Urban Spatial Structure: An Introductory Essay on Concepts and Criteria. In: BOURNE, L. S. (Ed.). **Internal Structure of the City**. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 1982.

BROWNSTONE, D. Discrete Choice Modeling for Transportation. In: HENSHER, D. (Ed.). **Travel Behaviour Research: The Leading Edge**. Amsterdam: Pergamon, p. 97-124, 2001.

BULIUNG, R. N.; KANAROGLOU, P. S. Urban Form and Household Activity-Travel Behavior. **Growth and Change**, v. 37, n. 2, p. 172-199, 2006.

CERVERO, R. Built Environments and Mode Choice: Toward a Normative Framework. **Transportation Research Part D**, v. 7, n. 4, p. 265-284, 2002.

CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design. **Transportation Research Part D**, v. 2, n. 3, p. 199-219, 1997.

CRANE, R.; CREPEAU, R. Does Neighborhood Design Influence Travel? A Behavioral Analysis of Travel Diary and GIS Data. **Transportation Research Part D: Transportation and Environment**, v. 3, n. 4, p. 225-238, 1998.

CIDADES EM MOVIMENTO: Estratégias de Transporte Urbano do Banco Mundial
Tradução: Eduardo de Farias Lima. São Paulo: Sumatra Editorial, 2003. 255 p.

CUNHA, C. A. da. **Relações entre as características de linhas de transporte coletivo urbano e de áreas urbanas**. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

DEKA, D. Transit Availability and Automobile Ownership: Some Policy Implications. **Journal of Planning Education and Research**, v. 21, n. 3 p. 285-300, 2002.

DIELEMAN, F.M.; DIJST, M.; BURGHOUWT, G. Urban Form and Travel Behaviour: Micro-Level Household Attributes and Residential Context. **Urban Studies**, v. 39, n. 3, p. 507-527, 2002.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Synthesis. **Transportation Research Record**, v. 1780, p. 87-114, 2001.

FRANK, L. D. **An Analysis of Relationships Between Urban Form (Density, Mix, and Jobs: Housing Balance) and Travel Behavior (Mode Choice, Trip Generation, Trip Length, and Travel Time)**. Washington: Washington State Transportation Center, 1994. Final Technical Report.

FRANK, L. D.; PIVO, G. Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking. **Transportation Research Record**, v. 1466, p. 44-52, 1994.

FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. P. Índice de Qualidade das Calçada – IQC. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 91, n. 23, São Paulo, p. 47-60, 2001.

GENT, C.; SYMONDS, G. **Advances in Public Transport Accessibility Assessments for Development Control: A Proposed Methodology**. 2005. Disponível em <www.capitasymonds.co.uk/uploaded_files/documents/56_1083_D1JPTRCpaper.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2007.

HANDY, Susan L. Urban Form and Pedestrian Choices: Study of Austin Neighborhoods. **Transportation Research Record**, v. 1552, p. 135-144, 1996a.

HANDY, S. Understanding the Link Between Urban Form and Nonwork Travel Behavior. **Journal of Planning Education and Research**, v. 15, n. 3, p. 183-198, 1996b.

HANSON, S. Getting There Urban Transportation in Context. In: HANSON, S. (Ed.). **The Geography of Urban Transportation**. New York: The Guilford, p. 3-25, 1995.

HENK, R.; HUBBARD, S. Developing an Index of Transit Service Availability. **Transportation Research Record**, v. 1521, p. 12-19, 1996.

HOLTZCLAW, J. **Using Residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs**. Natural Resources Defense Council, San Francisco, 1994. Disponível em: <<http://www.smartgrowth.org/library/articles.asp?art=190>>. Acesso em: 25 set. 2007.

JONES, E. Liveable Neighbourhoods World. **Transport Policy & Practice**, v. 7, n. 2, p. 38-43, 2001.

KENWORTHY, J.R.; LAUBE, F.B. Patterns of Automobile Dependence in Cities: An International Overview of Key Physical and Economic Dimensions with Some Implications for Urban Policy. **Transportation Research A**, v. 33, n. 7-8, p. 691-723, 1999.

KENWORTHY, J.R. et al. **An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990**. University Press of Colorado, Boulder, CO, 1999.

KITAMURA, R.; MOKHTARIAN, P.; DAIDET, L. A Micro-Analysis of Land Use and Travel in Live Neighborhoods in the San Francisco Bay Area. **Transportation**, v. 24, n. 2, p. 125-158, 1997.

KROES, E. P.; SHELDON, R. J. Stated Preference Methods: An Introduction. **Journal of Transport Economics and Policy**, England: Pergamon, v. 22, n. 1, p. 11-25, Jan. 1988.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. 3. ed. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

LEMES, D. C. S. S. **Geração e Análise do Cenário Futuro como um Instrumento do Planejamento Urbano e de Transportes**. 2006, 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

McMILLAN, T. E. The Relative Influence of Urban Form on a Child's Travel Mode to School. **Transportation Research Part A**, v. 41, n. 1, 2007.

McNALLY, M. G.; KULKARNI, A. **An Assessment of the Interaction of the Land Use-Transportation System and Travel Behavior**. Irvine: Institute of Transportation Studies, University of California, 1996.

MILLER, E. J.; IBRAHIM, A. Urban Form and Vehicular Travel: Some Empirical Findings. **Transportation Research Record**, v. 1617, p. 18-27, 1998.

MOUDON, A. V. et al. Effects of Site Design on Pedestrian Travel in Mixed-Use, Medium-Density Environments. **Transportation Research Record**, v. 1578, p. 48-55, 1997.

MULLER, P. O. Transportation and Urban Form: Stages in the Spatial Evolution of American Metropolis. In: HASON, Susan (Ed.). **The Geography of Urban Transportation**. New York: The Guilford, p. 26-52, 1995.

NAESS, P.; ROE, P. G.; LARSEN, S. Travelling Distances, Modal Split and Transportation Energy in Thirty Residential Areas in Oslo. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 38, n. 3, p.349-370, 1995.

NETO, P. B. C.; FARIA, C. A. Estudo do Comportamento de Escolha Modal. **Revista Horizonte Científico**, n. 1, 2002. Disponível em:
<<http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/>>. Acesso em: 14 mai. 2008.

NEWNAN, P.W.G.; KENWORTHY, J.R. Gasoline Consumption and Cities. A Comparison of US Cities in a Global Survey. **Journal of the American Planning Association**, v. 55, n. 1, p. 24-37, 1989.

ORTUZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport**. London: John Wiley and Sons, 1994.

RAJAMANI, J. et al. **Assessing the Impact of Urban Form Measures in Nonwork Trip Mode Choice After Controlling for Demographic and Level-of-Service Effects**. TRB, Annual Meeting CD-ROM, 2003. Disponível em: <<http://www.its.berkeley.edu/itsreview/ITSReviewonline/spring2003/trb2003/handy-assessing.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2008.

RODRIGUEZ, D.; YOUNG, H.; SCHNEIDER, R. **An Easy to Compute Index for Identifying Built Environment that Support Walking**. TRB Meeting CD-ROM , 2006. Disponível em: <<http://web.utk.edu/~tnmug08/TRB/ped.pdf>>. Acesso em 18 jan. 2008.

ROOD, T. **The Local Index of Transit Availability: An Implementation Manual**. 1998. Disponível em: <http://www.Igc.org/freepub/land_use/lita/lita_manual.html>. Acesso em: 14 fev. 2007.

SCHWANEN, Tim. Urban Form and Commuting Behaviour: A Cross-European Perspective. **Tijdschrift voor Economische em Sociale Geografie**, v. 93, n. 3, p. 336-343, 2002.

SCHWARZE, B. **Measuring Local Accessibility by Public Transport**. CUPUM05 CD-ROM, 2005.

SHELDON, R. **Stated Preference: Design Issues**, PTRC: Course: Introduction to Stated Preference Techniques, 1991.

SHRIVER, K. Influence of Environmental Design on Pedestrian Travel Behavior in Four Austin Neighborhoods. **Transportation Research Record**, v. 1578, p. 64 – 75, 1997.

SNELLEN, D.; BORGERS, A.; TIMMERMANS, H. Urban Form, Road Network Type, and Mode Choice for Frequently Conducted Activities: A Multilevel Analysis Using Quasi-Experimental Design Data. **Environment and Planning A**, v. 34, p. 1207-1220, 2002.

SOUZA, O. A. **Delineamento Experimental em Ensaios Fatoriais Utilizados em Preferência Declarada**. 1999, 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses99/osmar/>>. Acesso em: 14 mai. 2008.

SPENCE, N.; FROST, M. Work Travel Responses to Changing Workplaces and Changing Residences. In: BROTHIE, J. et al. (Ed.). **Cities in Competition: The Emergence of Productive and Sustainable for the 21st Century**. Melbourne: Longman Austrália, p. 359-381, 1995.

SOLTANI, A.; ALLAN, A. **A Computer Methodology for Evaluating Urban Areas for Walking, Cycling and Transit Suitability: Four Case Studies from Suburban Adelaide, Australia**. CUPUM 05, London paper 272, 2005.

STEAD, D.; MARSHALL, S. The Relationships between Urban Form and Travel Patterns: An International Review and Evaluation. **EJTIR**, v. 1, n. 2, p. 113-141, 2001.

SUN, X.; WILMOT, C. G.; KASTURI, T. Household Travel, Household Characteristics, and Land Use: An Empirical Study from the 1994 Portland Activity-Based Travel Survey. **Transportation Research Record**, v. 1617, p. 10-17, 1998.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **TCRP REPORT 100: Transit Capacity and Quality of Service Manual**. Washington D.C., 2nd Edition, 2003.

van de COEVERING, P.; SCHWANEN, T. Re-Evaluating the Impact of Urban Form on Travel Patterns in Europe and North-America. **Transport Policy**, v. 13, n. 3, p. 229-239, 2006.

VAN DIEPEN, A. M. L.; VOOGD, H. Sustainability and Planning: Does Urban Form Matter? **International Journal of Sustainable Development**, v. 4, n. 1, p. 59-74, 2001.

WRIGHT, C. L. **O que é Transporte Urbano**. São Paulo: Brasiliense, 1988.

WU, B.; HINE, J. A PTAL Approach to Measuring Changes in Bus Service Accessibility. **Transport Policy**, v. 10, n. 4, p.307-320, 2003.

1000 FRIENDS OF OREGON. **Making the Land Use Transportation Air Quality Connection:** The Pedestrian Environment. v. 4A, Portland: Parsons Brinckerhoff Quade and Douglas, Inc. with Cambridge Systematics, Inc. and Calthorpe Associates, 1993.

APÊNDICES

APÊNDICE 01 – CARACTERIZAÇÃO DA CIDADE DE UBERLÂNDIA E DAS ZONAS DE ANÁLISE

Este capítulo refere-se à caracterização da área de estudo. Aqui é feita uma breve descrição da cidade de Uberlândia e posteriormente uma descrição das 6 zonas de análises trabalhadas no estudo.

Descrição da cidade de Uberlândia

O município de Uberlândia fica localizado a oeste no Estado de Minas Gerais, na região conhecida como Triângulo Mineiro. É uma importante cidade, tanto dentro do Estado de Minas Gerais, como também em todo território nacional, dispendo de uma localização privilegiada, estando entre a maior cidade do país (São Paulo) e a capital federal (Brasília), conforme mostra a Figura A1.1, além de estar ainda a menos de 600 km de distância de Belo Horizonte e Goiânia, que são outros importantes centros urbanos nacionais.

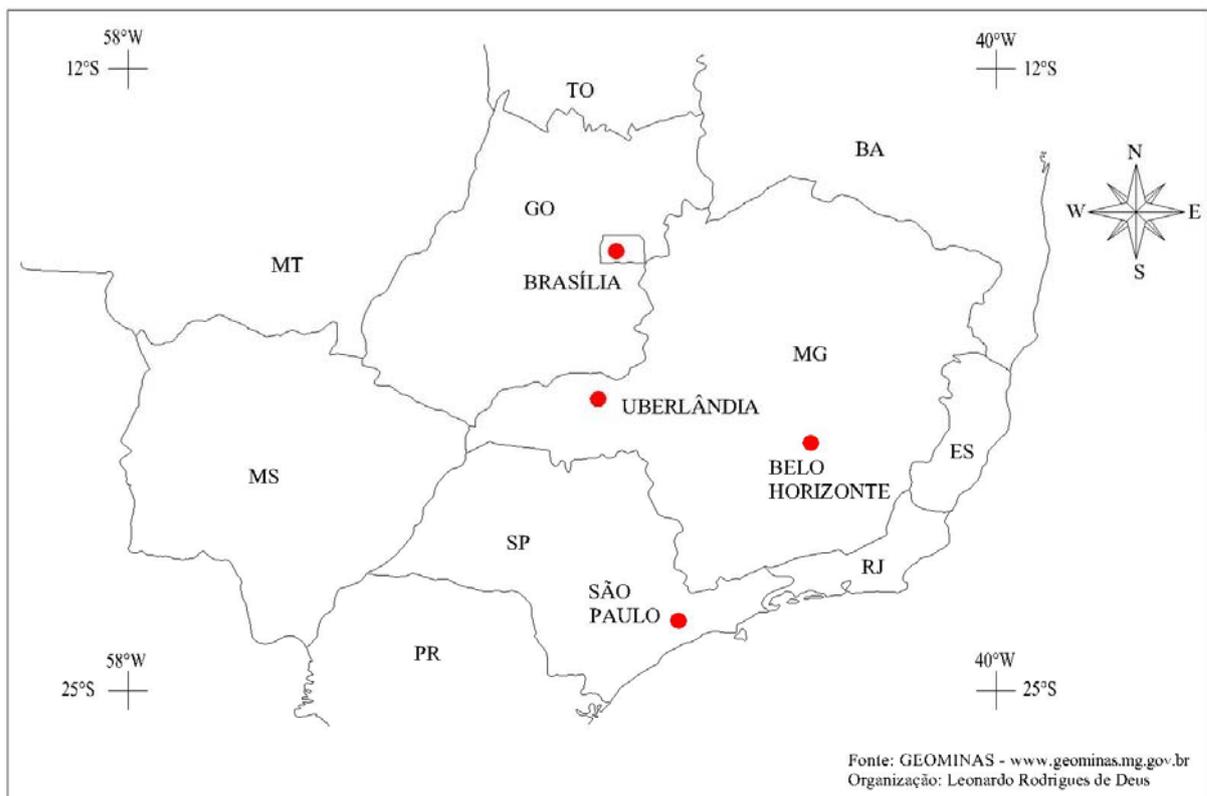


Figura A1.1: Localização geográfica de Uberlândia

Uberlândia é uma cidade pólo dentro da região que está inserida, pois ela exerce forte influência, tanto nas cidades que estão ao seu entorno, como em outras regiões do estado, como a região do Alto Paranaíba, e também sobre o centro-oeste brasileiro, principalmente sobre a região sul do estado de Goiás. O que caracteriza Uberlândia como uma cidade pólo são os níveis de serviços que a ela oferece, destacando os serviços de saúde e educação que atraem vários moradores vizinhos, e também uma maior oferta de empregos.

Quanto à economia da cidade, esta se baseia em atividades industriais, principalmente na agroindústria, no setor agropecuário, que crescimento de maneira acelerada com o desenvolvimento de monoculturas, e no setor do comércio atacadista, principalmente devido aos grandes atacadistas instalados na cidade, como Martins, Arcom, Peixoto, União e Aliança.

De acordo com a contagem da população do IBGE para o ano de 2007, o município de Uberlândia tem hoje mais de 608 mil habitantes, dos quais a grande maioria vive no centro urbano, e esta população continua crescendo a cada ano, à medida que novos investimentos são feitos na cidade. Recentemente foi anunciado a construção de um novo shopping center de grande escala na cidade, que será localizado na sul e também aconteceu o anúncio do governo do estado de que Uberlândia será um entreposto da Zona Franca de Manaus.

Quanto à questão dos transportes, Uberlândia tem hoje a segunda maior frota de veículos do estado, com mais de 210 mil veículos automotores, entre automóveis, caminhões, caminhonetes, ônibus e motocicletas, de acordo com dados do IBGE. O sistema de transporte coletivo urbano, que é exemplo para outras cidades, é integrado, por meio de 5 terminais de passageiros, e todos os veículos que circulam na cidade são monitorados por GPS. O sistema já conta hoje com um corredor estrutural exclusivo para o transporte coletivo, e novos corredores, além de novos terminais, já estão previstos para os próximos anos.

Outro aspecto importante em Uberlândia é quanto à acessibilidade. De acordo com a Cartilha de Acessibilidade, lançada em fevereiro de 2008, Uberlândia esta entre as cidades de porte médio do país com o maior índice de acessibilidade. A cidade dispõe de transporte acessível por ônibus e vans, e têm escolas, unidades de atendimento, além do corredor estrutural de transportes da Avenida João Naves de Ávila de fácil acessibilidade aos portadores de necessidades especiais.

Descrição das Zonas de Análises

ZONA 05 – Bairro Fundinho e Bairro Tabajaras

A Zona 05 é formada pelos bairros Fundinho e Tabajaras, que se encontram localizados na região central da cidade. A Figura A1.2 (página 123), assim como no Capítulo 4, mostra a imagem de satélite desta região.

Esta zona se caracteriza por ser o centro histórico da cidade de Uberlândia, possuindo assim várias construções antigas, sendo muitas delas tombadas como patrimônio histórico.

Segundo a lei de uso e ocupação do solo da cidade de Uberlândia, na Zona 05 se encontram duas classificações de zoneamento urbano. O bairro Tabajaras se enquadra na classificação de Zona Central 2, enquanto que o bairro Fundinho é classificado como Zona Especial de Revitalização, como pode ser observado na Figura A1.3 (página 124).

O artigo 51 da lei de zoneamento urbano considera como Zona Central 2 (ZC2), a região que circunda a Zona Central 1 (ZC1), possuindo a mesma tipologia de usos permitidos na ZC1, ou seja, predomínio de atividades de comércio, serviços, com expressiva densidade habitacional e diversos equipamentos sociais e comunitários, porém com potencial construtivo menor que a ZC1 e a Zona Estrutural.

Quanto à Zona Especial de Revitalização, o artigo 53 da mesma lei de zoneamento, considera esta como sendo a região demarcada pelo bairro Fundinho, e coloca que nesta zona serão incentivados o uso habitacional, de comércio e serviços que promovam o encontro do cidadão.

Por ser uma região que se encontra às margens do Rio Uberabinha, o maior rio que corta a cidade, esta região apresenta um relevo bastante disforme, com áreas planas e áreas muito íngremes.

Esta zona é que tem o maior número de construções verticalizadas. A Figura A1.4 mostra o número de domicílios segundo o tipo nesta zona de análise, com base nos dados do Censo do IBGE de 2000, e as porcentagens de cada tipo de domicílio.

Quanto ao rendimento dos responsáveis por domicílios na Zona 05, a Figura A1.5 mostram que o maior número dessas pessoas, chegando a 26% dos responsáveis, possuem renda acima de 20 salários mínimos, ressaltando que esta é uma zona ocupada predominante por pessoas de classe alta.

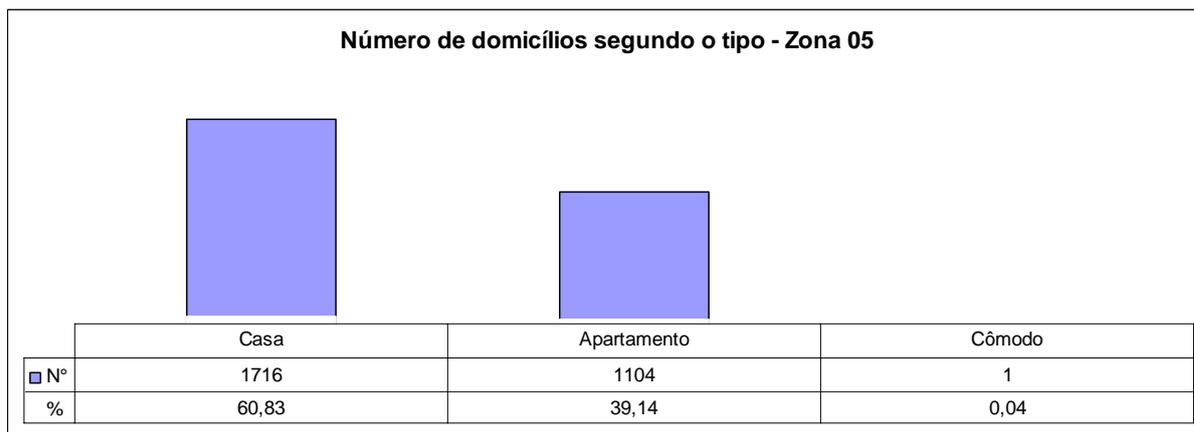


Figura A1.4: Distribuição dos domicílios na Zona 05 segundo o tipo.

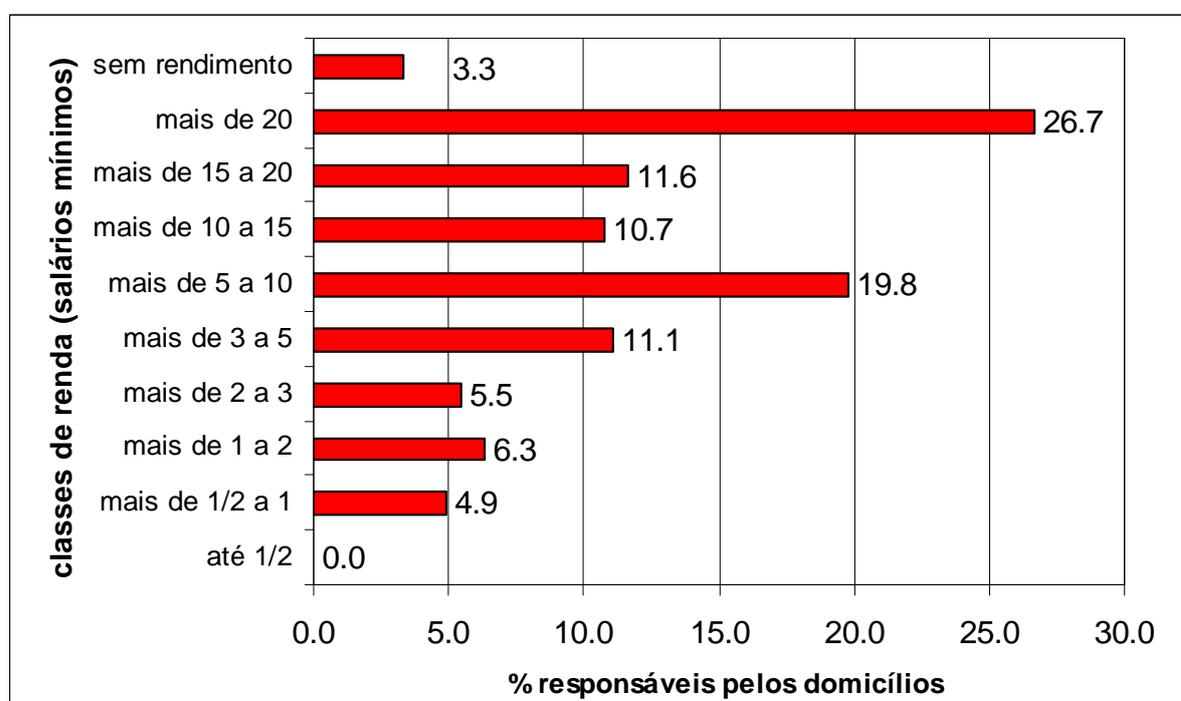


Figura A1.5: Número de responsáveis na Zona 05 segundo o rendimento nominal.

Nesta região se apresenta uso do solo aparentemente bem diversificado entre os usos residencial e comercial. Encontra-se nesta região, principalmente no bairro Fundinho, instituições de ensino, lojas de moda e restaurantes.

Por estar localizada em uma região central, apresenta um tráfego intenso de veículos automotores e principalmente de veículos do transporte coletivo, que se dirigem para o terminal central de passageiros. O traçado viário não obedece a um padrão específico.

ZONA 09 – Bairro Brasil

A Zona 09 corresponde ao bairro Brasil, localizado também no setor central da cidade. A Figura A1.6 (página 125) também mostra a imagem de satélite do bairro que representa a Zona 09.

Esta zona é caracterizada por apresentar seu desenho urbano no modelo de grelha, sendo cortada por algumas das principais vias estruturais da cidade, apresentando um uso comercial bem difundido e predominante ao longo destas vias. O tráfego de veículos na vias estruturais é intenso, assim como a circulação de veículos do transporte coletivo.

Coma base na lei de uso e ocupação do solo o bairro Brasil é marcado por ter um zoneamento urbano bastante diversificado, uma vez que compõem o seu zoneamento a Zona Central 2, a Zona Estrutural, a Zona de Serviços, a Zona de Transição e a ainda um treco de Setor de Vias Artérias.

O artigo 52 da lei de uso e ocupação do solo considera Zona Estrutural (ZE), a região lindeira às vias estruturais e que funciona como um prolongamento do centro, definindo um crescimento linear para a cidade ao longo dos eixos de estruturação urbana definidos pelo Plano Diretor. A infra-estrutura e os serviços que se concentram nos eixos de estruturação serão aproveitados para a criação de uma região de densidade alta, sendo apenas menor que a densidade da Zona Central 1.

Já o artigo 57 considera Zona de Serviços (ZS), os lotes e as áreas lindeiras ao anel viário, as áreas lindeiras às rodovias e às vias rápidas urbanas, com exceção à avenida Rondon Pacheco, adequadas às atividades comerciais e de serviços. Nesta área a habitação é proibida e os equipamentos sociais e comunitários são restritos.

A Zona 09 a nordeste é delimitada pelas rodovias BR-050 e BR-356 e por esse motivo uma pequena parcela de sua área se enquadra como Zona de Serviço.

A Zona de Transição é considerada pela mesma lei, como as áreas no entorno das Zonas de Serviços e devem funcionar como uma zona intermediária entre a zona de serviços e a zona residencial.

Quando se considera a renda dos responsáveis pelos domicílios, nota-se, com base na Figura A1.7, que a classe de renda predominante é a classe média, sendo que a faixa de renda predominante é faixa dos que recebem de 5 a 10 salários mínimos.

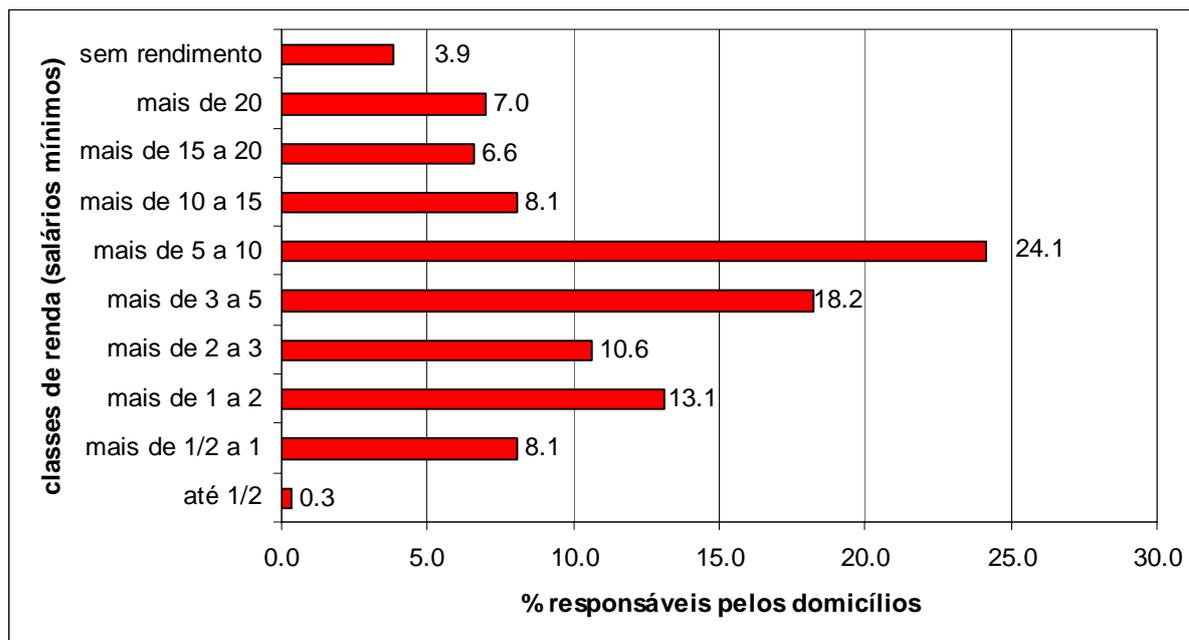


Figura A1.7: Rendimento nominal das pessoas responsáveis pelos domicílios na Zona 09.

ZONA 17 – Bairro Jardim Karaíba

A Zona 17 corresponde ao Bairro Jardim Karaíba, localizado no setor sul da cidade. Setor este é que o que mais cresce em Uberlândia hoje, principalmente devido aos bairros de baixa renda localizados na periferia. A Figura A1.8 (página 126) mostra mais uma vez a imagem de satélite do bairro Jardim Karaíba.

A lei de uso e ocupação do solo classifica o Bairro Jardim Karaíba como sendo uma Zona Residencial 1 e que faz limite com um trecho de Zona de Preservação Total e que é cortado por dois trechos de Setor de Vias Artérias.

A Zona de Preservação Total (ZPT), segundo o Artigo 54, é formado por regiões de fundos de vale, praças, parques, bosques e outras áreas similares de interesse público, de preservação obrigatória. E a Zona Residencial 1 (ZR1), é caracterizada pelo Artigo 60, como sendo a região sul da cidade, a qual deve acomodar a função habitacional de forma mais restrita e de menor densidade que as demais.

A Zona 17 apresenta um traçado viário caracterizado por cruzamento em T, e quanto aos lotes estes apresentam grandes áreas e são muitos construídos em padrão de filme americano, onde não existem muros separando as construções.

O bairro Jardim Karaíba se caracteriza por ser um bairro que possuiu uma baixa densidade populacional, sendo formado por pessoas que dispõe de condições financeiras bastante favoráveis, conforme se observa pela Figura A1.9 , o que lhe confere o título de ser um bairro de ricos.

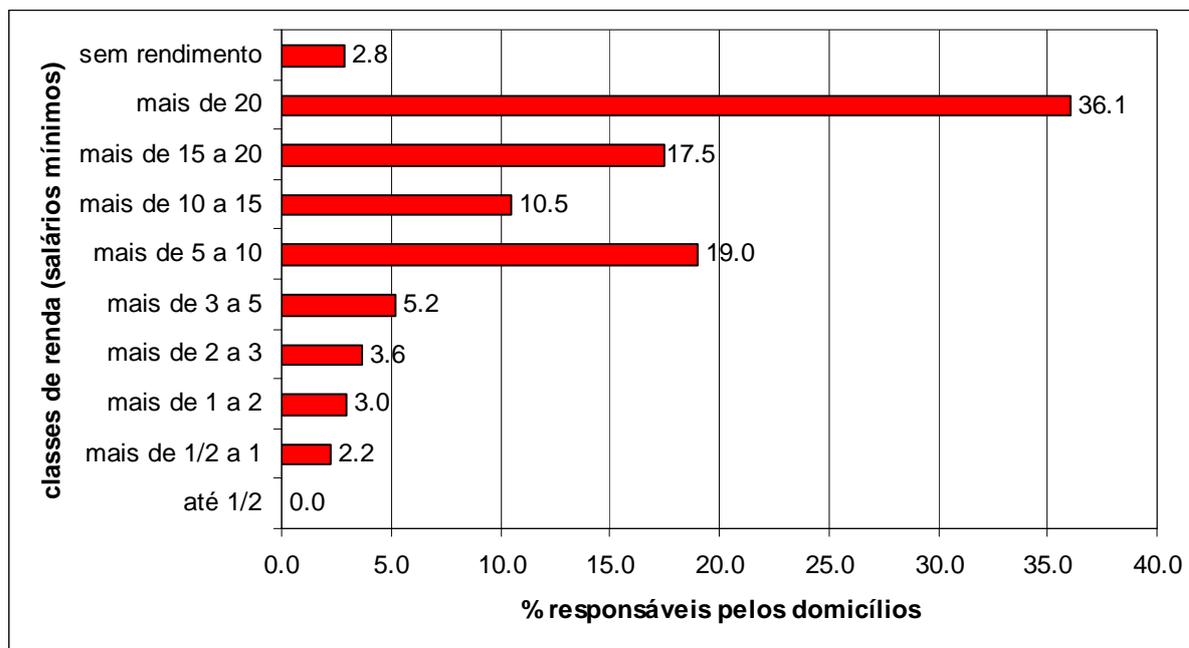


Figura A1.9: Rendimento nominal das pessoas responsáveis pelos domicílios na Zona 17

ZONA 31 – Bairro Luizote de Freitas e Bairro Mansour

A Zona 31 é composta pelos Bairros Luizote de Freitas e Mansour e se localiza na região oeste da cidade. A Figura A1.10 (página 127) mostra a imagem de satélite dos bairros que formam a Zona 31.

A lei de uso e ocupação do solo classifica a Zona 31 como sendo predominantemente uma Zona Residencial 2. Mas observa-se pela Figura A1.3 que encontra-se em seu interior e no limite leste faixas de Zona de Preservação total, no limite oeste existe uma faixa de Zona de Serviços, que corresponde à margem do anel viário que circunda a cidade, e ao sul observa-se um trecho de Zona Estrutural acompanhando a via estrutural encontrada nessa região. Latitudinalmente existe ao longo da zona uma faixa de Setor de Vias Arteriais e ainda se encontra um pequeno trecho que corresponde ao Setor de Vias Coletoras.

O Artigo 61 da lei de zoneamento urbano considera como Zona Residencial 2 (ZR2), a região da cidade que acomodará a função habitacional de forma menos restrita e permitirá qualquer atividade compatível com esse uso.

Quanto ao Setor de Vias Coletoras (SVC), o artigo 59 coloca que esta é composta pelos lotes lindeiros às vias coletoras e os lotes lindeiros às vias com seção transversal igual ou superior a 23 (vinte e três) metros e que possa desempenhar a função de via coletora.

Os bairros que compõem a Zona 31 são ocupados principalmente por pessoas de classe baixa, conforme se observa pela Figura A1.11, que mostram que o maior número de pessoas desta zona (25% dos habitantes), recebem de 1 a 2 salários mínimos e apenas 20% dos habitantes têm renda superior a 5 salários mínimos.

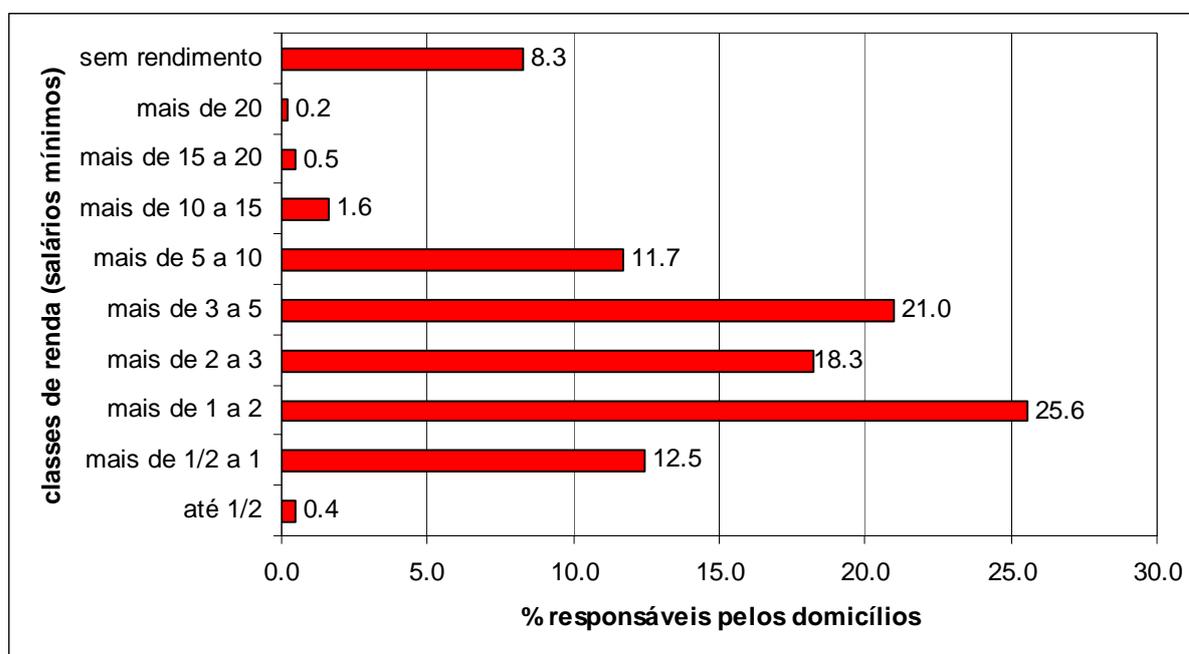


Figura A1.11: Rendimento Nominal das pessoas responsáveis pelos domicílios na Zona 31.

Essa região é marcada por uma característica de bairro operário, uma vez que existem vários conjuntos de casas que são exatamente iguais, assim como acontece em vilas operárias. E quanto ao traçado viário, este é um pouco confuso, sem obedecer a um padrão específico. As vias são na sua maioria, excetuando-se as principais avenidas, bastante estreitas, o que dificulta a circulação dos veículos do transporte coletivo no interior dos bairros. O recuo frontal dos lotes é pequeno, gerando calçadas também muito estreitas que não favorecem a circulação de pedestres.

A Zona 31 é uma região muito populosa, sendo o bairro Luizote um dos mais populosos da cidade, chegando a sua população a ser maior que várias pequenas cidades próximas a Uberlândia. Por ser uma região muito ocupada, cada vez mais os serviços oferecidos têm aumentado o que propicia aos moradores dessa região resolverem seus problemas sem a necessidade de irem até o centro da cidade.

ZONA 37 – Bairro Presidente Roosevelt

O bairro que corresponde à Zona 37 é o Bairro Presidente Roosevelt, localizado na região norte da cidade, mas estando a poucos minutos do centro. A Figura A1.12 (página 128) ilustra mais uma vez a imagem de satélite desta região.

Assim como a Zona 31, a Zona 37 é predominantemente uma Zona Residencial 2, de acordo com a lei de uso e ocupação do solo, sendo que em seus limites encontra-se um pequeno trecho de Zona Estrutural a nordeste, e ao sul, onde o bairro faz limite com a BR-365 encontra-se um longo trecho de Zona de Transição. Observa-se ainda um pequeno trecho da Zona de Preservação Total, além de Setor de Vias Arteriais ao longo das vias arteriais que cortam o bairro e Setor de Vias Coletoras no interior do bairro.

A Figura A1.13 mostram que o bairro Roosevelt se caracteriza por ser um bairro de pessoas de classe média a baixa, com 38% da população recebendo de 3 a 10 salários mínimos e mais 33% da população recebendo de 1 a 3 salários. Mas é possível observar nessa zona, uma segregação entre ricos e pobres, uma vez que em algumas quadras observa-se pelo padrão das construções um aglomerado de pessoas com uma melhor renda, assim como em muitas outras quadras os padrões indicam a existência de famílias de menor renda.

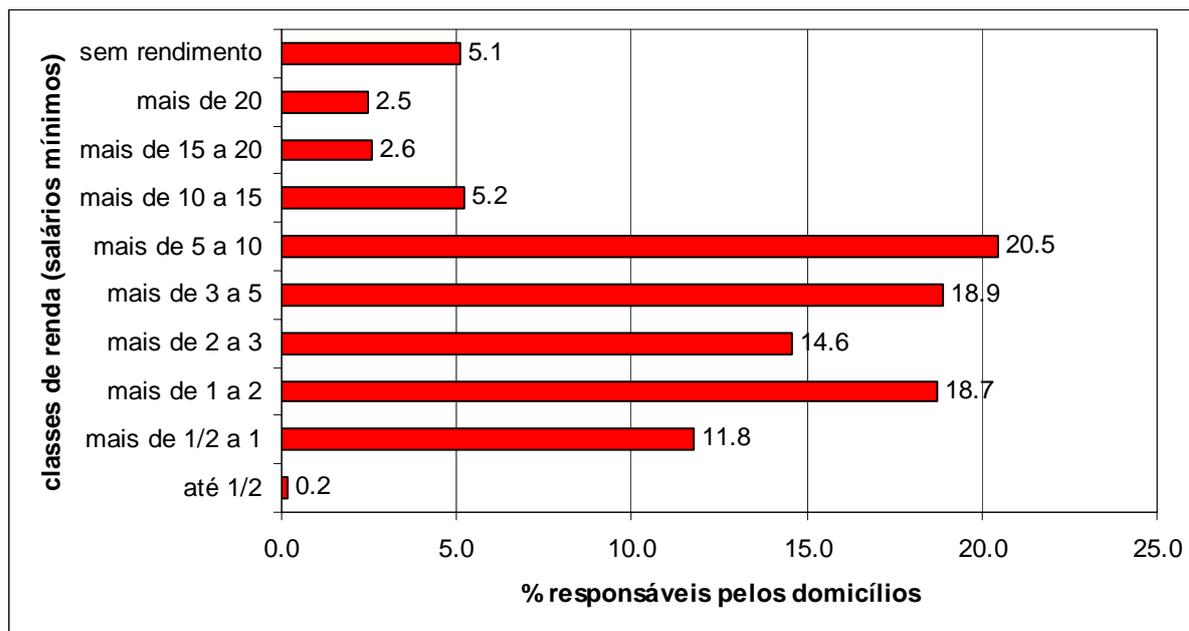


Figura A1.13: Rendimento nominal das pessoas responsáveis pelos domicílios na Zona 37.

ZONA 45 – Bairro Alvorada e Bairro Morumbi

A Zona 45 é composta pelos Bairros Alvorada e Morumbi, localizados no setor leste da cidade, bastante afastado do centro da cidade, isolados ainda por um grande vazio urbano. A Figura A1.14 (página 129) mostra a imagem de satélite dos bairros Alvorada e Morumbi.

Como pode se observar no mapa de zoneamento urbano da cidade (Figura A1.3), a Zona 45 é zoneada como uma Zona Residencial 2, com vários trechos no interior dos bairros que se enquadram em Setor de Vias Coletoras, além de nas bordas da zona delimitadas por rodovias serem faixas de Zona de Serviços.

De todas as zonas de análise trabalhadas neste estudo, a Zona 45 é que possui população de renda mais baixa, conforme pode ser comprovado pela Figura A1.15, que mostram que o maior número de responsáveis pelos domicílios (1285 pessoas) recebem de 1 a 2 salários mínimos, e que mais de 62% dos responsáveis recebem no máximo 3 salários mínimos.

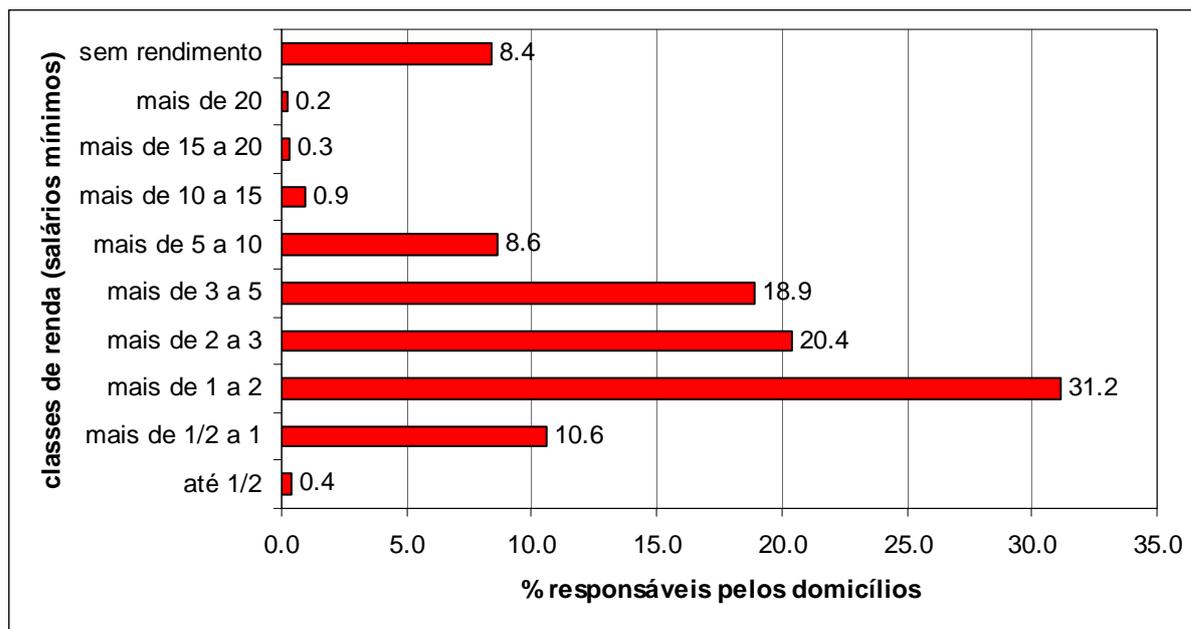


Figura A1.15: Rendimento nominal dos responsáveis pelos domicílios na Zona 45.

É possível notar na Zona 45 ainda, a ausência de infra-estrutura urbana. Muitas ruas, por exemplo, ainda não possuem asfaltamento e nem outro tipo de calçamento, o que gera muita poeira no período da seca, acarretando muitos problemas respiratórios. O sistema de drenagem também é precário, o que provoca acúmulo de água em várias ruas durante a época de chuvas, uma vez que a região dos bairros Alvorada e Morumbi é muito plana.

APÊNDICE 02 – DIVISÃO DA CIDADE EM SETORES CENSITÁRIOS.

Para o censo do ano 2000, o IBGE dividiu a cidade de Uberlândia em 563 setores censitários, conforme mostra a Figura A2.1 (página 130).

APÊNDICE 03 – DIVISÃO DA CIDADE EM 65 ZONAS DE TRÁFEGO

A pesquisa Origem-Destino realizada em Uberlândia no ano de 2002 dividiu a cidade em 65 zonas de tráfego, conforme mostrado na Figura A3.1 (página 131). Essa divisão foi feita tomando como base a divisão em setores censitários do IBGE, que foram agrupados para gerar as 65 zonas.

APÊNDICE 04 - REAGRUPAMENTO DA CIDADE EM 51 ZONAS DE TRÁFEGO

Conforme descrito no Capítulo 4, Lemes (2005), considerando as 65 zonas de tráfego da pesquisa O/D, redividiu a cidade de Uberlândia em 51 novas zonas. Isto foi feito para que o agrupamento em zonas de tráfego acompanhasse a divisão em bairros da cidade. A tabela abaixo mostra como foi feito o reagrupamento para as novas zonas de tráfego.

Novas Zonas	Bairros	Zonas Originais
01	Centro	01
02	N. Sra. Aparecida	02+09
03	Cazeca	10
04	Lídice	03+04
05	Fundinho	05
06	Oswaldo Rezende	05+13
07	Martins	07+14
08	Bom Jesus	08
09	Brasil	15+16
10	Tibery	17+18
11	Santa Mônica	19+34+36+37
12	Segismundo Pereira	35+38
13	Saraiva/Santa Maria	20
14	Vigilato Pereira	21
15	Lagoinha/Carajás/Pampulha	39
16	Santa Luzia	40
17	Jardim Karaiba/Jardim Inconfidência	43
18	Granada	41
19	Laranjeiras/São Jorge	42
20	Daniel Fonseca	12
21	Patrimônio	23
22	Morada da Colina	22
23	Tubalina/Cidade Jardim	45
24	Tabajaras	11
25	Palmeiras/Holanda/Canaã/Panorama	46
26	Morada Nova/Uirapuru	47

Novas Zonas	Bairros	Zonas Originais
27	Planalto	48
28	Jaraguá	49
29	Chácaras Tubalina/Quartel	50
30	Dona Zulmira/Jardim Patrícia	52
31	Luizote de Freitas/Mansour	53+54+55
32	Jardim Europa/Parque Santo Antônio	51
33	Taiamam	56
34	Morada do Sol	58
35	Guarani/Tocantis	57
36	São José/Jardim Brasília	24
37	Presidente Roosevelt	25+26
38	Marta Helena	29+31
39	Umuarama	32
40	Custódio Pereira	33
41	Ipanema	62
42	Alto Umuarama/Aclimação	61
43	Mansões Aeroporto	63
44	Dom Almir	64
45	Morumbi/Alvorada	65
46	Minas Gerais	60
47	Cruzeiro do Sul/N. Sra. das Graças	30
48	Res. Gramado/Liberdade/Santa Rosa/Jardim América/Esperança	28
49	Pacaembu/Maravilha	27
50	Distrito Industrial	59
51	Nova Uberlândia/Shopping Park	44

Fonte: LEMES (2005, p. 53).

APÊNDICE 05 – MAPAS DA DENSIDADE URBANA

Para cada tipo de densidade considerada neste trabalho foi gerado, além da Tabela 4.2 mostrado no Capítulo 4, um mapa com os valores obtidos. Dessa forma, a Figura A5.1 (página 132) ilustra o mapa de densidade populacional, a Figura A5.2 (página 133) ilustra o mapa de densidade residencial, e a Figura A5.3 (página 134) ilustra o mapa de porcentagem de ocupação para as zonas de estudo.

APÊNDICE 06 – MAPA DA DISPONIBILIDADE DE TRANSPORTE COLETIVO.

A Figura A6.1 (página 135) mostra um mapa da disponibilidade de transporte coletivo gerado com base nos resultados obtidos da aplicação da metodologia LITA.

APÊNDICE 7 – MAPA DE QUALIDADE DOS ESPAÇOS PARA PEDESTRES

A Figura A7.1 (página 136) mostra, através de um mapa, a qualidade dos espaços para pedestres nas zonas de análise. Os resultados obtidos foram gerados por meio da aplicação da metodologia PEF.

APÊNDICE 8 - MAPAS DO RELEVO NAS ZONAS DE ANÁLISE

Foram gerados para as zonas de análise dois mapas. O primeiro mostrado pela Figura A8.1 (página 137) apresenta a declividade nas zonas, segundo as classes de declividade que foram consideradas no Capítulo 4. O segundo mapa, mostrado pela Figura A8.2 (página 138), é semelhante ao primeiro, mudando apenas os valores de legenda, que para esta figura representam os tipos de relevo considerados. A associação entre classes de declividade e tipos de relevo pode ser vista no Capítulo 4. Para se obter o mapa da Figura A8.2, foi feita apenas uma reclassificação dos dados utilizando o software SRPING.

Quando se compara a Figura A8.2 com a Figura A8.3 (página 139), que mostra a hidrografia que corta o perímetro urbano da cidade de Uberlândia, observamos que as áreas das zonas de análises que apresentam relevo mais acidentado são regiões de encostas.

Figura A1.2: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 05.

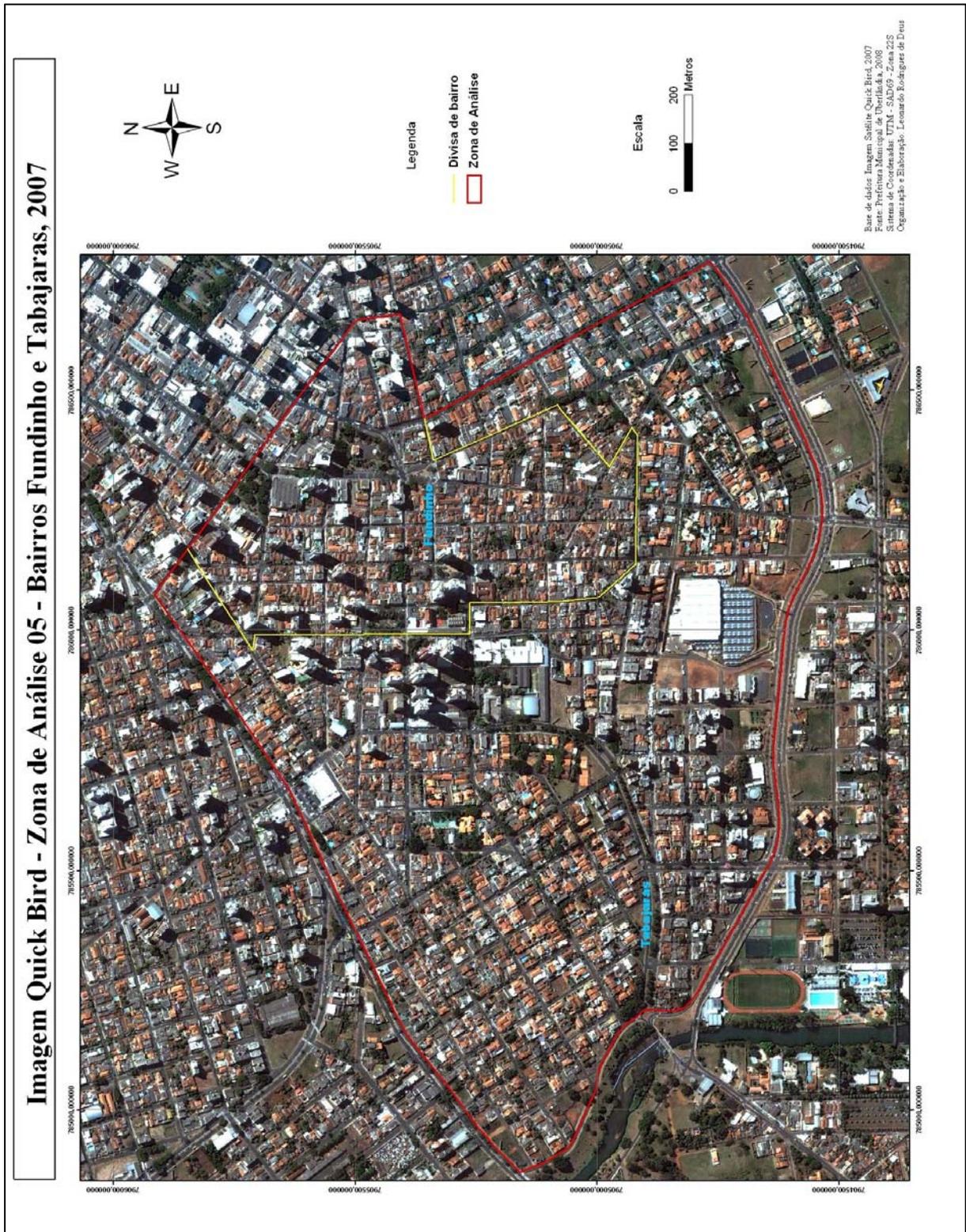


Figura A1.6: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 09.

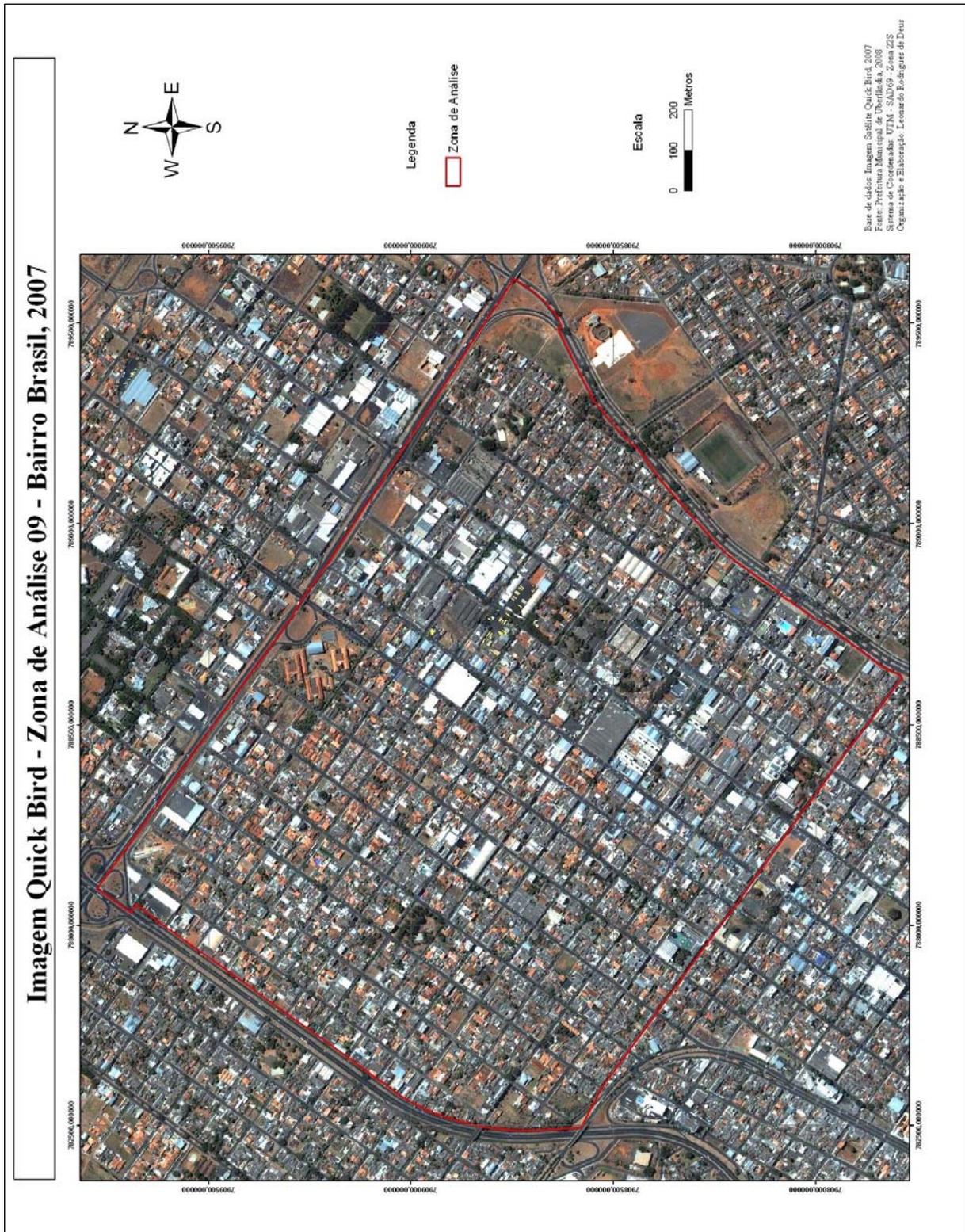


Figura A1.8: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 17.

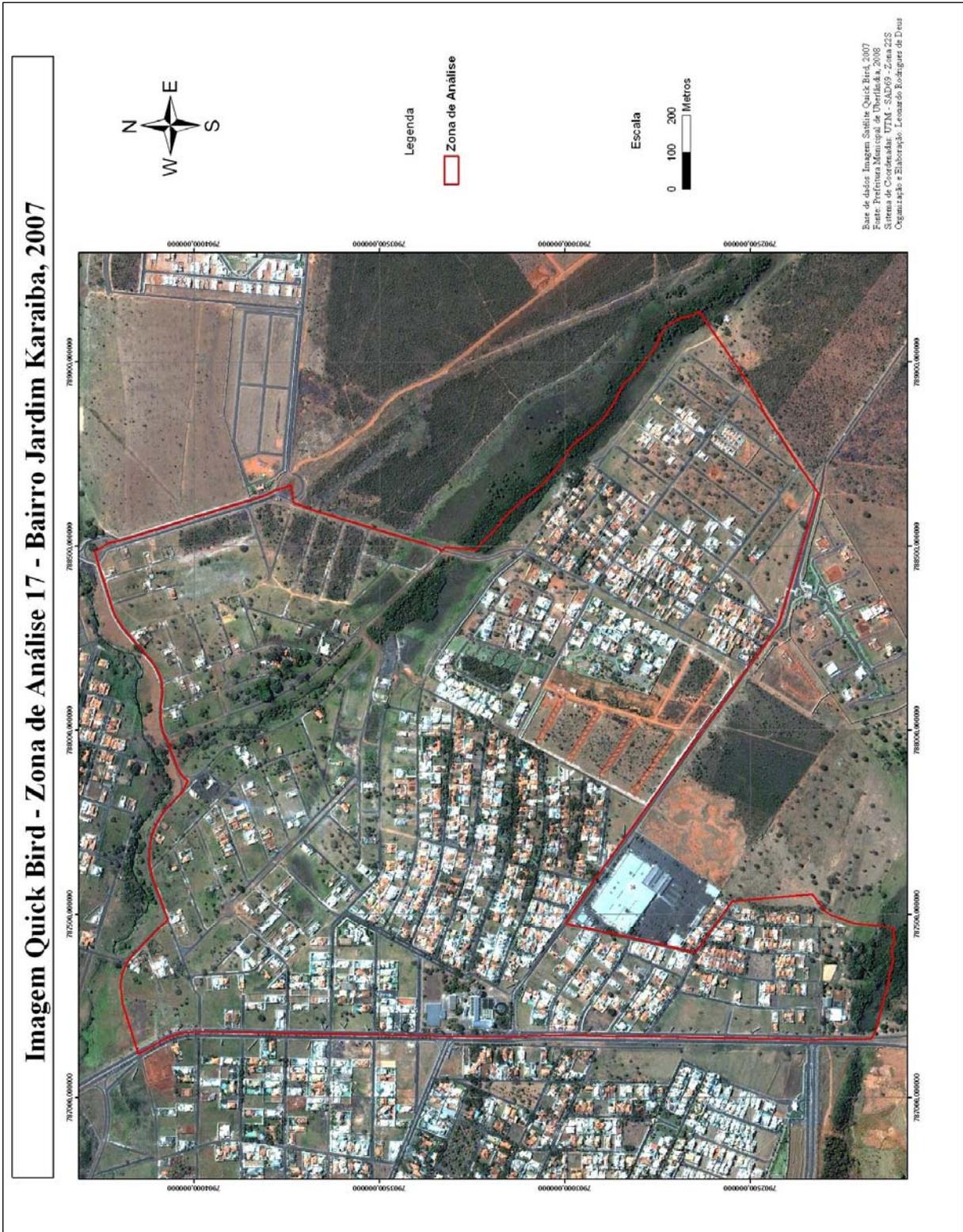


Figura A1.10: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 31.

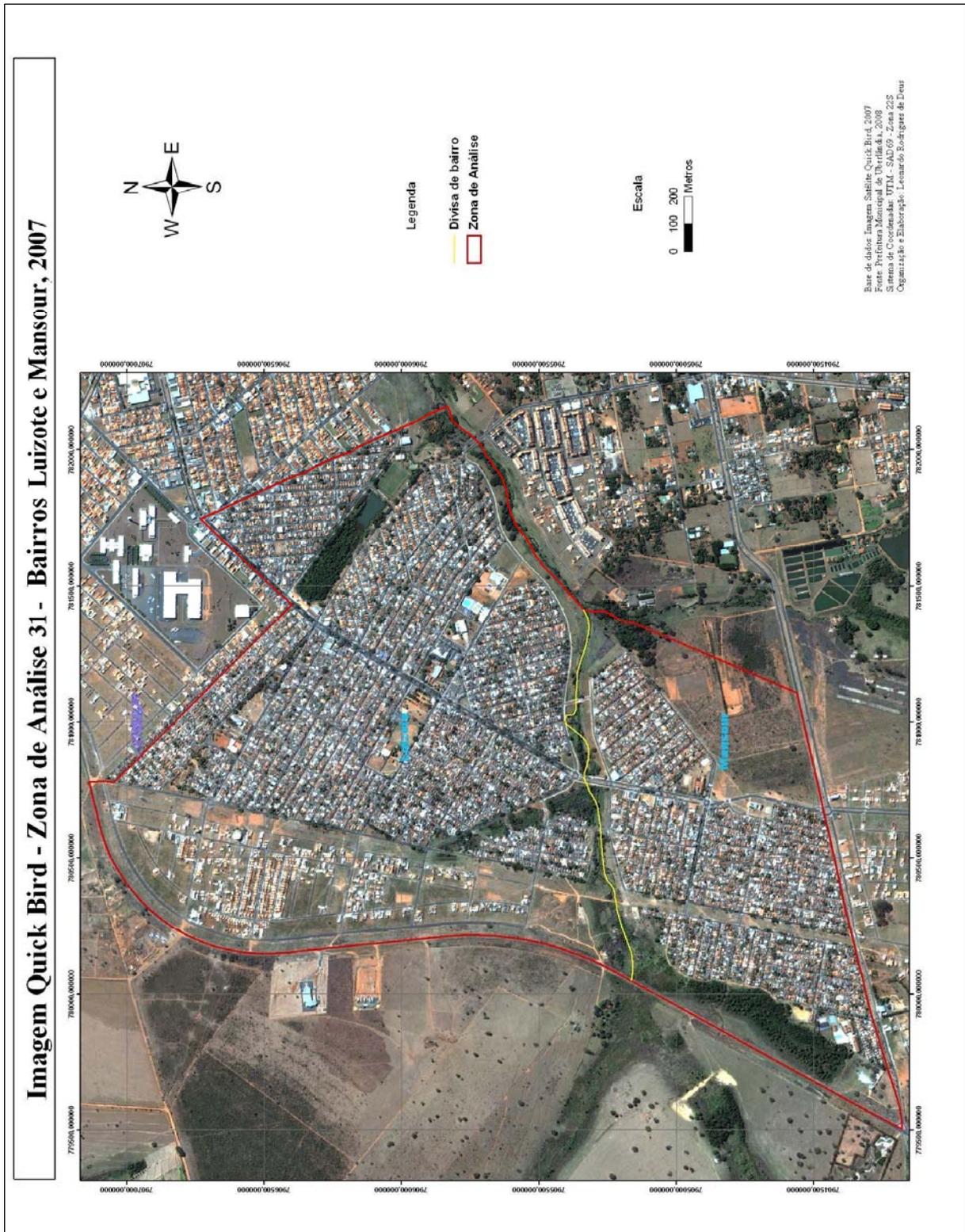


Figura A1.12: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 37.

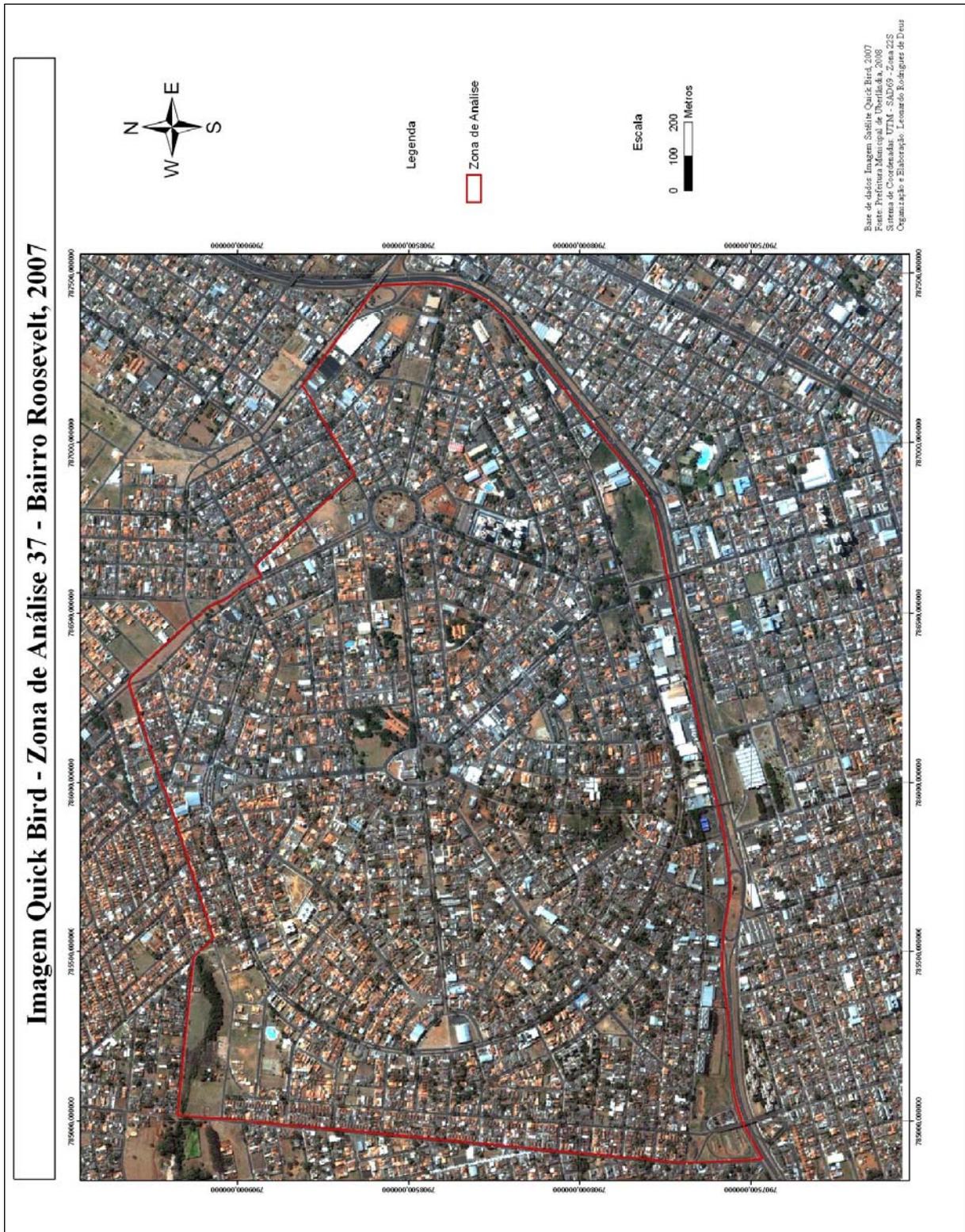
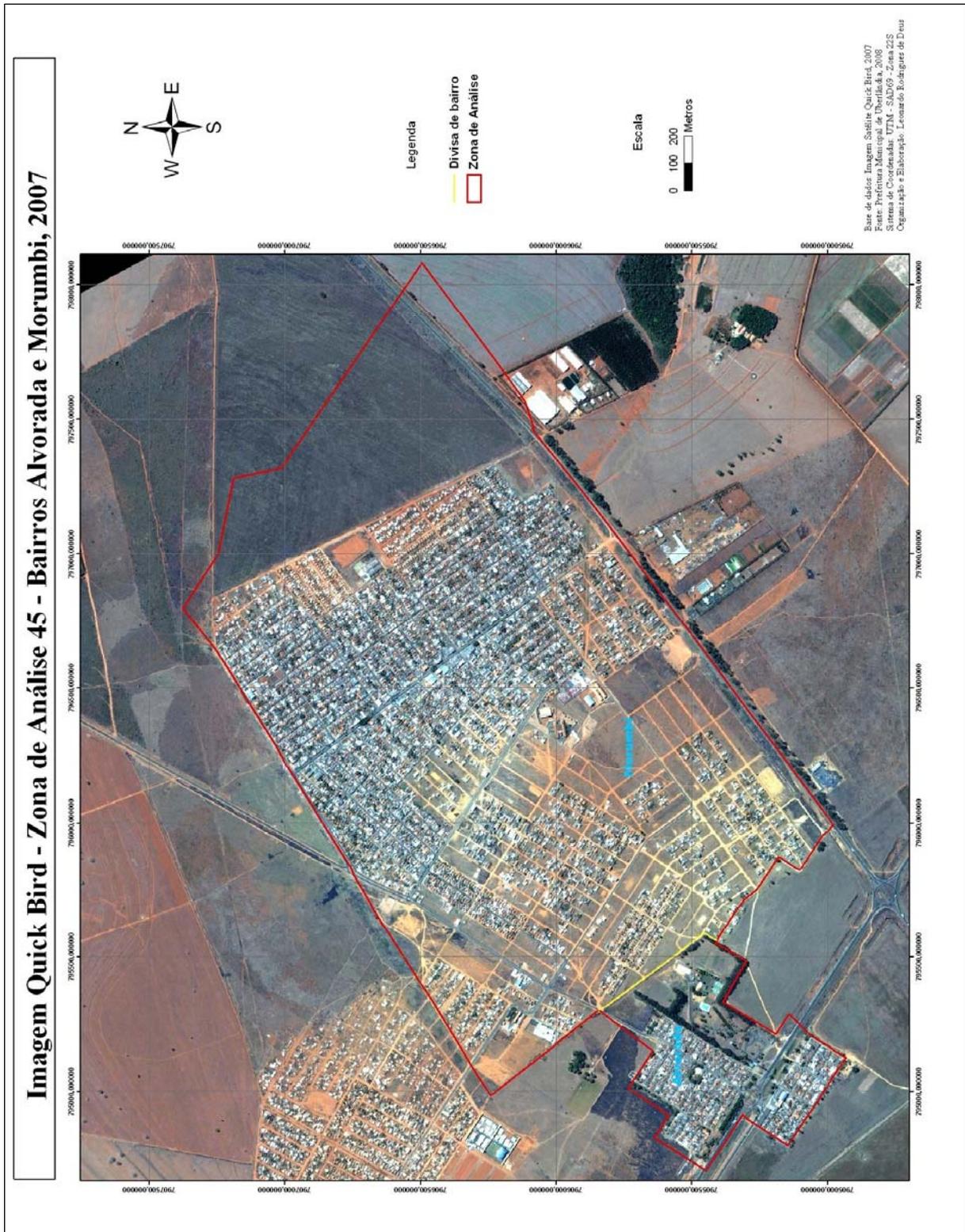
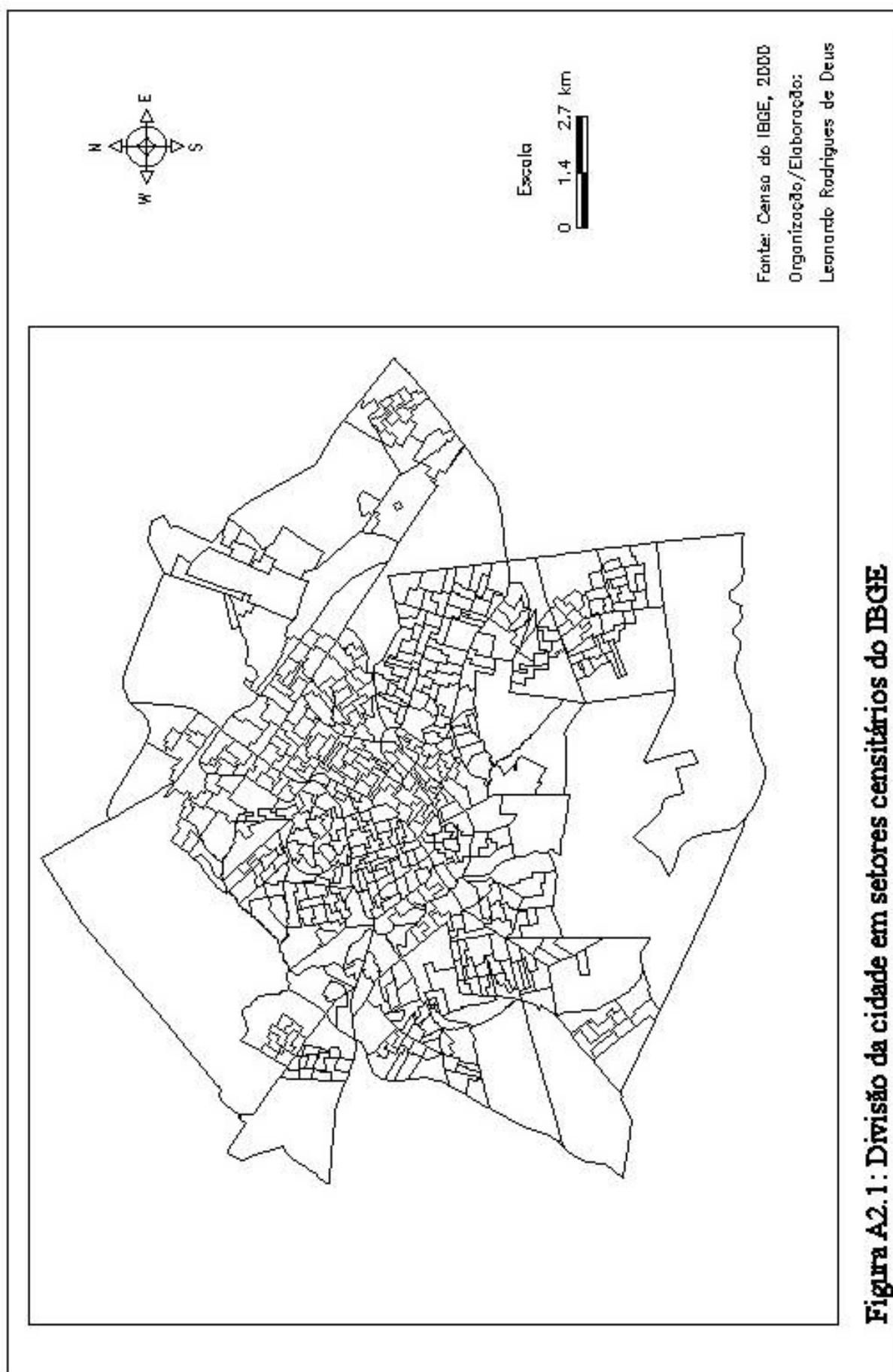


Figura A1.14: Imagem do satélite Quick Bird da região que corresponde a Zona 45.





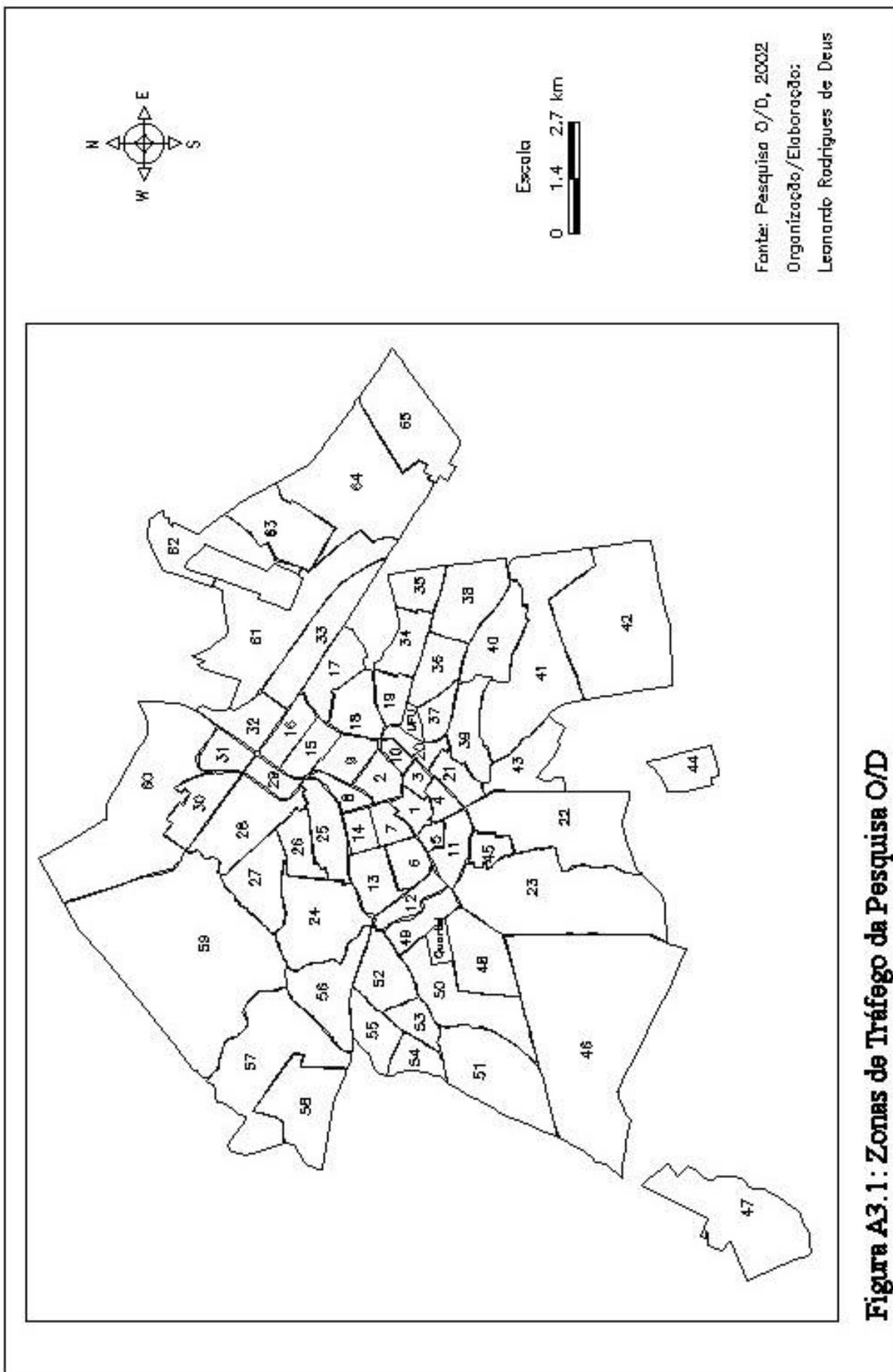
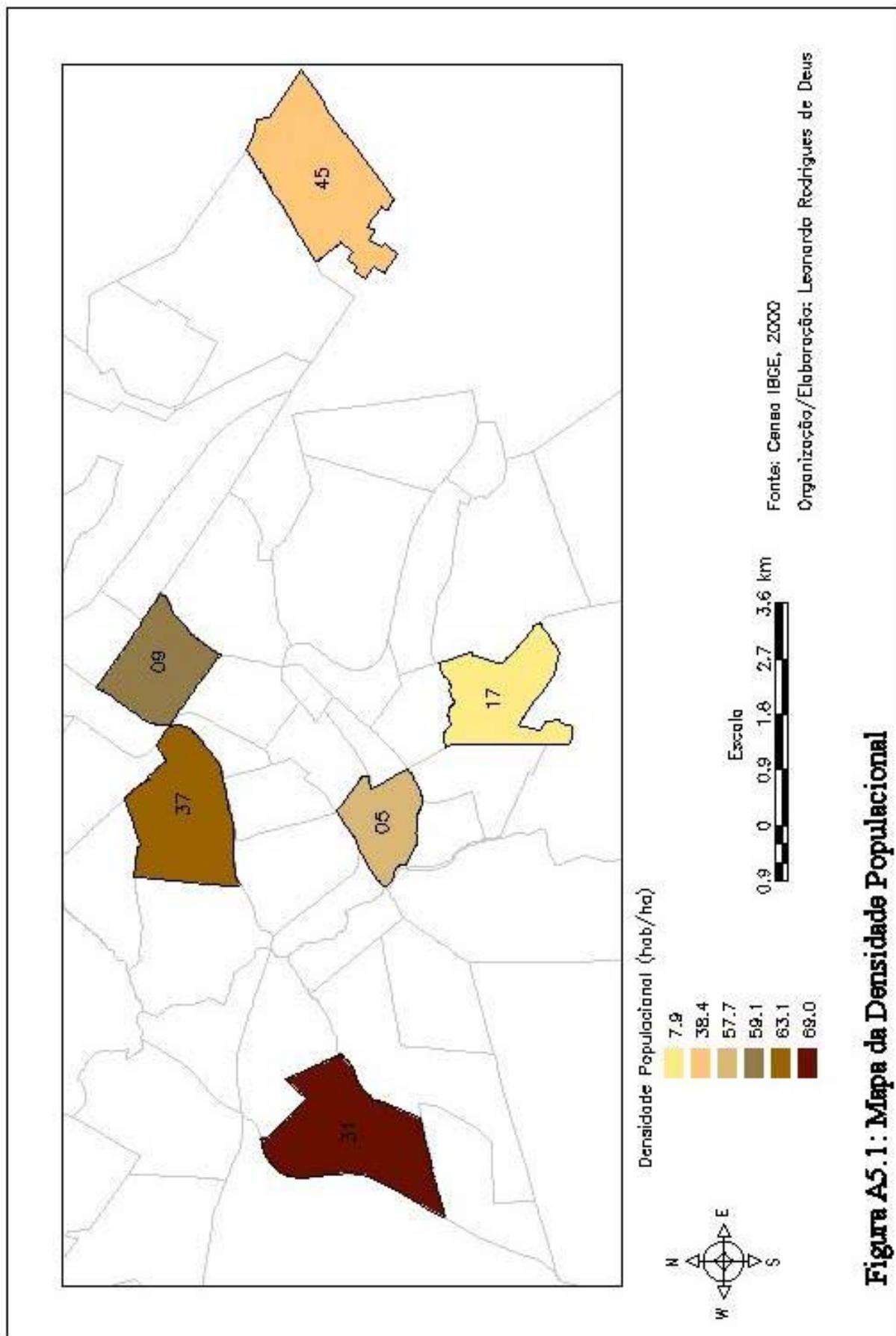
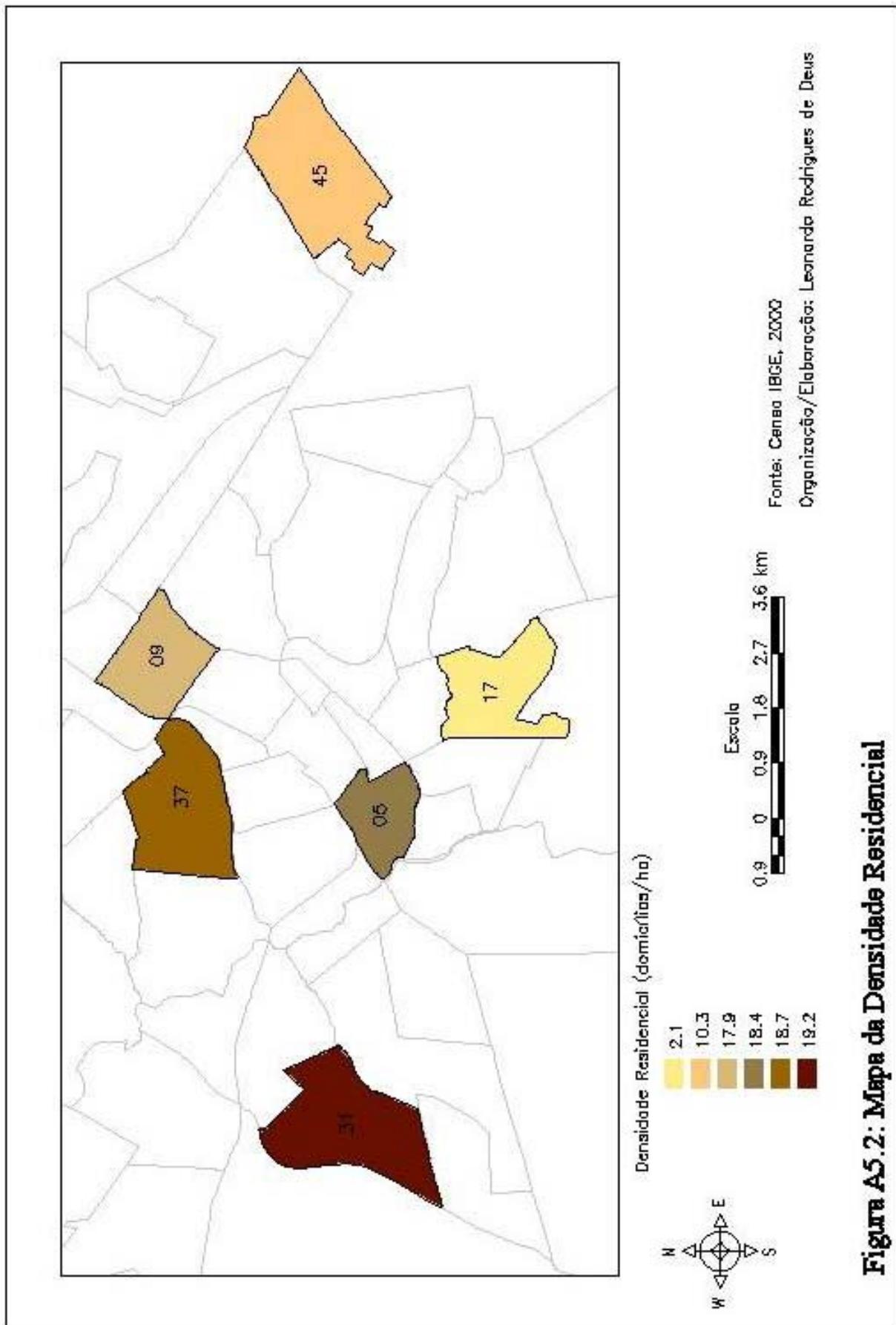
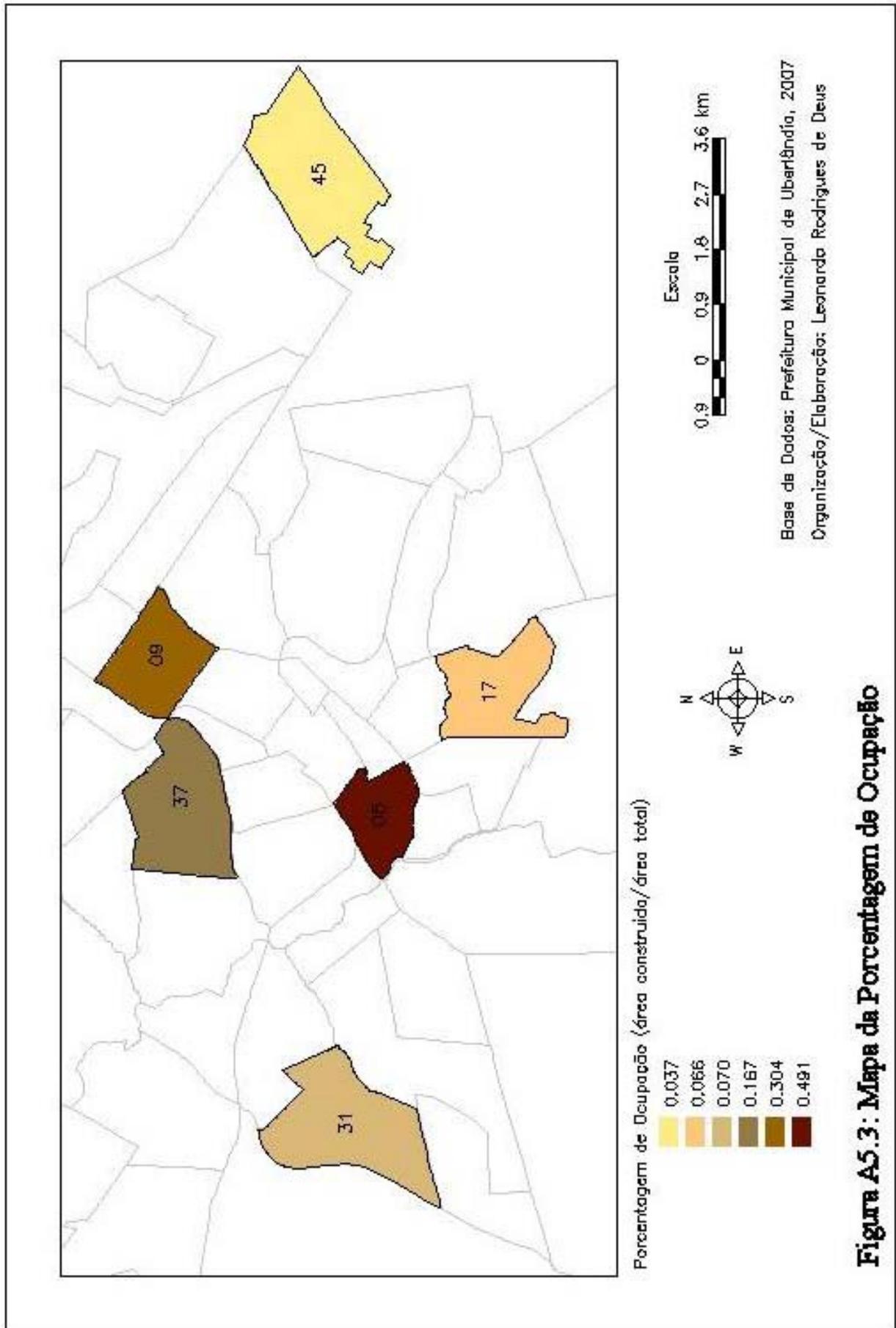
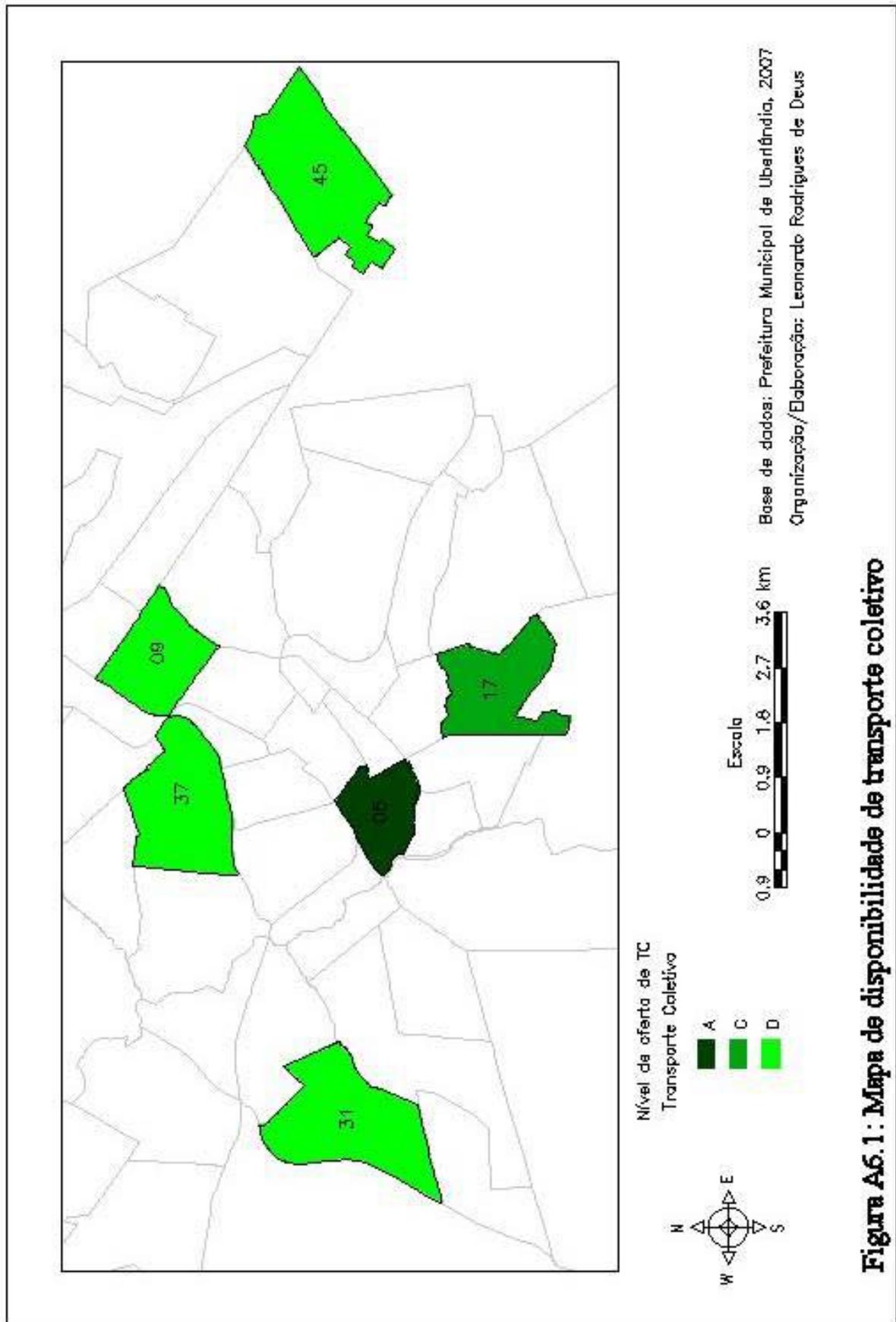


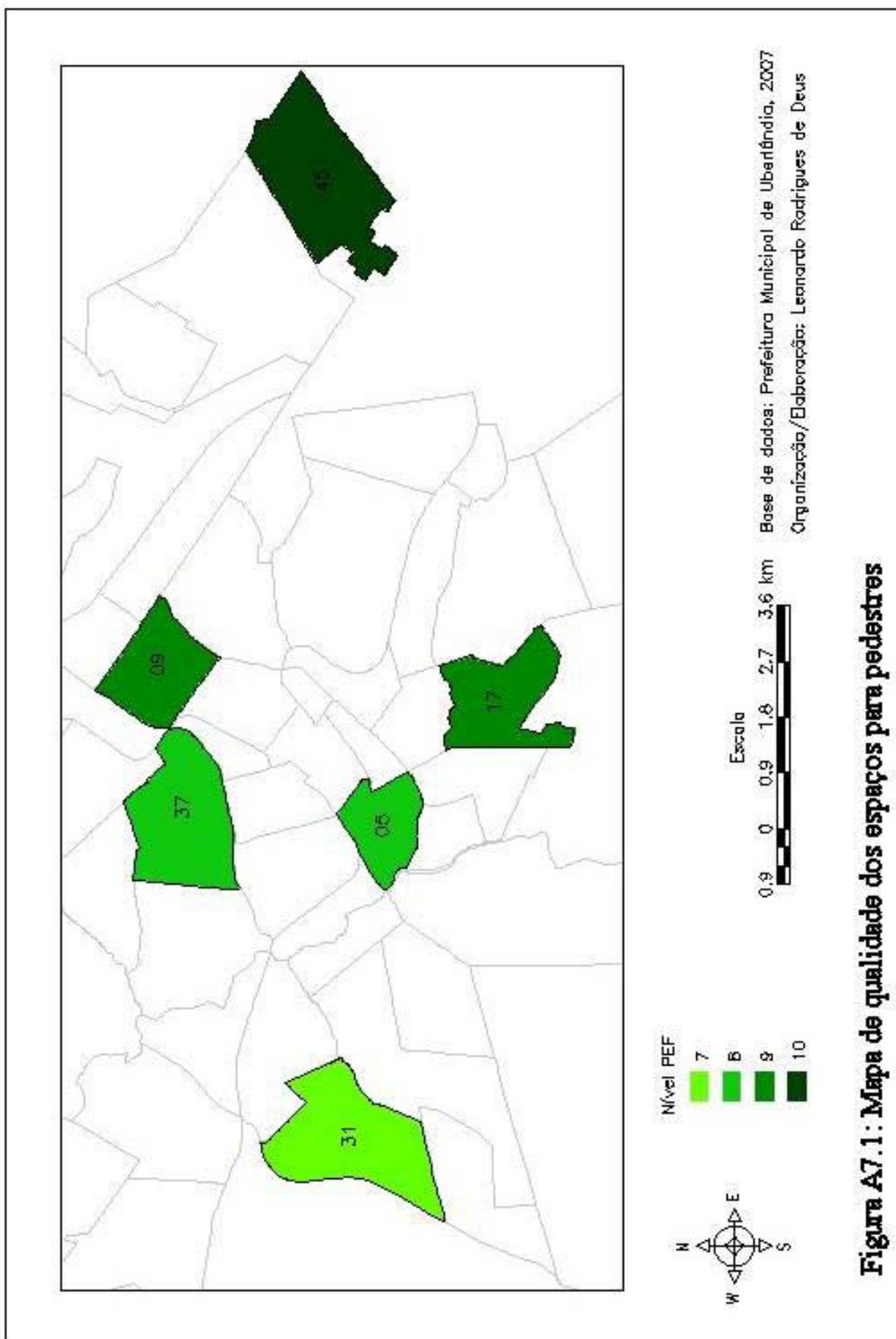
Figura A3.1: Zonas de Tráfego da Pesquisa O/D

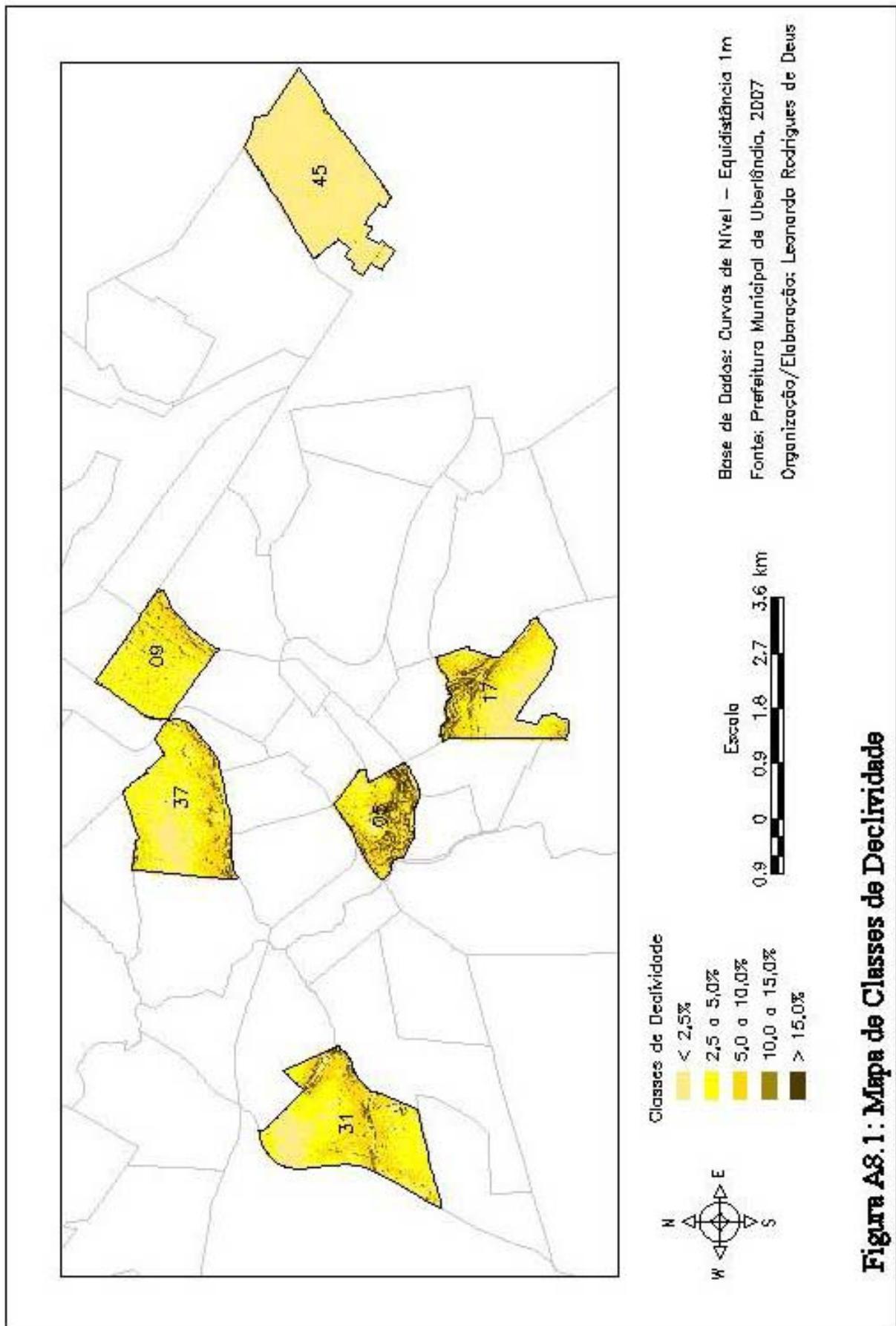


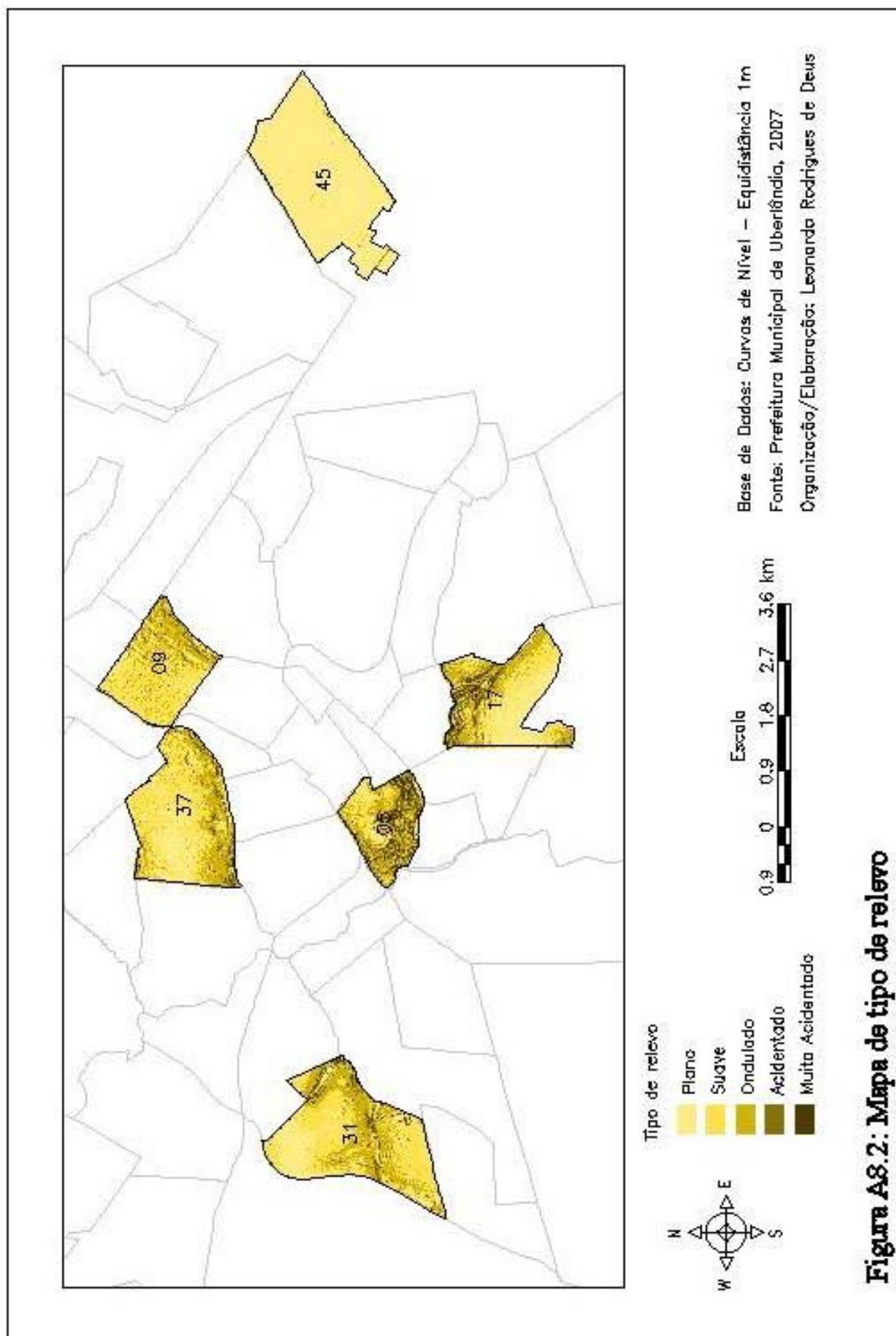












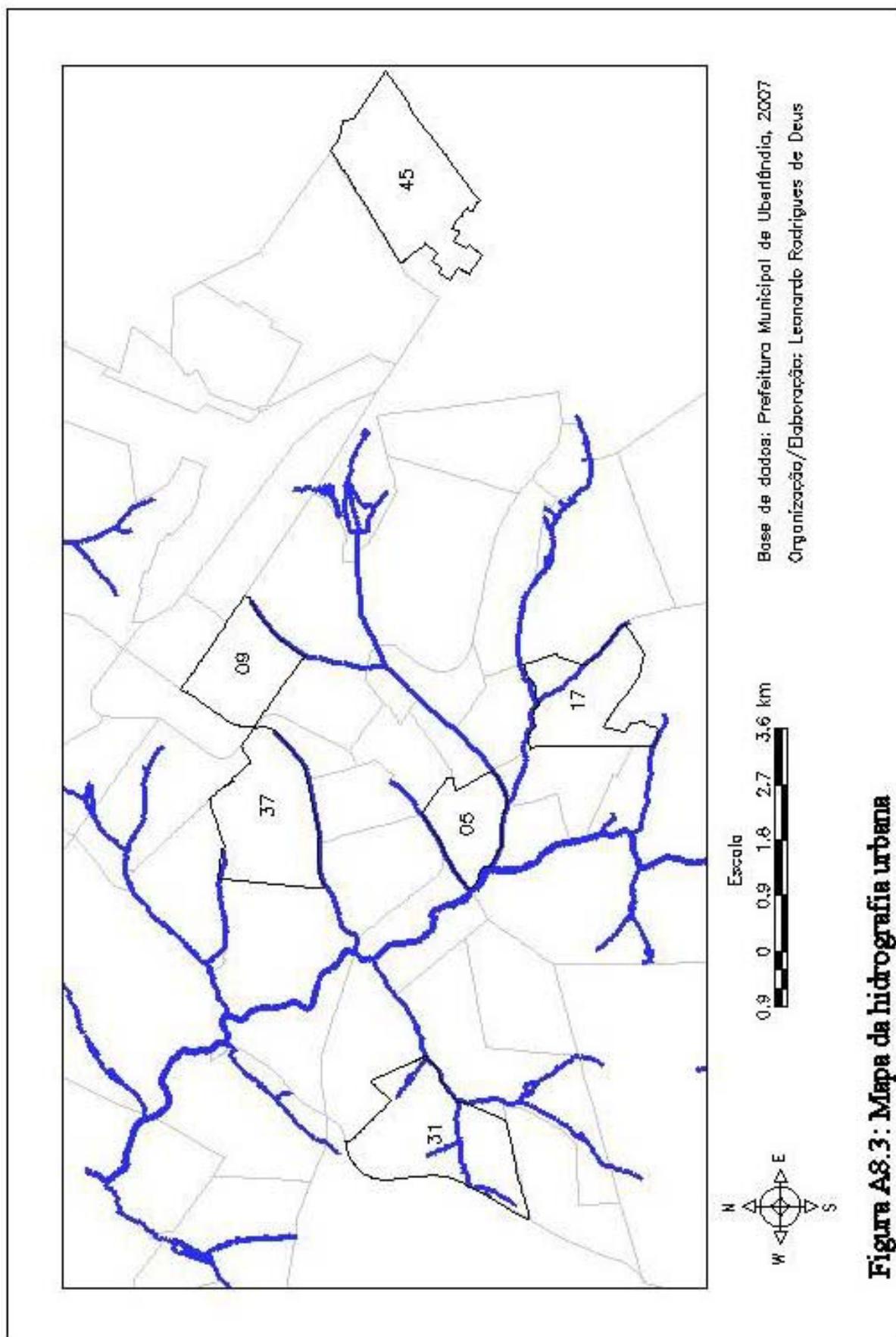


Figura A8.3: Mapa da hidrografia urbana