



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Nº 006

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GERAÇÃO E ANÁLISE DO CENÁRIO FUTURO COMO
UM INSTRUMENTO DO PLANEJAMENTO URBANO E
DE TRANSPORTES**

DANIELA CRISTINA SANTOS SIMAMOTO LEMES

ENGENHARIA
CIVIL

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Daniela Cristina Santos Simamoto Lemes

**GERAÇÃO E ANÁLISE DO CENÁRIO FUTURO COMO
UM INSTRUMENTO DO PLANEJAMENTO URBANO E
DE TRANSPORTES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

Uberlândia, 28 de Janeiro de 2005.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

L552g Lemes, Daniela Cristina Santos Simamoto, 1975-
Geração e análise do cenário futuro como um instrumento do planejamento urbano e de transportes / Daniela Cristina Santos Simamoto Lemes. - Uberlândia, 2005.

126f. : il.

Orientador: Carlos Alberto Faria.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui bibliografia.

1. Transporte urbano - Uberlândia (MG) - Teses. 2. Transportes - Planejamento - Uberlândia (MG) - Teses. 3. Solo urbano - Uso - Teses. 4. Engenharia Civil - Teses. I. Faria, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 656.121(815.12) (043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



ALUNO: Daniela Cristina Santos Simamoto Lemes
NÚMERO DE MATRÍCULA: 5022603
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana
LINHA DE PESQUISA: Planejamento de Transportes

Título da Dissertação:

**“GERAÇÃO E ANÁLISE DO CENÁRIO FUTURO COMO UM INSTRUMENTO DO
PLANEJAMENTO URBANO E DE TRANSPORTES.”**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

A Dissertação foi aprovada em sessão pública, realizada na sala de reuniões do Programa de Mestrado da FECIV, do Campus Santa Mônica, em 28 de janeiro de 2005, às 17:30 horas, com a seguinte Banca Examinadora:

Professor Orientador Dr. Carlos Alberto Faria - UFU

Professora Dr^a. Ilce de Oliveira Campos - UFU

Professor Dr. Eiji Kawamoto - USP

Uberlândia, 28 de Janeiro de 2005.

A Deus, meu esposo Ernane, meu filho Giovane e meus pais, pelo amor e carinho que me fazem seguir em frente...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo Dom da vida, pela saúde física e mental e por colocar “anjos” ao nosso lado. Agradeço a Ele pelo maior presente recebido durante este mestrado, a graça da maternidade e pela conclusão deste trabalho.

Ao meu esposo Ernane e ao meu filhinho Giovane, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo amor e pela força.

Aos meus pais Paulo e Fátima, e irmãos Paulo Jr. e Camila, pelo amor, apoio e tranquilidade que me ofereceram, ao cuidarem do meu filho, para que eu pudesse concluir este trabalho.

Ao meu orientador, Carlos Alberto Faria, pelas idéias e empenho no desenvolvimento desta dissertação, pela amizade e confiança.

Ao coordenador do curso de pós-graduação, Jesiel Cunha, e a Sueli, pela ajuda e motivação.

Aos colegas, pela ajuda e companheirismo. Ao Eduardo, Camila e Luana que enveredaram, junto comigo, a desvendar as ferramentas do *TransCAD*.

A professora Dr^a. Ilce de Oliveira Campos (FECIV) e ao professor Dr. Kleber Carlos Ribeiro Pinto (FAGEN) pelas contribuições feitas a este trabalho na etapa de qualificação.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram o apoio necessário à realização da pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Lemes, D.C.S.S. Geração e Análises do Cenário Futuro como um Instrumento do Planejamento Urbano e de Transportes. 126 p. **Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil**, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

RESUMO

Neste trabalho foi feito o diagnóstico e modelagem do cenário atual do uso e ocupação do solo e do sistema de transportes públicos em Uberlândia. As variáveis sócio-econômicas e do transporte público operado por ônibus juntamente com as diretrizes estabelecidas no atual Plano Diretor, possibilitaram a previsão de um cenário futuro para o ano de 2020. Para a configuração e análises dos cenários atual e futuro, foi utilizado o programa de informação geográfica específico para transportes, o *TransCAD*, que auxiliou no processo de previsão e análises da demanda futura através das ferramentas específicas relacionadas ao modelo convencional de 4 etapas, tais como a geração e distribuição de viagens, e de alocação do tráfego. Foram elaborados vários mapas temáticos que possibilitaram uma melhor compreensão dos cenários. As análises de desempenho dos fluxos do transporte público por ônibus foram realizadas em quatro principais cruzamentos da rede viária principal baseados no número de viagens diárias nos cenários atual e futuro. Como conclusão principal, o aumento no número de viagens futuras é bastante considerável, comprometendo a mobilidade na rede viária por serem estes locais estratégicos. Desta forma, necessita-se de modificações no sistema de transportes públicos por ônibus e/ou no uso do solo considerando metas intermediárias ao período de tempo deste estudo de forma a garantir melhoria nos serviços oferecidos e na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: **Uso do solo, Modelos de Transportes, SIG-T, Geração de Cenários.**

ABSTRACT

In this paper was done a diagnostic and modelling of current scenario of land use and transportation system of Uberlândia. The socioeconomic and transyt variables together the City Master Plan skills was the input to forecast the future scenario in 2020. To configure and analyse the future and actual scenario was used a specific geografic information system software (TransCAD) that helps to demand forecating by procedures related to 4 steps conventional transportation modelling such as generation and distribution trips, and traffic assignment. There were generated several tematic maps to better undestanding the scenarios. The analysis of flow performances were done in four important intersections of urban main network based on the number of transyt trips in both actual and future scenarios. As main conclusions, the increment of the number of transyt trips is quite significant in these strategic intersetions can reduce the global mobility in the network. However, in some transyt route and/or land use improvements considering medium goals in the service life can do something better in the level of services and the quality of population's life.

Keywords: Land use, Transportation modelling, GIS, Future scenario

SIGLAS

<i>E.E.U</i>	- Eixo de Estruturação Urbana
<i>FECIV</i>	- Faculdade de Engenharia Civil
<i>IBGE</i>	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>IE</i>	- Instituto de Economia
<i>NTU</i>	- Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
<i>O/D</i>	- Origem/ Destino
<i>PMU</i>	- Prefeitura Municipal de Uberlândia
<i>SETTRAN</i>	- Secretaria de Trânsito e Transportes de Uberlândia
<i>SIG</i>	- Sistema de Informação Geográfica
<i>SIG-T</i>	- Sistema de Informação Geográfica específico para Transportes
<i>SIT</i>	- Sistema Integrado de Transportes
<i>TSIS</i>	- <i>Traffic Simulator Integrated System</i>
<i>UFU</i>	- Universidade Federal de Uberlândia
<i>ZT</i>	- Zonas de Tráfego

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Motivação e Justificativa	01
1.2. Objetivos	03
1.3. Organização do Trabalho	05
2. PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES URBANOS	06
2.1. Objetivo do Planejamento dos Transportes Urbanos	06
2.1.1. Dados em Planejamento dos Transportes	11
2.2. Modelos de Previsão de Demanda	13
2.2.1. Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas	15
2.2.1.1. Geração de Viagens	17
2.2.1.2. Distribuição de Viagens	17
2.2.1.3. Divisão Modal	22
2.2.1.4. Alocação do Tráfego	23
2.3. Calibração dos Modelos	25
2.3.1. Regressão Linear Simples	26
2.3.2. Regressão Linear Múltipla	28
2.4. Sistemas de Informações Geográficas	29
2.4.1. A utilização dos SIGs em Transportes no Brasil	30
2.4.2. Dados em Geoprocessamento	33
2.4.3. Representações Numéricas de Mapas	36
2.4.4. Potencialidades dos SIGs	37
3. ESTUDO DE CASO	42
3.1. Caracterização do Crescimento observado em Uberlândia	42
3.2. O Plano Diretor Atual (1991-2006)	47
3.3. Configuração do Banco de Dados	51
3.3.1. Diagnóstico do Cenário Atual – 2002	51
3.3.1.1. Pesquisa Origem Destino	52
3.3.1.2. Dados Sócio-econômicos	55
3.3.2. Previsão do Cenário Futuro – 2020	64

3.3.2.1. Projeção dos dados sócio-econômicos	66
3.3.2.2. Distribuição dos dados sócio-econômicos por zonas	68
3.3.2.3. Previsão de Viagens Diárias no Transporte por Ônibus	75
3.4. Aplicações do SIG-T na Composição e Análise dos Cenários	77
3.4.1. Produção do Mapa Georeferenciado	78
3.4.2. Geração de Viagens / Cenário Futuro – 2020	84
3.4.3. Distribuição de Viagens / Cenário Futuro – 2020	89
3.4.4. Alocação do Tráfego	90
3.5. Análise dos Resultados	101
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	108
ANEXOS	111
Anexo 1	112
Anexo 2	113
Anexo 3	114
Anexo 4	115
Anexo 5	116
Anexo 6	117
Anexo 7	119
Anexo 8	120
Anexo 9	121
Anexo 10	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fases do Planejamento e Monitoramento.....	08
Figura 2.2: Interação entre os diversos níveis de Planejamento, Governo e a Comunidade.....	09
Figura 2.3: Componentes da Área de Estudo nos Planos de Transportes.....	12
Figura 2.4: Volume de demanda visualizado através das “Linhas de Desejo”.....	13
Figura 2.5: Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas.....	15
Figura 2.6: Mapas Cadastrais	35
Figura 2.7 : Exemplo de um grafo	36
Figura 2.8: Representações Vetoriais e Matriciais de Mapas.....	37
Figura 2.9: <i>SIGs</i> : produção de mapas, combinação de várias camadas, consulta espacial.....	39
Figura 3.1: Desenvolvimento urbano – Uberlândia/1940.....	43
Figura 3.2: Região Central de Uberlândia/ década de 90.....	45
Figura 3.3: Expansão da Mancha Urbana em Uberlândia.....	46
Figura 3.4: Eixos de Estruturação Urbana/ Plano Diretor (1991-2006).....	47
Figura 3.5: Direcionamento da Expansão Urbana/ Plano Diretor (1991-2006)	48
Figura 3.6: Eixo de pedestres/ Plano Diretor (1991-2006).....	49
Figura 3.7: Localização dos Terminais do SIT/ Plano Diretor (1991 – 2006).....	50
Figura 3.8: Mapa temático – Densidade populacional – Cenário Atual – 2002.....	57
Figura 3.9: Classificação das 51 zonas em Industriais, Comerciais/Serviços e Residenciais.....	60
Figura 3.10: Localização das Escolas Estaduais.....	62
Figura 3.11: As cinco macro regiões da cidade e suas respectivas zonas.....	71
Figura 3.12: Faixas de fatores de Crescimento.....	73
Figura 3.13: Mapa-base incorporado ao <i>TransCAD</i>	79
Figura 3.14: Camada com o zoneamento proposto.....	79
Figura 3.15: Exemplo do banco de dados do programa <i>TransCAD</i>	80
Figura 3.16: Camada composta pela rede viária.....	81

Figura 3.17: Centróides.....	82
Figura 3.18: Exemplo de um centróide e seus arcos especiais.....	83
Figura 3.19: Balanceamento dos modelos de geração de viagens.....	87
Figura 3.20: Fluxo no Transporte Público por Ônibus/ Cenário Atual – 2002.....	91
Figura 3.21: Fluxo no Transporte Público por Ônibus/ Cenário Futuro – 2020.....	92
Figura 3.22: Localização dos Cruzamentos.....	93
Figura 3.23: Cruzamento 1 / Cenário Atual – 2002.....	94
Figura 3.24: Cruzamento 1 / Cenário Futuro – 2020.....	94
Figura 3.25: Cruzamento 1 – Comparação dos fluxos dos Cenários.....	95
Figura 3.26: Cruzamento 2 / Cenário Atual – 2002.....	96
Figura 3.27: Cruzamento 2 / Cenário Futuro – 2020.....	96
Figura 3.28: Cruzamento 2 – Comparação dos fluxos dos Cenários	97
Figura 3.29: Cruzamento 3 / Cenário Atual – 2002.....	98
Figura 3.30: Cruzamento 3 / Cenário Futuro – 2020.....	98
Figura 3.31: Cruzamento 3 – Comparação dos fluxos dos Cenários	99
Figura 3.32: Cruzamento 4 / Cenário Atual – 2002.....	100
Figura 3.33: Cruzamento 4 / Cenário Futuro – 2020.....	100
Figura 3.34: Cruzamento 4 – Comparação dos fluxos dos Cenários	101
Figura 3.35: Densidade populacional / Cenário Atual – 2002.....	102
Figura 3.36: Densidade populacional / Cenário Futuro – 2020.....	102
Figura 3.37: Viagens atraídas / Cenários Atual – 2002 e Futuro – 2020.....	104
Figura 3.38: Viagens produzidas / Cenários Atual – 2002 e Futuro – 2020.....	105
Figura 3.39: Total de empregos / Cenários Atual – 2002 e Futuro – 2020.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Reagrupamento da cidade em 51 zonas e respectivos bairros.....	53
Tabela 3.2: Viagens Diárias no Transporte por Ônibus / Cenário Atual – 2002.....	54
Tabela 3.3: População, Área e Densidade Populacional / Cenário Atual – 2002.....	56
Tabela 3.4: Empregos por Setores da Economia / Cenário Atual – 2002.....	58
Tabela 3.5: Distribuição dos Empregos – Pesquisa de Campo.....	58
Tabela 3.6: Pesquisa de Campo: principais empresas, setor, zona e número de empregados.....	59
Tabela 3.7: Fatores a serem multiplicados pela população de cada zona.....	60
Tabela 3.8: Empregos por Zona / Cenário Atual – 2002.....	61
Tabela 3.9: Escolas Estaduais / Cenário Atual – 2002.....	63
Tabela 3.10: Dados Coletados sobre a cidade de Uberlândia.....	64
Tabela 3.11: Densidades Demográficas na cidade de São Paulo.....	69
Tabela 3.12: Fatores de Crescimento, População e Densidade populacional – 2020...	72
Tabela 3.13: Distribuição dos Empregos / Cenário Futuro – 2020.....	74
Tabela 3.14: Viagens diárias de passageiros de ônibus entre 1988 e 2002.....	75
Tabela 3.15: Variáveis sócio-econômicas e do sistema de transportes.....	76
Tabela 3.16: Geração de Viagens/ Cenário Futuro – 2020.....	88
Tabela 3.17: Zonas que mais atraem viagens / Cenário Futuro – 2020.....	103
Tabela 3.18: Zonas que mais produzem viagens / Cenário Futuro – 2020.....	104

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 2.1: Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas.....	16
Quadro 2.2: Exemplos de Análises Espaciais.....	29
Quadro 2.3: Exemplos de Funções Típicas realizadas por SIGs em prefeituras.....	40
Quadro 3.1: Análise de Regressão Linear: Previsão da População / Cenário Futuro...	67
Quadro 3.2: Análise de Regressão Linear: Previsão dos Empregos / Cenário Futuro..	67
Quadro 3.3: Análise de Regressão Linear: Previsão das viagens diárias de passageiros de ônibus/ Cenário Futuro.....	76
Quadro 3.4: Matriz de Correlação: Modelos de Geração de Viagens /Cenário Futuro	84
Quadro 3.5: Análise de Regressão linear – Modelos de Geração de Viagens	85
Gráfico 3.1: Curvas das variáveis apresentadas na tabela 3.10.....	65
Gráfico 3.2: Comparação entre as Viagens Produzidas Observadas e Estimadas.....	86
Gráfico 3.3: Comparação entre as Viagens Atraídas Observadas e Estimadas.....	86

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

É grande a diversidade de problemas que as cidades brasileiras de porte médio vêm enfrentando nas últimas décadas. Percebe-se que o crescimento rápido e desordenado destas cidades leva a população de baixa renda a viver cada vez mais nas periferias, aumentando assim, a necessidade de locomoção, realizada principalmente por meio de transportes públicos, em especial o transporte por ônibus. Problemas como: rápidas mudanças na urbanização; vazios urbanos provenientes, em sua maioria, de especulação imobiliária; congestionamentos; poluição; escassez de transportes públicos de qualidade e em quantidade suficiente para atender a alta demanda; baixa renda dos usuários; entre outros; são gerados e/ou agravados pela ineficácia (ou mesmo inexistência) de um planejamento urbano e de transportes integrados.

Para que se tenha um planejamento efetivo dos Sistemas de Transportes, deve-se diagnosticar o uso atual do solo e realizar projeções para saber qual o comportamento da demanda futura, qual o padrão dos fluxos interzonais (viagens de pessoas e veículos) em um ano-horizonte. Desta forma, direciona-se o crescimento e desenvolvimento da cidade baseando-se em diretrizes estabelecidas pelos Planos Diretores, estudos e pesquisas, e avalia-se alternativas de investimentos nos Sistemas de Transportes, sejam na malha viária ou na rota dos veículos, de forma a atender com qualidade a demanda futura.

Observa-se então, que o volume de dados envolvidos no planejamento é muito grande, o que dificulta os procedimentos de armazenamento, manipulação e análise. Torna-se

necessário a utilização de modelos que facilitem estas tarefas, que englobem todos os fatores intervenientes e que produzam resultados com maior precisão, qualidade e rapidez.

Em resposta a estas necessidades, os planejadores brasileiros passaram a contar, a partir da década de 90, com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que integram os modelos de transportes e tecnologias. Criou-se, inclusive, uma nomenclatura para designar a adaptação e adoção da tecnologia SIG para propósitos específicos em transportes: SIG-T (NCHRP,1993). Um exemplo de SIG-T é o programa *TransCAD*, produzido pela Caliper Corporation, que realiza tarefas como: análise de redes viárias; roteirização e logística; planejamento de transportes e modelos de previsão de demanda (geração e distribuição de viagens, divisão modal e alocação do tráfego); regionalização e localização de instalações.

A cidade de Uberlândia, localizada no Triângulo Mineiro, é considerada um centro predominantemente urbano, com 532.561 habitantes (ano de 2002) de acordo com a Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU). Esta cidade, segundo Soares (1995), apresentou um intenso crescimento urbano a partir da década de 30, com grande interferência das empresas imobiliárias e da elite local na produção do espaço urbano. Assim como em outras cidades brasileiras de porte médio, os problemas de infra-estrutura e de transportes de Uberlândia agravaram-se ao longo do tempo, fazendo-se necessário a realização de planejamentos integrados e com objetivos de curto, médio e longo prazo.

Segundo Campos Filho (1992), a implantação e operação dos Sistemas de Transportes Coletivos é hoje um dos grandes problemas urbanos do país. Desta forma, o presente trabalho apresenta um estudo do Sistema de Transportes Públicos da cidade de Uberlândia, propondo um possível cenário do comportamento das viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte de 2020, planejado mediante diretrizes do Plano Diretor atual do município, análises de dados sócio-econômicos e do Sistema de Transportes, procedimentos estatísticos e modelos de previsão de demanda (geração e distribuição de viagens diárias no transporte por ônibus e alocação de tráfego). Utilizou-se o SIG-T *TransCAD 4.5* para o armazenamento, análise, modelagem e visualização dos dados. O único modal estudado foi o ônibus, visto que a cidade não possui outras alternativas de transportes públicos como o metrô e o trolebus.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo principal gerar um cenário futuro que retratasse o uso e ocupação do solo urbano e a demanda por transportes públicos (viagens atraídas e produzidas diárias no transporte por ônibus ao longo da rede viária utilizada por este modal) para a cidade de Uberlândia, tendo 2020 como o ano-horizonte.

Foram objetivos específicos deste estudo:

- a) Realizar um diagnóstico do cenário atual do uso e ocupação do solo urbano e do Sistema de Transportes Públicos da cidade:
 - Dividir a cidade de Uberlândia em 51 zonas, compostas por um ou mais bairros;
 - Coletar dados sócio-econômicos (População, Empregos, Áreas das Zonas, Densidade e Escolas Estaduais) e dos Transportes (Pesquisa Origem/Destino e Rede Viária) para o ano de 2002. Para uma melhor compreensão do cenário, a coleta de um universo maior de variáveis como renda, escolas municipais, universidades, entre outras, faz-se necessária, porém para este estudo não obteve-se informações sobre as mesmas agregadas por ano e/ou por zonas;
 - Reorganizar a matriz O/D diária referente ao modal ônibus (parte integrante da Pesquisa O/D realizada em 2002), que apresenta as viagens interzonais de passageiros para as 51 zonas deste estudo. Este procedimento deve-se ao fato da pesquisa O/D trabalhar com a cidade de Uberlândia subdividida em 65 zonas;
 - Ajustar proporcionalmente os valores da nova matriz O/D diária de ônibus (51 zonas) para que o total de viagens atraídas e produzidas seja de 163.357 viagens, de acordo com os dados da Secretaria de Trânsito e Transportes (SETTRAN) do município para o ano de 2002;
 - Ajustar proporcionalmente, para o ano de 2002, os dados da PMU (2000) de população urbana agregados por zona. Para as zonas que a PMU não traz informações sobre a população, utilizar valores da Pesquisa O/D;
 - Realizar tratamentos matemáticos para desagregar os empregos do ano de 2002 nas respectivas zonas, visto que os dados coletados estavam agregados por ano e por

setores da economia (agropecuária, construção civil, comércio, serviços e indústria).

b) Gerar um cenário futuro do Sistema de Transportes Públicos para a cidade de Uberlândia:

- Escolher o ano-horizonte do estudo;
- Estimar a população e os empregos para o ano-horizonte;
- Realizar procedimentos matemáticos para distribuir a população e os empregos futuros nas respectivas zonas;
- Identificar as variáveis sócio-econômicas, de uso e ocupação do solo e de demanda de transportes, adequadas para a calibração dos modelos de previsão de demanda para o ano de 2020;
- Calibrar os modelos de previsão de demanda por transporte público com base nas variáveis sócio-econômicas, de uso do solo e de demanda;
- Realizar a distribuição de viagens diárias no transporte por ônibus para o ano de 2020, utilizando-se o Método de Fratar;
- Associar os procedimentos acima ao SIG-T *TransCAD 4.5*, para o tratamento e visualização dos dados;
- Realizar a alocação do tráfego para o cenário atual – 2002 e para o cenário futuro – 2020 (viagens diárias no transporte por ônibus) utilizando-se ferramentas específicas do programa *TransCAD*. O método escolhido para alocação do tráfego foi o “Tudo-ou-Nada”.

c) Conhecendo a alocação do tráfego para o cenário atual – 2002 e cenário futuro – 2020, observar os estrangulamentos na rede viária e analisar o comportamento dos fluxos de viagens diárias no transporte por ônibus, em especial, em quatro cruzamentos que atualmente têm condições críticas de fluxos:

- Av. Rondon Pacheco com Av. João Naves de Ávila (Cruzamento 1);

- Av. Rondon Pacheco com Av. Segismundo Pereira (Cruzamento 2);
 - Av. Getúlio Vargas com Av. Marcus de Freitas Costa (Cruzamento 3);
 - Av. Rondon Pacheco com Av. Nicomedes Alves dos Santos (Cruzamento 4).
- d) Analisar e comparar os cenários atual (ano de 2002) e futuro (ano de 2020);
- e) Propor ações preventivas que otimizem a distribuição dos fluxos na rede viária.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho consta de quatro capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 trata da revisão bibliográfica sobre o Planejamento de Transportes Urbanos, onde inicialmente apresenta-se os objetivos da realização deste planejamento e os dados necessários para análise. Descreve-se também, a modelagem em transportes, em especial, o modelo convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas e os métodos de calibração dos modelos. O Capítulo 2 trata ainda, da revisão bibliográfica sobre os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), instrumento computacional de recente utilização no Planejamento dos Sistemas de Transportes. Apresenta-se definições, dados necessários, utilização e potencialidades do SIG.

O Capítulo 3 trata do Estudo de Caso, onde apresenta-se características do crescimento observado na cidade de Uberlândia; o Plano Diretor atual (1991-2006); a configuração do banco de dados para o diagnóstico do cenário atual – 2002 de uso e ocupação do solo urbano e da demanda por transportes públicos; a previsão do cenário futuro – 2020 e a aplicação do SIG-T *TransCAD* na composição e análise dos cenários, onde são utilizadas as ferramentas do programa para a previsão da demanda futura (efetuando-se as etapas de geração e distribuição de viagens e alocação do tráfego) e para a produção de mapas temáticos. Na etapa de alocação do tráfego, analisa-se os fluxos em quatro dos principais cruzamentos da cidade, comparando os valores obtidos nos cenários atual – 2002 e futuro – 2020. Ao final deste Capítulo, são apresentados os resultados deste estudo.

Por fim, o Capítulo 4 apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES URBANOS

Este capítulo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre o Planejamento de Transportes Urbanos e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). São apresentados os objetivos da realização deste planejamento, os dados necessários para análise, a modelagem em transportes, em especial, o modelo convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas, os métodos de calibração dos modelos e os instrumentos computacionais de recente utilização no Planejamento dos Sistemas de Transportes contendo definições, tipos de dados necessários, utilização e potencialidades dos SIGs .

2.1. OBJETIVOS DO PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES URBANOS

Barreto (1995) considera complexo o processo de planejamento devido aos sistemas e mecanismos envolvidos: *atuando em um horizonte futuro, o planejamento é um processo dinâmico, necessitando de permanente revisão, correção de rumo e, mesmo após a concretização dos objetivos, exige um repensar constante.*

Lobo (1999) também compartilha a idéia de complexidade do planejamento e apresenta três vertentes fundamentais que coexistem em interação dinâmica: a *decisional* (que trata da identificação de estudos técnicos, da definição de políticas relevantes, da articulação de objetivos, da formulação e seleção de alternativas), a *técnica* (relativa a coleta de dados, inventários, avaliações, análises de engenharia) e a de *desenho de imagem* ou de *projeto* (que trata das características das infra-estruturas que serão construídas ou alteradas em resultado das decisões tomadas).

A seguinte definição para o Planejamento de Transportes de uma cidade ou região é apresentada por Lopes Filho (2003):

“O Planejamento de Transportes visa estimar o padrão dos fluxos interzonais (viagens de pessoas e veículos) na área de estudo, num determinado horizonte de projeto, a fim de avaliar alternativas de investimento no Sistema de Transportes Públicos e na malha viária, de forma a atender a demanda futura de forma satisfatória.”

As fases do processo de planejamento, segundo Lobo (1999), dependem da abordagem metodológica que melhor responde ao sistema de decisão e de planejamento que caracteriza culturalmente uma sociedade.

Para Bruton (1979), as principais fases do processo de Planejamento dos Transportes são:

1. Formulação explícita de metas e objetivos;
2. Coleta de dados sobre o uso do solo, população, condições econômicas e padrões de viagens para a situação atual;
3. Estabelecimento de relações quantificáveis entre os movimentos e o uso do solo, população e fatores econômicos existentes atualmente;
4. Previsão de uso do solo, população e fatores econômicos para o ano-horizonte do estudo e o desenvolvimento de plano(s) de uso do solo;
5. Previsão das origens, destinos e distribuição das demandas futuras por movimentos, usando as relações estabelecidas para a situação atual e o uso do solo, população e fatores econômicos previstos;
6. Previsão dos movimentos prováveis de pessoas a serem realizados pelos diferentes modos de viagens no ano-horizonte;
7. Atribuição das viagens previstas aos sistemas alternativos de redes viárias coordenadas de transportes;
8. Avaliação da eficiência e da viabilidade econômica e também de custos e benefícios, das redes alternativas de transportes;
9. Seleção e implementação das redes de transportes mais apropriadas.

Ortúzar e Willumsen (1990) também descrevem as fases do planejamento e acrescentam uma etapa que julgam ser de grande importância: o monitoramento (Figura 2.1). Um bom sistema de monitoramento deve prover de idéias, a equipe de planejadores, de como melhorar e modificar os modelos.

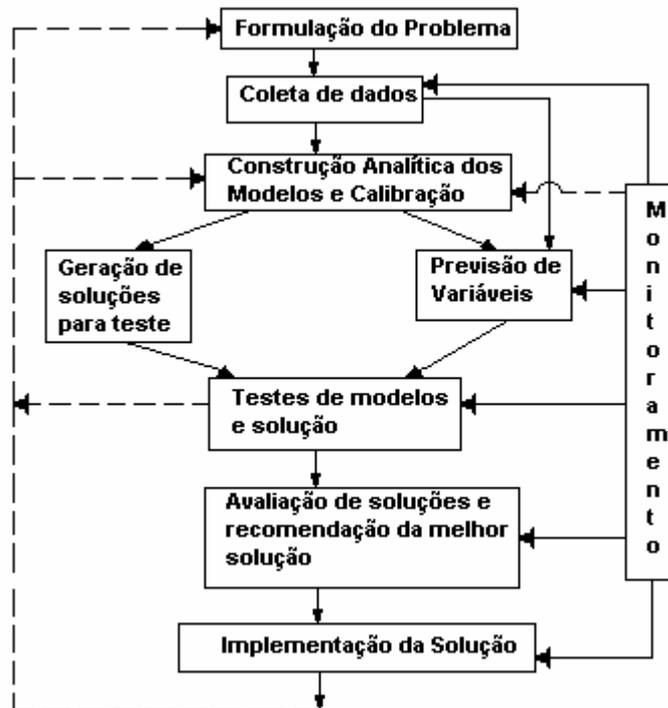


Figura 2.1 – Fases do Planejamento e Monitoramento.

Fonte: Adaptado de ORTÚZAR E WILLUMSEN, 1990, p. 27.

Para Ortúzar e Willumsen (1990), a previsão futura da demanda é o elemento crucial para a maioria dos estudos de Planejamento de Transportes. Esta demanda varia de acordo com a hora do dia, com o dia da semana, com o propósito das viagens, entre outros. Segundo Mello (1975), as formas de uso e ocupação do solo podem interferir, qualitativamente e quantitativamente nesta demanda (MELLO, 1975, p.7).

Segundo a ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos (2004), alterações no uso do solo geram novas demandas de transportes e trânsito; a criação de novos Sistemas de Transportes gera por sua vez alterações no uso do solo; a mudança nas condições do trânsito também pode gerar mudanças no uso do solo e nas condições dos transportes públicos.

Sendo assim, os municípios devem ter controle efetivo sobre o seu desenvolvimento físico-territorial, o que implica em ter instrumentos legais de organização do uso e da ocupação do seu solo. Isto pode ser conseguido pela formação de recursos humanos adequados e pela promulgação de normas legais pertinentes a estes controles, principalmente os planos diretores e as leis de zoneamento.

Sobre a influência do uso e ocupação do solo urbano nos Sistemas de Transportes Hutchinson (1979) cita:

“Os Sistemas de Transportes Urbanos podem ser encarados como uma resposta às forças sociais e econômicas que existem nas áreas urbanas. Este meio ambiente urbano é influenciado pelas características dos Sistemas de Transportes. Diferentes tendências de desenvolvimento de solo resultam em diferentes demandas de Transportes e exigem diferentes Sistemas de Transportes para servi-las. O tipo do Sistema de Transportes utilizado também influencia o modelo de desenvolvimento do solo.”

Ferreira (1994) afirma que os problemas relativos aos transportes urbanos não são detectados apenas nos estudos acadêmicos e técnicos, mas também sentidos por toda a população. Um planejamento não estruturado, acarreta impactos negativos em toda estrutura urbana.

Portanto, o Planejamento de Transportes Urbanos é um processo contínuo, envolvendo uma interação entre *governo* e *comunidade urbana* nos vários níveis de planejamento. São eles: Planejamento Regional, Estratégico Urbano, Planejamento dos Sistemas de Transportes e Planejamento Funcional (Figura 2.2).

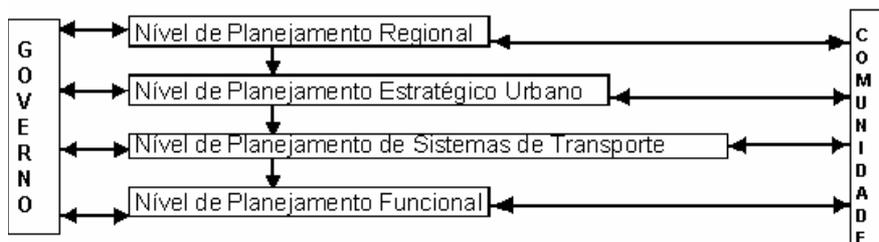


Figura 2.2 – Interação entre os diversos níveis de Planejamento, Governo e a Comunidade.

Fonte: HUTCHINSON, 1979, p. 307.

Os estudos do *Planejamento Regional* devem ter um período de horizonte de 20 a 50 anos e enfatizam principalmente a tendência geral de urbanização e seu impacto sobre o meio ambiente, explorando também as implicações a longo prazo do crescimento das riquezas, de tendências sociais e de variações tecnológicas.

No *Planejamento Estratégico Urbano* o principal objetivo é especificar conceitos alternativos de desenvolvimento urbano, com detalhes suficientes para permitir que suas implicações sobre transportes e serviços sejam examinadas. Avaliam-se alternativas de escolhas para a cidade em estudo. Estas alternativas devem ser analisadas até que se consiga que as demandas de viagens e outros serviços possam ser satisfeitos por sistemas viáveis.

Hutchinson (1979) apresenta os seguintes objetivos típicos para este nível de planejamento:

- minimizar os impactos adversos do desenvolvimento futuro sobre a área urbana existente;
- minimizar os efeitos prejudiciais do desenvolvimento futuro sobre o meio ambiente natural (poluição de rios, destruição das características da paisagem natural, etc.);
- assegurar que o emprego básico esteja devidamente localizado ao longo da área urbana, a fim de se obter compatibilidade entre emprego e domicílio;
- assegurar que um sistema viável de centros de empregos que atendem a população se desenvolva em compatibilidade com a distribuição da população;
- assegurar que o desenvolvimento futuro possa ser atendido adequada e economicamente.

O *Planejamento de Sistemas de Transportes* é normalmente desenvolvido para um período de 20 anos, sendo atualizado e/ou revisto em intervalos de cinco anos. Obtêm-se, neste nível de planejamento, um Plano de Transportes que mostra as localizações e a capacidade da rede viária principal e da rede de Transportes Públicos.

No nível de *Planejamento Funcional* visa-se dividir o Sistema de Transportes em uma série de projetos, desenvolver o planejamento detalhado e suas realizações.

2.1.1. Dados necessários ao Planejamento dos Transportes

Para o Planejamento dos Sistemas de Transportes são necessárias informações a respeito deste sistema (rede viária, demanda por viagens atraídas e produzidas, pesquisa O/D, frota), coleta de variáveis sócio-econômicas (população, densidade populacional, renda, empregos, escolas, dentre outras) e estudos ou legislação sobre o uso e ocupação do solo no município (Plano Diretor, Leis de Zoneamento).

Os dados coletados auxiliam na análise dos Sistemas de Transportes e na formulação de modelos matemáticos que permitem prever o comportamento futuro da demanda por transportes (MELLO, 1975, p.46). Assim, se torna possível programar/planejar o desenvolvimento do Sistema de Transportes, bem como o crescimento da cidade.

As “Pesquisas de Origem e Destino” (Pesquisas O/D) são riquíssimas fontes de informação para o Planejamento dos Transportes. São as pesquisas de demanda realizadas no próprio local, objeto do planejamento. Estas pesquisas podem ser realizadas de várias maneiras, visando sempre coletar dados que possibilitem a planificação dos Sistemas de Transportes.

As Pesquisas Domiciliares e as Pesquisas nas Vias são, de acordo com Mello (1975), os tipos mais usuais de Pesquisa O/D, e visam à determinação dos pontos iniciais e finais dos deslocamentos e a obtenção de informações sobre os motivos das viagens (emprego, lazer, compras), horários das viagens, número de veículos particulares, uso de transporte público, número de moradores, renda média, entre outras.

Os Planos de Transportes para zonas urbanas devem definir uma área na qual serão coletadas as informações necessárias à elaboração dos projetos. A fronteira que separa esta área das demais é denominada “Cordão Externo” ou “Linha de Contorno”. A área interna, delimitada por esta linha deverá ser subdividida em áreas menores, chamadas de “Zonas de Tráfego”. Cada zona possui um centro de gravidade denominado “Centróide”, no qual está concentrada a maior parte das atividades realizadas na zona (Figura 2.3).

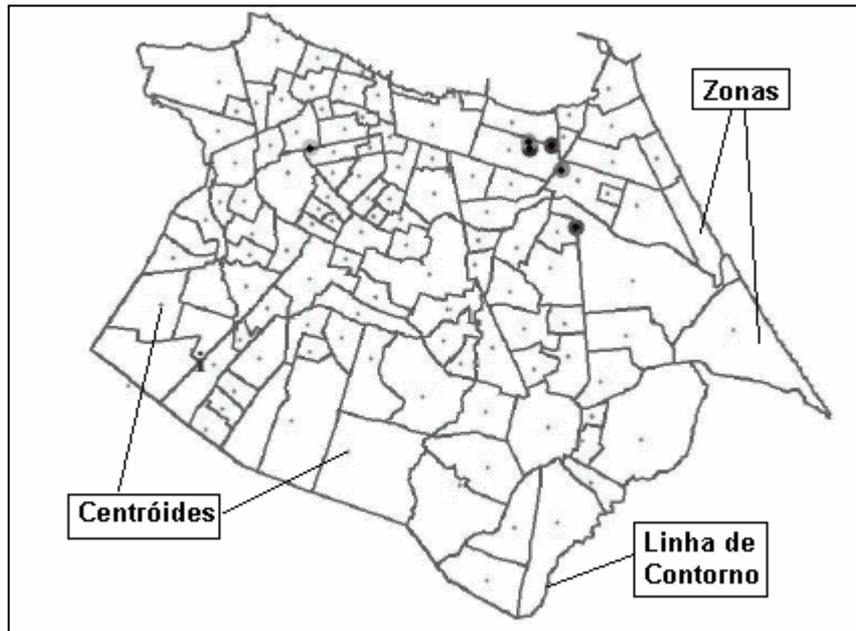


Figura 2.3 – Componentes da Área de Estudo nos Planos de Transportes.

Fonte: Adaptado de ARY, 2002.

Segundo Mello (1981), não existe uma regra fixa para estabelecer o número ou o tamanho das Zonas de Tráfego (ZTs). Isto dependerá, dentre outros fatores, da densidade populacional, concentração de atividades, das características de atração e produção de viagens e do volume de demanda existente.

Normalmente, as Zonas de Tráfego em áreas urbanas são constituídas por um bairro ou agrupamento de bairros com características econômicas ou sociais semelhantes, possibilitando a coleta de um número homogêneo de informações. A medida que as ZTs vão se afastando da área central e se aproximando da Linha de Contorno, tendem a apresentar maiores dimensões do que as demais.

De posse dos dados de origem e destino das viagens será possível traçar diagramas que indiquem a intensidade da demanda. Estes diagramas são denominados “Linhas de Desejo” que, traçados em escala, possibilitam visualizar o volume da demanda de acordo com o sentido de seu deslocamento (Figura 2.4).

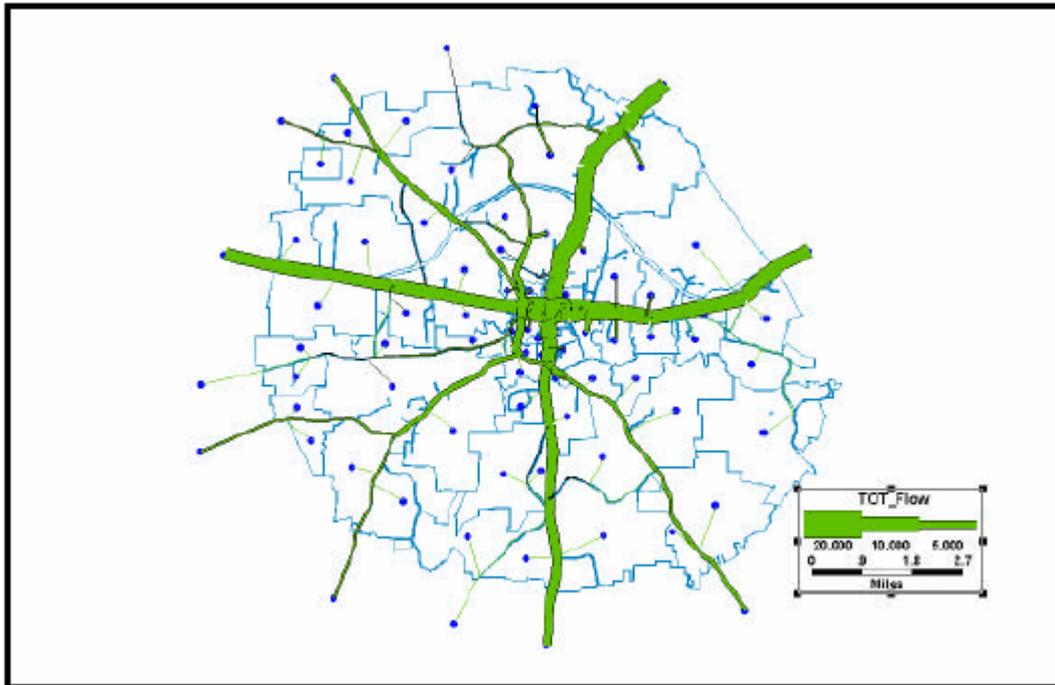


Figura 2.4 – Volume de demanda visualizado através das “Linhas de Desejo”.

Fonte: SMITHSON, 2001 .

2.2. MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Por um longo período, os planejadores pensavam empiricamente nos problemas ligados aos Sistemas de Transportes das cidades de porte médio e grande dos países desenvolvidos: congestionamentos; dimensionamento do sistema viário; acessibilidade; tempos médios de deslocamento e transbordo; poluição; acidentes entre outros. Elaborava-se um planejamento mais superficial, de curto prazo, com desconhecimento de planejamento estratégico e de tomada de decisão. Desta forma, estes problemas reapareceriam mais complexos de serem resolvidos (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 1990).

Durante a década de 50 foram desenvolvidos, nos Estados Unidos, os fundamentos da modelagem de transportes, importados, na década de 60, pelos ingleses. Na década de 70 importantes técnicas de modelagem foram desenvolvidas, integrando as previsões de demanda com as teorias econômicas (BATES,2000).

A partir de 1980, órgãos de planejamento têm direcionado suas atividades para o desenvolvimento de estratégias de longo prazo que permitam estabelecer Sistemas de Transportes com melhor integração utilizando-se recursos tecnológicos (DOT, 1997).

A modelagem em transportes tenta prever demandas futuras por meio de recursos matemáticos, computacionais, comportamentais entre outros. Desta forma, a análise dos problemas de transportes passou a ser feita com um embasamento teórico, através da utilização de modelos que visam representar as características de uma nova realidade.

Ortúzar e Willumsen (1990) definem modelo como sendo uma representação simplificada de uma parte do mundo real, que se concentra em certos elementos considerados importantes para a sua análise de um ponto de vista particular.

Para Ortúzar e Willumsen (1990), com o avanço e a disseminação das ferramentas computacionais, as estratégias de modelagem da demanda e oferta do sistema de transportes tornaram-se imprescindíveis no processo de tomada de decisão e do planejamento deste sistema.

Tem-se como vantagem na modelagem em transportes a possibilidade de se facilitar o processo de previsão de demanda em situações de estabilidade sócio-econômica. Como principal desvantagem tem-se o fato de que rápidas mudanças econômicas, sociais e tecnológicas não são acompanhadas pelos planos de transportes.

Um exemplo de modelo amplamente usado nas décadas de 60 e 70 é o denominado *Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas*, também conhecido como “abordagem tradicional”. Existem também modelos baseados nas escolhas provenientes dos diferentes comportamentos humanos, denominados de “abordagem comportamental”, entre outros (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 1990).

Segundo Dueker e Ton (2000), as complexas mudanças sociais, econômicas e físicas na sociedade, têm levado os planejadores a estudar melhor estas mudanças e tomar decisões mais eficientes e efetivas. Vários modelos têm se expandido com o objetivo de integrar os modelos de transportes e tecnologias, como por exemplo, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que serão tratados no item 2.4 deste capítulo.

Através dos *modelos de previsão de demanda*, o analista em transportes pode gerar um cenário futuro de uso e ocupação do solo e da demanda por transportes onde é possível: prever o crescimento sócio-econômico da cidade, o comportamento da demanda futura na rede viária, localizar vias com capacidade saturada, propor modificações na rota dos veículos e/ou na malha física viária e, até mesmo, verificar a eficácia do planejamento por meio de simulação dinâmica dos fluxos futuros alocados na rede viária, utilizando-se programas como o *Traffic Simulator Integrated System - TSIS*.

Para Ortúzar e Willumsen (1990), técnicas de modelagem utilizando programas se apresentam competentes para o planejamento do sistema contemporâneo de transportes. Porém, Novaes (1978) enfatiza que: *o uso indiscriminado do computador e de técnicas de otimização, sem a devida análise crítica dos dados e da adequabilidade das técnicas e dos modelos, pode levar a resultados bem distantes da realidade*.

2.2.1. Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas

A forma do Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 etapas é apresentada na Figura 2.5.

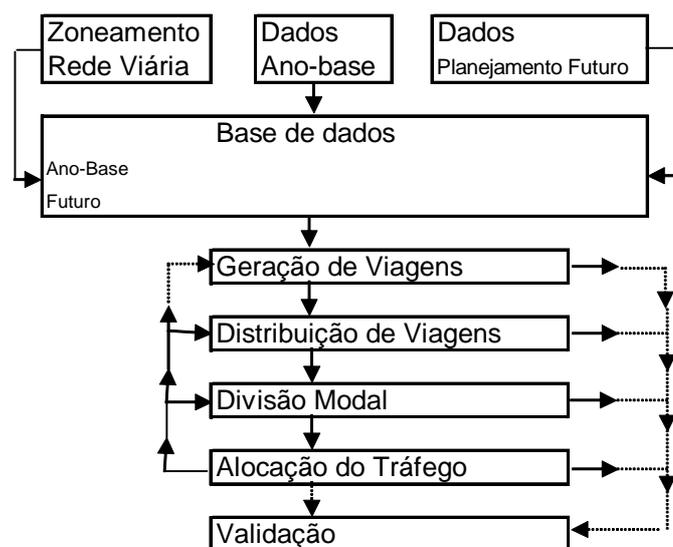


Figura 2.5 – Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas.

Fonte: Adaptado de ORTÚZAR E WILLUMSEN, 1990.

Percebe-se que o modelo inicia-se com a composição da base de dados formada pela rede viária e pelo zoneamento, pelos dados referentes ao ano-base e pelas variáveis previstas para o ano-horizonte, obtidas nos modelos calibrados.

Os dados do ano-base incluem variáveis sócio-econômicas da população em cada zona da área estudada e informações sobre o sistema de transportes. Utilizam-se esses dados para estimar o número total de produção e atração de viagens em cada zona da área em estudo (etapa de geração de viagens).

Em seguida, realiza-se a distribuição das viagens para todos os destinos, gerando uma matriz futura de viagens (Matriz O/D). O próximo passo envolve a escolha do modo de transportes, resultando na divisão modal, que consiste na repartição das viagens em matrizes para os diferentes modais. Por fim, realiza-se a alocação das viagens de cada modal na rede viária.

Portanto, esse modelo “clássico” ou “abordagem tradicional” é representado como uma seqüência de quatro submodelos: *geração e distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego* (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Modelo Convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas

Etapa do Planejamento	Resultado
Geração de Viagens	P_i, A_j : Total de produções na zona i e total de atrações na zona j
Distribuição de viagens	T_{ij} : número de viagens produzidas na zona i e atraídas à zona j (<i>fluxos interzonais</i>)
Divisão Modal	T_{ijm} : fluxos interzonais pelo modo de transporte m
Alocação de Tráfego	T_{ijmr} : fluxos interzonais pelo modo de transporte m , utilizando a rota r

Fonte: LOPES FILHO, 2003, p.30

2.2.1.1. Geração de Viagens:

Para Oliva *et al. apud* Lopes Filho (2003), a modelagem para a previsão de geração de viagens depende essencialmente da quantidade e da qualidade dos dados, e da forma estrutural dos modelos. Estes dados são obtidos através das relações observadas entre as características das viagens e informações sobre as atividades sócio-econômicas da população.

Ortúzar e Willumsen (1990) apresentam os seguintes fatores que influenciam na **produção** de viagens: renda, propriedade de automóvel, estrutura do domicílio, tamanho da família, valor do solo, densidade residencial, acessibilidade, entre outros. Como fatores que influenciam na **atração** de viagens numa dada zona pode-se citar: o número de empregos ofertados e o nível de atividade comercial.

Segundo Mello (1981), a área urbana, objeto de planejamento, deverá ser dividida em sub-áreas homogêneas, denominadas Zonas de Tráfego (ZTs), em relação às quais será determinado o número total de viagens.

Ortúzar e Willumsen (1990) relatam que desde o início da década de 50, várias técnicas foram propostas para determinar o número de viagens na origem (demanda produzida) ou destino (demanda atraída), em uma determinada Zona de Tráfego, por exemplo: modelos de fator de crescimento, de classificação cruzada e os de regressão linear (este último será tratado no item 2.3). Através destas funções, a demanda é relacionada às variáveis sócio-econômicas da área em estudo. O resultado da aplicação dos modelos de geração é o número de viagens produzidas, ou atraídas, por Zona de Tráfego, para os diferentes horizontes (curto, médio ou longo prazo).

2.2.1.2. Distribuição de viagens:

Uma vez definido o número de viagens produzidas ou atraídas nas Zonas de Tráfego que compõem a área em estudo, o passo seguinte é a determinação da origem e do destino dos movimentos interzonais futuros (distribuir as futuras viagens entre zonas de origem e destino). Para isto podem ser utilizados vários processos, desde a aplicação de simples fatores de crescimento à atual matriz O/D das viagens, até sofisticados modelos matemáticos.

De acordo com Bruton (1979), existem dois grupos tradicionais de modelos de distribuição de viagens: os métodos análogos e os sintéticos. Os primeiros são os mais simples e mais antigos, e usam fatores de crescimento para reproduzir o padrão de viagens no ano-base para um ano-horizonte específico, como exemplo tem-se o **Método de Fratar**. Já os métodos sintéticos estabelecem uma relação causal entre os movimentos interzonais e as leis físicas, projetando padrões futuros de viagens. Como exemplo tem-se o **Modelo Gravitacional** tradicional que supõe que os fluxos de viagens numa região ocorrem em função das características de produção e atração das zonas de origem e de destino e da resistência à sua realização (impedância).

a) **Métodos Análogos ou de Fatores de Crescimento:** são métodos em que fatores de crescimento são aplicados aos movimentos interzonais. Os métodos de fatores de crescimento de distribuição de viagens podem ser representados, em linhas gerais, pela Equação 2.1.

$$T_{ij} = t_{ij} \times E \quad (2.1)$$

Onde:

- T_{ij} é o fluxo previsto entre as zonas i e j (ano-horizonte);
- t_{ij} é o fluxo original entre as zonas i e j (ano-base);
- E é o fator de crescimento.

Silva (1998) apresenta três métodos de fator de crescimento:

- 1) **Método do Fator Uniforme de Crescimento:** a matriz atual de viagens é multiplicada por um fator baseado no crescimento do número de viagens. Por exemplo, se o crescimento previsto é da ordem de 50%, cada célula da matriz O/D é multiplicada pelo valor de 1,5.
- 2) **Método do Fator de Crescimento Restringido Simples:** cada célula da matriz atual de distribuição de viagens é multiplicada por uma taxa de crescimento variável, função do número de viagens produzidas (ou atraídas) no ano-horizonte e no ano-base (Equação 2.2).

$$T_{ij} = \left[\frac{P_i}{\sum_j t_{ij}} \right] \quad (2.2)$$

Onde:

- T_{ij} é o fluxo previsto entre as zonas i e j (ano-horizonte);
- P_i é previsão das viagens produzidas para a zona i ;
- t_{ij} é o fluxo original entre as zonas i e j (ano-base).

- 3) **Método do Fator de Crescimento Duplamente Restringido ou Modelo de Fratar:** a matriz futura de distribuição de viagens é determinada pelo número de viagens produzidas e atraídas no ano-horizonte e ano-base e por fatores de balanceamento. O processo é iterativo até a convergência desejada (por exemplo: 3% - variando de 0,97 a 1,03). É mais completo que os demais métodos baseados nos fatores de crescimento (Equação 2.3).

$$t_{ij}^h = t_{ij}^b \times f_i \times f_j \times \left(\frac{l_i + l_j}{2} \right) \quad (2.3)$$

Onde:

- t_{ij}^h é o número de viagens (por veículo ou passageiros) entre as zonas i e j no ano-horizonte;
- t_{ij}^b é o número de viagens (por veículo ou passageiros) entre as zonas i e j no ano-base;
- f_i e f_j são fatores de crescimento para as zonas i e j que refletem os crescimentos das produções (P_i) e atrações (A_j) de viagens esperadas entre o ano-base (b) e o ano-horizonte (h) (Equações 2.4 e 2.5).

$$f_i = \frac{P_i^h}{P_i^b} \quad (2.4)$$

$$f_j = \frac{A_j^h}{A_j^b} \quad (2.5)$$

- l_i e l_j são fatores locacionais (Equações 2.6, 2.7, 2.8 e 2.9).

$$l_i = \frac{P_i^b}{\sum_{j=1}^n (t_{ij}^b \times f_j)} \quad (2.6)$$

$$l_j = \frac{A_j^b}{\sum_{i=1}^n (t_{ij}^b \times f_i)} \quad (2.7)$$

$$P_i^b = \sum_j t_{ij}^b \quad (2.8)$$

$$A_j^b = \sum_i t_{ij}^b \quad (2.9)$$

- b) Métodos sintéticos:** são métodos nos quais o objetivo principal é o entendimento da relação causal associada aos movimentos, considerando-os como sendo similares a certas leis de comportamento físico. Uma vez que estas relações são entendidas, elas são projetadas para o futuro e os padrões de viagem apropriados são obtidos. Um exemplo de modelo sintético é o Modelo Gravitacional.

Segundo Silva (1998), baseados em conceitos da teoria Newtoniana, **os Modelos Gravitacionais** consideram que o número de viagens entre duas zonas é diretamente proporcional ao produto do número de viagens produzidas em uma zona e do número de viagens atraídas para outra, e inversamente proporcional ao grau de separação entre elas. Diversas medidas de impedância têm sido utilizadas para indicar o grau de separação entre zonas, dentre elas tem-se: distância de percurso, tempo de viagem, custo de viagem.

O número de viagens futuras entre os pares de zonas (T_{ij}) pode ser expresso através da expressão gravitacional (Equação 2.10) do tipo:

$$T_{ij} = k \times \frac{P_i \times A_j}{d_{ij}^b} \quad (2.10)$$

Onde:

- T_{ij} é o número de viagens entre zonas no ano-horizonte
- d_{ij} é o fator de resistência (impedância) à realização da viagem entre as zonas;
- k e b são constantes a serem obtidas no processo de calibração;
- P_i é o número de viagens produzidas na zona i ;
- A_j é o número de viagens atraídas na zona j .

O modelo apresentado pela Equação 2.10 não é linear, porém através de uma transformação matemática pode ser linearizado. Isolando-se a variável d_{ij} tem-se (Equação 2.11):

$$\left(\frac{T_{ij}}{P_i \times A_j} \right) = k \times (d_{ij})^{-b} \quad (2.11)$$

Aplicando-se logaritmos na Equação 2.11, chega-se a seguinte expressão linearizada:

$$\log \left(\frac{T_{ij}}{P_i A_j} \right) = \log k - b \times \log d_{ij} \quad (2.12)$$

Resolvendo-se a regressão linear com $\log d_{ij}$ como variável independente (X_i) e $\log \left(\frac{T_{ij}}{P_i \times A_j} \right)$ como variável dependente (Y_i), encontra-se os coeficientes a e B (Equação 2.13).

$$Y_i = a + B \times X_i \quad (2.13)$$

Sendo assim, é possível encontrar os valores de \mathbf{k} ($a = \log k$) e \mathbf{b} ($b = -B$), necessários para o cálculo de \mathbf{T}_{ij} (Equação 2.10). Com o modelo de distribuição de viagens calibrado pode ser obtida a matriz de viagens para o ano-horizonte de projeto.

2.2.1.3. Divisão Modal:

A divisão modal pode ser definida como a divisão proporcional das viagens realizadas pelas pessoas, entre os diferentes modos de transportes.

Estes modelos permitem fazer a divisão do número total de viagens, entre viagens feitas por transportes público e privado, ou ainda entre diferentes modalidades de transportes: ônibus, trolebus (ou troleibus), metrô, trem de subúrbio entre outros.

Segundo Ortúzar e Willumsen (1990), os fatores que influenciam a escolha do modo de transportes estão divididos em três grupos: características do usuário (renda, estrutura domiciliar, posse de veículos, entre outros.); características da viagem (propósito da viagem, hora do dia em que a viagem é realizada, entre outros.) e características do Sistema de Transportes (tempo de viagem, custo, condição de conforto, entre outros.). Esses modelos são de aplicação restrita e de difícil generalização. São usados modelos matemáticos baseados no comportamento dos usuários (MELLO, 1981, p.31).

2.2.1.4. Alocação do Tráfego:

Os modelos de alocação do tráfego atribuem os fluxos de veículos em uma rede viária ou fluxos de passageiros nos Transportes Públicos, associados com cenários atuais e de planejamento futuro.

Os dados de entrada no modelo de alocação são: a matriz de fluxos que indica os volumes de demanda entre pares de origem e destino; uma rede composta por nós (interseções e

centróides) e arcos (vias) e seus atributos e por fim, princípios ou regras de seleção de rotas pertinentes ao problema em questão (LOPES FILHO, 2003, p.40).

De acordo com Silva (1998), os fluxos para cada par O/D são carregados na rede, baseados no tempo de viagem ou em alguma outra medida de viagem (distância, custo) nos caminhos mínimos utilizados por este tráfego.

Os processos de alocação do tráfego exigem que seja cadastrada a malha viária, medido o tempo total de viagem (composto pelo somatório dos tempos de espera na parada, de acesso ao sistema, dentro do veículo e/ou de eventuais transbordos) e a capacidade de cada trecho da rede.

Dentre os métodos de alocação de tráfego tem-se (CALIPER, 1996):

1. *Atribuição All or Nothing* (Tudo ou Nada): Neste método, todo o fluxo de um par O/D é alocado ao caminho mais curto que liga a origem e o destino (dois centróides). Trata-se de um modelo não-realista, pois somente um caminho é utilizado entre todo par O/D, mesmo que existam outros caminhos com custo ou tempo de viagem iguais ou próximos. Não considera também problemas de capacidade ou o nível de congestionamento nos arcos; e o tempo de viagem é um parâmetro constante não variando com o fluxo no arco.
2. *Atribuição STOCH* (Estoque): Distribui o fluxo entre os múltiplos caminhos dos pares O/D sendo que a proporção do fluxo nos diferentes caminhos é igual à probabilidade de escolha de cada um deles. Tal lógica é implementada comparando-se o menor tempo de viagem de um caminho com os tempos de viagens dos outros caminhos. Este método também não considera uma análise de volume de tráfego, portanto não tende a um equilíbrio.
3. *Atribuição Incremental*: Processo no qual os volumes de tráfego são alocados por passos. A cada passo uma proporção da demanda total é atribuída baseada no método da atribuição “Tudo ou Nada”. Para cada passo a seguir os tempos são recalculados, baseando-se nos volumes dos trechos. Quando ocorrem muitos incrementos pode-se pensar que se trata de uma atribuição de equilíbrio, mas não é, pois se nota inconsistências nos volumes dos trechos e nos tempos de viagens.

4. *Restrição de Capacidade:* Este método procura se aproximar de uma solução de equilíbrio por meio de interação, efetuando uma alocação “Tudo ou Nada” para carregamento de tráfego e recalculando os tempos de viagens através de uma função de congestionamento que reflete a capacidade nos arcos. Este método não converge para uma solução de equilíbrio e tem um problema adicional, pois os resultados dependem muito do número específico de iterações efetuadas. Uma iteração a mais ou a menos pode influenciar os resultados substancialmente.
5. *Equilíbrio de Usuários:* É um processo iterativo para encontrar-se uma solução convergente, considera-se que todos os viajantes têm perfeita informação de todas as possibilidades de escolhas na rede, e que todos escolhem as rotas que minimizam seus tempos de viagens e custos, o que não corresponde com a realidade.
6. *Equilíbrio de Usuários Estocástico:* É uma generalização do modelo anterior que assume que os viajantes não têm um conhecimento perfeito da rede e eles atribuem custos diferentes em diferentes caminhos. Produzem assim resultados mais realísticos.
7. *Sistemas Ótimos:* Calcula uma atribuição que minimiza o tempo total na rede. Assim o sistema ótimo consiste num modelo que reduz o congestionamento da rede indicando a todos os usuários quais rotas eles devem usar. Apesar de difícil aplicação em casos reais é usado para cenários de Sistemas de Transportes Inteligentes.

Alguns dos objetivos da atribuição de tráfego, de acordo com Bruton (1979), são:

- 1) verificar as deficiências do atual Sistema de Transportes, atribuindo-se as estimativas de viagens futuras à rede viária existente;

- 2) avaliar os efeitos de pequenos melhoramentos e extensões do Sistema de Transportes existente, atribuindo-se as estimativas das viagens futuras à rede de transportes modificada/melhorada;
- 3) determinar prioridades de construções (viadutos, vias, etc.) no Sistema de Transportes;
- 4) testar várias propostas de Sistemas de Transportes.

2.3. CALIBRAÇÃO DOS MODELOS

Os modelos de geração e distribuição de viagens e de alocação de tráfego podem ser calibrados utilizando-se o método de regressão linear simples ou múltipla. Muitos programas para cálculos estatísticos realizam com precisão as análises de regressão linear, bem como fornecem os testes de significância estatística.

Para Silva (1998), regressão linear é, talvez, a ferramenta estatística mais usada para determinar relações entre os dados que serão utilizados. O *Modelo de Regressão Linear* define a relação entre medidas de interesse (variável dependente) e outras medidas das quais ela pode depender (variáveis independentes).

A análise do diagrama de dispersão dos pontos onde cada par de valores representa a variável independente X (eixo horizontal) e a variável dependente Y (eixo vertical) permite observar os tipos de relacionamentos existentes. Se o diagrama de dispersão indica uma relação linear, então pode-se ajustar os dados a uma linha reta. Esta reta é determinada pelo método dos mínimos quadrados. Uma inclinação positiva da reta indica uma relação direta entre as variáveis e uma inclinação negativa indica uma relação inversa.

Kazmier (1976), cita como uma das hipóteses gerais do modelo de regressão, a existência de uma relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes. Caso a relação entre as variáveis não seja linear, deve ser passível de linearização.

2.3.1. Regressão Linear Simples

A análise de regressão linear simples indica que a predição da variável dependente é feita com base em uma única variável independente.

Dados n pares de valores de duas variáveis X_i e Y_i ($i= 1,2,\dots,n$), admitindo-se que Y é função linear de X , a equação de regressão linear é a fórmula algébrica pela qual se determina o valor previsto da variável dependente (Equação 2.14).

$$Y_x = a + B \times X \quad (2.14)$$

Onde:

- **a** é o ponto de interseção da reta com o eixo Y ($X=0$);
- **b** é a declividade da reta;
- **X** é o valor da variável independente;
- **Y_x** é o valor estimado da variável dependente.

Pelo critério dos mínimos quadrados tem-se que, para a reta de regressão, o melhor ajuste é aquele para a qual é mínima a soma dos quadrados dos desvios entre os valores observados e os estimados da variável dependente. Os coeficientes **a** e **b** (Equação 2.14) são obtidos pelas equações 2.15 e 2.16 respectivamente:

$$a = Y_m - bX_m \quad (2.15)$$

$$b = \frac{\sum XY - nX_m Y_m}{\sum X^2 - nX_m^2} \quad (2.16)$$

A validade estatística do modelo de regressão linear é dada através dos testes de significância estatística descritos a seguir:

- a) **Coefficiente de correlação múltipla (R):** indica o grau de associação entre a variável dependente (Y) e as variáveis independentes (X). O valor de “R” encontra-se dentro do intervalo **-1** e **1**, inclusive. Quanto mais o valor de “R” se aproximar de 1, melhor a relação linear entre as variáveis.

A significância de “R” está no seu quadrado (R^2), que representa a porcentagem da variação da variável dependente (Y), explicada pela variável independente (X). O valor de “ R^2 ” varia entre 0 e 1 e é calculado usando-se a Equação 2.17:

$$R^2 = \frac{\sum Y_e^2}{\sum Y^2} \quad (2.17)$$

Onde:

- Y_e são os valores estimados pelo modelo e;
- Y são os valores reais observados.

b) Teste “t” (distribuição t de Student): os parâmetros necessários para análise são o nível de significância estatística e o grau de liberdade. O nível de significância estatística é a chance aceita de haver um erro, geralmente adotado menor do que 5 % e o valor de t de referencia é obtido através da tabela da distribuição t de Student.

$$t = \frac{b_n}{\text{Erro Padrão}} \quad (2.18)$$

Segundo Bruton (1979), o valor de “t” calculado deve ter um valor de pelo menos 2,0 para que haja significância. Variáveis independentes com “t” menor do que 2,0 não apresentam uma relação significativa com a variável dependente e, portanto, em nada contribuem para a equação.

- c) Erro Padrão de Estimativa (EPE ou $S_{y(e)}$)** – indica o grau de variação dos dados em relação à linha da regressão estabelecida. É usado para avaliar a qualidade da equação de regressão para o propósito de previsão.
- d) Teste “F”** – É uma estatística para testar a hipótese nula de que não existe diferença entre as variâncias das distribuições observada e a estimada que são consideradas normalmente distribuídas. Portanto, esta estatística **F** é calculada pela relação dos quadrados das duas variâncias e comparada com o valor obtido na distribuição **F** com

base no número de graus de liberdade e no nível de significância adotado menor que 5%.

2.3.2. Regressão Linear Múltipla

A análise de regressão múltipla indica que a predição da variável dependente é feita com base em duas ou mais variáveis independentes.

Considera-se, segundo Hoffmann (1998), a influência de dois ou mais fatores independentes agindo simultaneamente com reflexos no total de viagens. Mede-se separadamente a influência de cada fator atuando em associação com outros fatores, com o propósito de produzir uma equação do tipo:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_n x_n \quad (2.19)$$

Onde:

- a, b_1, b_2, \dots : parâmetros do modelo
- x_1, x_2, \dots : variáveis independentes relacionadas, por exemplo, com o uso do solo e as características sócio-econômicas.
- Y : variável dependente que indica uma medida da zona de tráfego em termos de movimentos de pessoas, de modais ou propósitos de viagens.

A análise de regressão linear simples e múltipla utilizadas para a *geração de viagens* apresentam algumas críticas. Dentre elas, tem-se que a utilização da equação obtida para fins de previsão deve assumir que os coeficientes de regressão estabelecidos em um dado tempo (ano-base) permanecerão válidos para o ano-horizonte.

2.4. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Segundo Câmara e Medeiros (1998), o termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e numéricas para o tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia denotada por Geoprocessamento, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Os instrumentos computacionais do Geoprocessamento são chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Os SIGs permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes (censo, cadastro urbano e rural, dados de clientes, pesquisas etc.) e ao criar bancos de dados georeferenciados.

Câmara e Medeiros (1998) descrevem o termo Sistemas de Informações Geográficas como referente àqueles sistemas que efetuam tratamento numérico de dados geográficos.

Segundo Dueker e Ton *apud* Lopes Filho (2003), um SIG pode ser definido como um sistema que incorpora três componentes básicos para manipular dados espaciais: *interface gráfica, sistema de gerência de banco de dados e ferramentas de modelagem espacial.*

Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão *georeferenciados*, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica adequada. Os dados tratados em Geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. Há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para a produção de mapas;
- como suporte para a análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

O Geoprocessamento tem como objetivo fornecer ferramentas computacionais para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos. O Quadro 2.2 apresenta alguns processos de análises espaciais típicos de um SIG.

Quadro 2.2 – Exemplos de Análises Espaciais

Análises	Pergunta Geral	Exemplos
<i>Condição</i>	“O que está ...”	“Quais são as zonas com mais de 5.000 habitantes ?”
<i>Localização</i>	“Onde está...?”	“Onde está a Rua Pio XII?”
<i>Tendência</i>	“O que mudou...?”	“Qual é a densidade populacional para o ano-horizonte X da zona A ? Em relação ao ano-base, qual foi o acréscimo populacional nesta zona?”

<i>Roteamento</i>	“Por onde ir...?”	“Qual é o caminho mínimo (tempo/custo) para se atender a demanda que possui origem na zona A e destino na zona B?”.
<i>Padrões</i>	“Qual o padrão...?”	“Como as viagens futuras encontram-se distribuídas entre os pares de zonas de origem e destino ?”.
<i>Modelos</i>	“O que acontece se...?”	“Qual o impacto no Sistema de Transportes se acontecer o evento B ?”

Fonte: Adaptado a partir de CÂMARA E MEDEIROS, 1998, p.9.

Muitas são as definições de SIG encontradas nas literaturas nacional e estrangeira. A seguir estão listadas algumas destas definições:

Os Sistemas de Informações Geográficas podem ser considerados, sob o ponto de vista da sua funcionalidade, como: um conjunto de ferramentas, para a recolha, armazenamento, organização e seleção, transformação e representação da informação de natureza espacial do mundo real, para um determinado conjunto de circunstâncias (BURROUGH, 1986).

Sistemas de Informações Geográficas são sistemas computacionais usados para armazenar e manipular informação geográfica. São sistemas concebidos para recolher, armazenar e analisar objetos e fenômenos em relação aos quais a localização geográfica é uma característica importante ou crucial para o problema em análise (ARONOFF, 1989).

2.4.1. A utilização dos SIGs em Transportes no Brasil

Loureiro e Ralston (1996) afirmam que os SIGs constituem uma poderosa ferramenta no planejamento, operação e análise de Sistemas de Transportes, à qual podem integrar funções básicas de um SIG às rotinas específicas de logística, pesquisa operacional e transportes em geral. Estas rotinas permitem dentre outras funções, determinar a rota de menor impedância entre nós e distribuir viagens entre zonas, resolver problemas convencionais de roteamento e programação de veículos, localização de instalações, alocação de recursos em redes e alocação de demanda.

Os planejadores brasileiros passaram a contar, a partir da década de 90, com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que integram os modelos de transportes e tecnologias.

Criou-se, inclusive, uma nomenclatura para designar a adaptação e adoção da tecnologia SIG para propósitos específicos em transportes: SIG-T (NCHRP,1993). Um exemplo de SIG-T é o programa *TransCAD*, produzido pela Caliper Corporation, que realiza tarefas como: análise de redes viárias; roteirização e logística; planejamento de transportes e modelos de previsão de demanda (geração e distribuição de viagens, divisão modal e alocação do tráfego); regionalização e localização de instalações.

Lopes Filho (2003) apresenta algumas características que um SIG-T teve possuir:

- esquemas de representação de rede mais adaptados para aplicações em transportes. Isto se faz necessário, pois o SIG inicialmente tratava apenas do gerenciamento de recursos naturais. Nesta área de recursos naturais o processamento de dados referentes a polígonos é mais importante que a representação de redes. Já esta última é uma das principais aplicações em transportes;
- capacidades analíticas específicas. Modelos analíticos para a resolução de problemas de transportes, como a obtenção de caminhos mínimos, devem ser incorporados ao sistema para aumentar a sua aplicabilidade.

Muitas pesquisas referentes ao Planejamento de Transportes auxiliado por Sistemas de Informações Geográficas têm sido publicadas no meio acadêmico desde 1990. Estes trabalhos tratam de problemas como acidentes, roteirização, uso do solo, acessibilidade, localização de instalações, redução de custos, análises de rede viária, previsão de demanda, entre outros.

Simões et al. (1998) apresentou em seu trabalho, a utilização do SIG-T *TransCAD* para o planejamento de transportes na análise de dados sobre acidentes, considerando aspectos referentes a localização, informação, seleção de dados e estatística dos acidentes. Verificou a correlação entre acidentes e declividade longitudinal de trechos da avenida principal de São Carlos, cidade localizada no interior de São Paulo, que apresenta alto índice de acidentes e possui declividades acentuadas em sua extensão. Concluiu que o SIG utilizado constitui uma ferramenta adequada na manipulação e apresentação dos dados de acidentes, com recursos de cálculo e visuais eficientes.

Mocellin e Hamacher (2002) utilizaram o programa *TransCAD* para a obtenção das rotas mais econômicas em um estudo de roteamento da entrega domiciliar de jornais, em função

do percentual de assinaturas, objetivando minimizar o tempo de passagem em arcos improdutivos, mantendo a qualidade do serviço e procurando equilibrar o trabalho dos diferentes entregadores (reduzir o custo da entrega).

Tanure e Hamacher (2002) apresentaram um estudo que busca otimizar a distribuição de correspondência para os depósitos auxiliares dos CORREIOS na zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Utilizaram o SIG-T *TransCAD* para armazenar e visualizar as informações georeferenciadas do problema, bem como promover resultados sobre roteamento, comparando-os com as rotas existentes atualmente.

Cavalcante (2002) descreve um estudo que busca encontrar relações entre a quantidade de transbordos e o tempo e o custo da viagem em um Sistema de Transportes Públicos de passageiros. Ele utiliza o programa *TransCAD* para a entrada de dados referentes à Pesquisa de Opinião do Usuário de Transportes Coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza, que auxiliaram na estimativa de coeficientes, na produção de mapas de localização das entrevistas, etc. Os resultados encontrados demonstraram que os usuários, independente do tempo gasto nos transbordos, valoraram um transbordo como sendo igual a 7,2% do custo médio atual da viagem.

Pinto e Lindau (2003) relatam a experiência de montar um cadastro de linhas de ônibus intermunicipais usando o programa *TransCAD*. Entre as vantagens deste trabalho estão: possibilidade de otimização do número de veículos, das tripulações e horas extras; aumento do número de passageiros transportados, conseqüentemente; aumento da receita; melhor controle da operação global do sistema, adequando frequências e trajetos; melhores índices de eficácia e eficiência; melhor atendimento ao usuário.

Lima e Silva (2003) avaliaram, com o auxílio do *TransCAD*, a influência da acessibilidade aos modos de transportes sobre o valor dos terrenos urbanos, para a cidade paulista de Araraquara, com cerca de 160.000 habitantes. Levantaram os valores de imóveis em diferentes zonas da cidade e confrontaram com as características da oferta de Transportes Urbanos nestas regiões, quantificadas numericamente através de uma ou mais medidas de acessibilidade identificadas na literatura de planejamento de transportes. Também correlacionaram os elementos estudados, visando estabelecer bases para uma estratégia de tributação mais justa dos imóveis urbanos, em particular dos lotes vazios, desocupados. Os

resultados mostraram que o estudo da acessibilidade pode ser de grande valia na avaliação dos valores dos terrenos, bem como no estabelecimento de critérios para a tributação.

Lopes Filho (2003) realizou uma pós-avaliação do processo de previsão de demanda por transportes no município de Fortaleza, relativo ao período compreendido entre o final das décadas de 70 e 90. Utilizou o SIG-T *TransCad* para o armazenamento e análise dos dados, calibração dos modelos de previsão de demanda e visualização dos resultados, produzindo mapas temáticos. A pesquisa mostrou que a demanda prevista empiricamente pelos planejadores foi superestimada para o ano-horizonte e a demanda simulada através de modelos de previsão para um horizonte de 20 anos (final da década de 90) também se apresentou superior à observada atualmente. Portanto, Lopes Filho (2003) apresenta as dificuldades de se planejar um Sistema de Transportes de longo prazo, mesmo com um ferramental analítico de previsão de demanda, sem um efetivo controle do uso do solo, além da ausência de um contínuo monitoramento ao longo de sua vigência.

2.4.2. Dados em Geoprocessamento

O elemento central de um SIG é o seu banco de dados, que contém dados referentes às características de uma dada região do globo terrestre.

A característica dos SIGs de trabalhar com dados que possuem um componente espacial (uma posição geográfica definida) e um componente não-espacial (seus atributos: propriedades e valores) implica que o usuário deve ter conhecimento das ferramentas de desenho (parte gráfica) e de tabelas e relacionamentos (banco de dados).

Entende-se por “dados” como sendo um conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos. Os dados são fatos crus, fatos detalhados que existem em grandes volumes em toda organização. Diferente do dado, a “informação” tem significado. Informação são “dados dotados de relevância e propósito”, representadas pela formalização ordenada e útil dos dados. E, por “conhecimento”, entende-se como a capacidade de transformar informações em resultado de valor.

Um *dado geográfico* possui uma *localização geográfica*, expressa como coordenadas em um espaço geográfico, e *atributos descritivos*, que podem ser representados em um banco

de dados convencional. O termo *espaço geográfico* pode ser definido como uma coleção de localizações na superfície da Terra, sobre a qual ocorrem os fenômenos geográficos. Portanto, o *espaço geográfico* define-se em função de suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa, podendo então ser cartografado (CÂMARA E MEDEIROS, 1998, p.5).

A noção de *informação espacial* está relacionada à existência de objetos com propriedades, as quais incluem sua localização no espaço e sua relação com outros objetos. Estas relações incluem conceitos topológicos (vizinhança, pertinência), métricos (distância) e direcionais (“ao norte de”, “acima de”). A relação entre os objetos é denominada de Topologia.

O entendimento da tecnologia de Geoprocessamento requer uma descrição dos diversos tipos de dados utilizados em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e de suas representações computacionais (numéricas). Os principais tipos de dados, segundo Câmara e Medeiros (1998), são: *Mapas Temáticos, Mapas Cadastrais, Redes, Imagens e Modelos Numéricos de Terreno (MNT)*.

Os mapas temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, como por exemplo, a população urbana nas zonas, a densidade populacional, o número de empregos, de forma a apresentar para cada intervalo de valores desta grandeza uma representação diferente. Pode-se também, produzir mapas temáticos que apresentem gráficos indicando, por exemplo, o aumento populacional em cada zona nos últimos 10 anos; o número de viagens atraídas e produzidas em cada zona; entre outros.

Os mapas cadastrais distinguem-se dos mapas temáticos no sentido de que cada elemento é considerado como um objeto geográfico, possuindo atributos e podendo estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos, tais como o nome do dono, a localização, o valor venal, o valor de IPTU devido etc. e que podem ter representações gráficas diferentes. Os atributos ficam armazenados num sistema gerenciador de banco de dados (Figura 2.6).

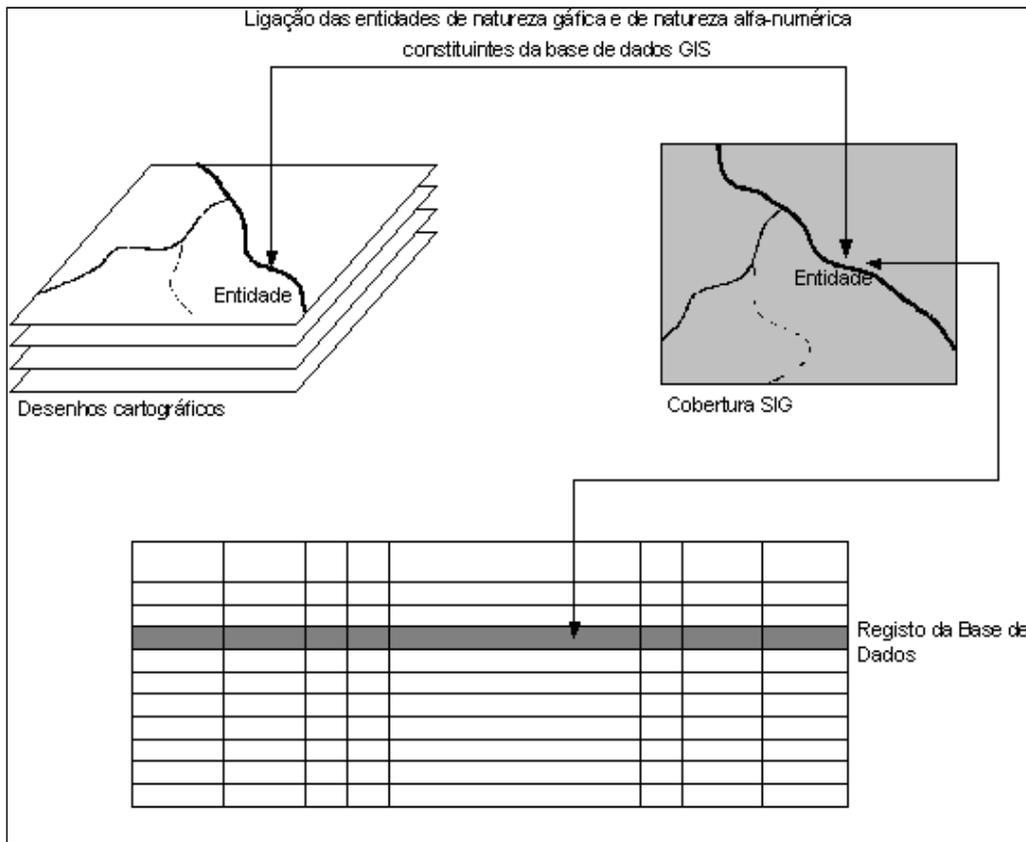


Figura 2.6 – Mapas Cadastrais

Fonte: www.versus-Ida.pt/gisantiago.htm

Em Geoprocessamento, o conceito de *rede* denota as informações associadas a:

- serviços de utilidade pública, como água, luz, telefone;
- redes de drenagem (bacias hidrográficas);
- ruas, rodovias.

No caso de redes, cada objeto geográfico, tais como rotas de ônibus, canos de água, possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a certos atributos descritivos armazenados no banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: os atributos de arcos incluem o sentido do fluxo e os atributos nós, sua impedância (custo de percurso).

Para se criar uma rede é preciso, inicialmente, criar as ligações. A rede deve ser considerada como sendo um grafo que, de uma maneira simplificada, é uma estrutura matemática composta de pontos e traços. Os pontos são denominados de **nós** e os traços de **arcos** (segmentos, braços, links, etc.). A Figura 2.7 apresenta um esquema de um grafo:

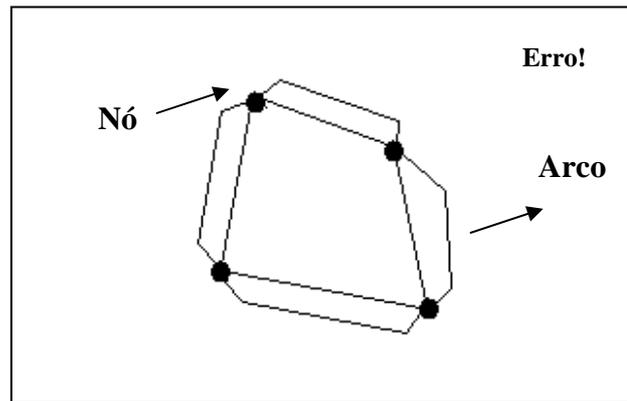


Figura 2.7 – Exemplo de um grafo.

2.4.3. Representações Numéricas de Mapas

Segundo Câmara e Medeiros (1998), existem duas grandes classes de representações numéricas de mapas: *vetoriais e matriciais*.

a) Representação Matricial

Nesta representação, o espaço é representado como uma matriz $P(m,n)$, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e, cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. Nesta representação, supõe-se que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula é associada a uma porção do terreno (Figura 2.8).

b) Representação Vetorial

Nesta representação consideram-se três elementos gráficos: **pontos** (elementos pontuais), **linhas** (arcos) e **áreas** (polígonos) (Figura 2.8).

Os pontos, ou elementos pontuais, dizem respeito a qualquer entidade geográfica que pode ser perfeitamente posicionada por um único par de coordenadas (x,y) . Porém, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser armazenados para indicar de que tipo de ponto está se tratando. Por exemplo, um ponto (espacial) de parada de ônibus pode armazenar informações não-espaciais como: quais e quantos ônibus passam por este ponto, os horários de atendimento pelos ônibus, média de pessoas atendidas, a(s) rota(s) a(s) qual(ais) pertence, comércios próximos, entre outros.

Já as linhas, ou arcos, ou elementos lineares, são um conjunto de pontos conectados e também possuem atributos que descrevem que tipo de linha se trata.

Por fim, as áreas ou polígonos, são representados pelo conjunto de linhas que os compõem possuindo também, atributos que descrevem as características de cada uma das áreas.

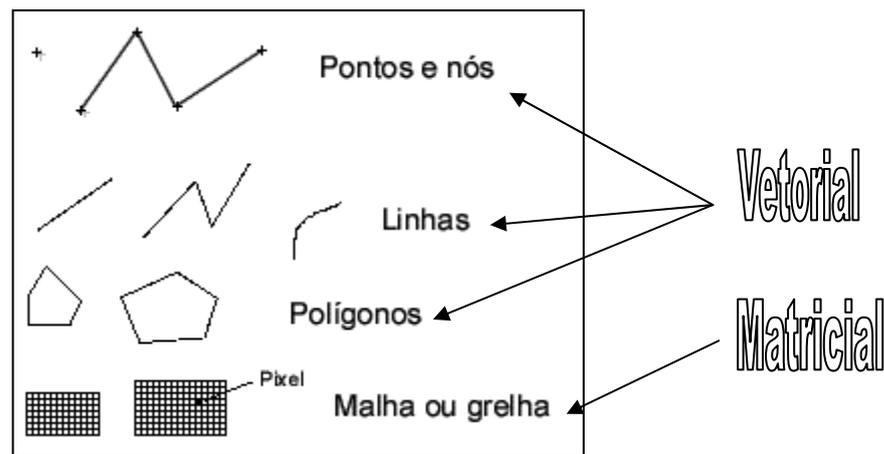


Figura 2.8 – Representações vetoriais e matriciais de mapas.

Fonte: Adaptado de www.versus-Ida.pt/gisantiago.htm

2.4.4. Potencialidades dos SIGs

As potencialidades de um SIG decorrem da sua habilidade em integrar grandes quantidades de informação e na capacidade de utilizar uma infinidade de ferramentas analíticas para explorar esses dados.

As tarefas que os SIGs se propõem a fazer são (SIGs, 2003):

1. **Organização dos dados:** armazenar dados de modo a substituir a mapoteca analógica por uma mapoteca digital possui vantagens óbvias, dentre as quais podem ser citadas a redução do espaço físico; o fim da deterioração dos produtos de papel; a pronta recuperação dos dados e atualização mais facilitada; a possibilidade de se produzirem cópias sem a perda de qualidade;

2. **Visualização de dados:** a possibilidade de selecionar apenas os níveis de informação desejados, montando-se mapas temáticos de acordo com o contexto, supera qualquer produto em papel. Apesar de subestimada, a capacidade de análise do olho humano é essencial em um estudo que envolve informação espacial;
3. **Produção de mapas:** em geral os SIGs possuem ferramentas completas para a produção de mapas, tornando bastante simples a inclusão de grades de coordenadas, escalas gráfica e numérica, legenda, norte e textos diversos, sendo muito mais indicado para a cartografia do que os simples sistemas de CAD;
4. **Consulta espacial:** possivelmente a função mais importante dos SIGs. A possibilidade de responder quais as propriedades de um determinado objeto, ou em quais lugares tais propriedades ocorreriam, torna a interação entre o usuário e os dados extremamente dinâmica e poderosa;
5. **Análise espacial:** consiste no uso de um conjunto de técnicas de combinação entre os níveis de informação, de modo a evidenciar padrões dentro dos dados anteriormente ocultos ao analista. É uma maneira de inferir significado a partir dos dados;
6. **Previsão:** um dos propósitos do SIG é o de verificação de cenários, modificando-se os parâmetros de maneira a avaliar como os eventos, naturais ou não, ocorreriam se as condições fossem diferentes, visando obter um conhecimento mais geral do objeto ou área em estudo.

O SIG é um sistema no qual é possível produzir dúzias ou centenas de camadas de mapas capazes de exibir informação sobre redes de transportes, características das zonas de tráfego, população, empregos, densidades populacionais, entre outros.

A possibilidade de separar a informação em camadas e então combiná-las com outras camadas de informação é a razão pela qual o SIG oferece tão grande potencial como ferramenta de pesquisa e apoio à tomada de decisão (Figura 2.9).

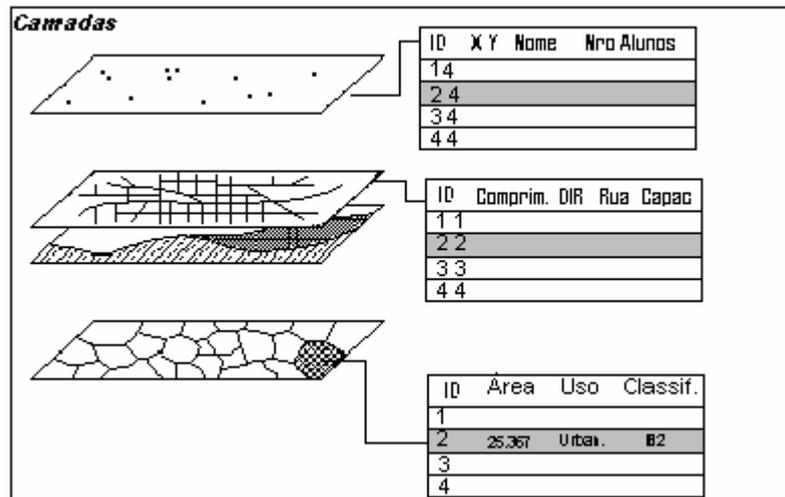


Figura 2.9 – SIGs: produção de mapas, combinação de várias camadas, consulta espacial.

Fonte: Adaptado a partir de www.versus-Ida.pt/gisantiago.htm

Santos *apud* Aguiar (2003) afirma que os SIGs podem ser aplicados nos três níveis de planejamento: *operacional, tático e estratégico*.

- As atividades operacionais são aquelas do dia-a-dia, geralmente volumosas e trabalhosas (itinerários e programação de viagens, carregamento de veículos).
- As atividades típicas do nível gerencial são aquelas que exigem decisões de caráter tático (problemas de dimensionamento de frotas, melhor localização para terminais, qual a região com maior demanda por transportes públicos).
- No nível estratégico, as atividades são aquelas que contribuem diretamente para o cumprimento dos objetivos fundamentais da organização

Ferrari (1997) apresenta no Quadro 2.3 alguns exemplos de funções típicas de SIG utilizados por prefeituras nos diferentes níveis de planejamento.

Quadro 2.3 – Exemplos de funções típicas realizadas por SIGs em prefeituras

Nível	Função
Operacional	Regularização e projeto de vias públicas
	Definição de valores tributários
	Controle de equipamentos urbanos
	Controle operacional de Transportes Coletivos do Município
	Controle de manutenção da rede de pavimentação
	Controle de sinalização viária
	Acompanhamento de obras públicas
	Distribuição de alunos nas escolas municipais
	Roteirização/ roteamento
Gerencial	Avaliação das diretrizes e normas para o uso e ocupação do solo urbano e classificação viária
	Registro e controle de poluição
	Análise e gerenciamento dos Transportes coletivos do Município
	Administração de lotes vazios
	Análise da distribuição espacial das atividades econômicas
	Determinação da área de atuação de postos de saúde, escolas, lojas de atendimento
	Determinação de melhor local para a construção de escolas
	Determinação de vetores de crescimento da cidade
	Geração de mapas temáticos: padrão de edificação, pavimentação de ruas
	Identificação de locais com maior índice de acidentes de trânsito.
	Análise de acesso da população aos equipamentos urbanos
	Preservação do patrimônio histórico
	Análise de acidentes de trânsito
	Diretrizes viárias
	Diretrizes para novos loteamentos
Estudos da distribuição e abrangência de equipamentos sociais urbanos	
Gerenciamento de áreas verdes e de preservação ambiental	
<i>Estratégico</i>	Reestruturação do trânsito
	Análise da evolução da ocupação urbana e política de vazios urbanos
	Política da distribuição espacial das atividades econômicas
	Estudos do uso do solo e eficiência do sistema viário
	Análise de aspectos demográficos
	Atualização do plano diretor da cidade
	Monitoramento do índice de qualidade de vida
	Planejamento de expansão de infra-estrutura
	Acompanhamento do índice de satisfação da população por área.

Fonte: Adaptado de FERRARI, 1997, p.140.

Este capítulo discorreu sobre o planejamento de transportes apresentando os objetivos e as etapas deste planejamento, os dados necessários para análise, a modelagem em transportes,

ênfatizando o modelo convencional de Planejamento de Transportes de 4 Etapas, e os métodos de calibração dos modelos, em especial, a análise de regressão linear.

Os instrumentos computacionais de recente utilização no Planejamento dos Sistemas de Transportes, os SIGs, também foram tratados neste capítulo. Para uma melhor compreensão destes instrumentos foram apresentadas algumas definições, os tipos de dados necessários, a utilização dos SIGs em Planejamento de Transportes no Brasil e as potencialidades dos SIGs. As ferramentas específicas do SIG-T *TransCAD*, utilizado na composição e análise dos cenários apresentados no estudo de caso, serão tratadas no capítulo seguinte.

O SIG-T proporciona ao planejador em transportes trabalhar com todos os dados envolvidos no planejamento, facilitando a manipulação, análise e visualização espacial dos mesmos. As ferramentas de produção de mapas, de previsão de demanda, análise de redes e de roteirização apresentam-se eficazes, promovendo um trabalho com qualidade, de fácil atualização, possibilitando a geração, análise e comparação de vários cenários. Porém, como qualquer ferramenta tecnológica, exige do planejador uma análise crítica dos dados e resultados obtidos.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO

Este capítulo trata do Estudo de Caso, onde apresentam-se as características do crescimento observado na cidade de Uberlândia; o Plano Diretor atual (1991-2006); a configuração do banco de dados para o diagnóstico do cenário atual – 2002 de uso e ocupação do solo urbano e da demanda por transportes públicos; a previsão do cenário futuro – 2020 e a aplicação do SIG-T *TransCAD* na composição e análise dos cenários. Ao final deste capítulo são apresentados os resultados obtidos neste estudo.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO CRESCIMENTO OBSERVADO EM UBERLÂNDIA

Com uma população de 532.561 habitantes (Prefeitura Municipal de Uberlândia - PMU) no ano de 2002, a cidade de Uberlândia é considerada um centro predominantemente urbano. Os distritos da região (Miraporanga, Cruzeiro, Martinésia e Tapuirama) representam, aproximadamente, 2% deste total.

A economia do município está voltada para os setores de serviços, produção, consumo, com destaque para o setor de distribuição de mercadorias, sendo que o intercâmbio comercial ocorre, principalmente, com os estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso e com o próprio estado de Minas Gerais.

Soares (1995) apresenta um histórico do crescimento de Uberlândia, cidade fundada em 31 de agosto de 1888, onde aponta a influência da elite local na “construção” da cidade sob a visão do progresso e da modernidade. A autora cita a implantação e a construção da estrada de ferro Mogiana, no extremo norte da cidade, em 1895, como o ponto de partida deste crescimento.

O engenheiro Mellor Ferreira Amado elaborou, entre os anos de 1907 e 1908, um projeto urbanístico para Uberlândia. Esse foi o primeiro Plano Diretor da cidade e, segundo Soares (1995), o único integralmente implantado até o momento presente. Este Plano propunha a construção de uma paisagem completamente nova, criando-se uma nova área central, com largas e extensas avenidas arborizadas e ruas transversais, onde o formato das vias lembrava o de um tabuleiro de xadrez. Foram abertas cinco avenidas paralelas (Afonso Pena, Floriano Peixoto, Cipriano Del Fávero, João Pinheiro e Cesário Alvim) na direção norte/sul, que se tornaram as principais vias públicas da cidade, e oito ruas transversais.

Com o crescimento urbano se intensificando e a interferência das empresas imobiliárias na produção do espaço a partir da década de 30 (Figura 3.1), os problemas de infra-estrutura agravaram-se ao longo do tempo. Soares (1995) lembra que o processo de especulação imobiliária onera os cofres públicos e deteriora a qualidade de vida na cidade, pelas grandes distâncias percorridas pelos moradores, carência de serviços urbanos, alto valor das terras, vazios urbanos, entre outros. De acordo com Campos Filho (1992), devido a presença dos vazios urbanos, o cidadão que habita nas cidades brasileiras de porte médio e grande, anda, em média, o dobro das distâncias que deveria andar, caso tais vazios não existissem e o poder público é obrigado a dobrar o seu investimento e o custeio das redes de serviços públicos que dependem da extensão da cidade.



Figura 3.1 – Desenvolvimento urbano - Uberlândia/1940

Fonte: PMU disponível em www.guiauberlandia.com.br

Para Oliveira (1994), o crescimento urbano está ligado sobretudo ao avanço da industrialização no país. A partir da década de 50, com a implantação do capital estrangeiro no país, em especial, na indústria automobilística, incentivando a construção de novas estradas, Uberlândia apresentou um grande salto em seu desenvolvimento e uma intensificação dos setores do comércio e serviços. Oliveira (1994) cita:

“Para Uberlândia esse foi um aspecto fundamental, pois graças a sua posição geográfica, isso acabou reforçando a sua posição comercial, baseada num entroncamento de rodovias estaduais e federais.”

Na década de 50, com implantação de estradas de rodagem que interligam o Centro Oeste ao Centro Sul e à construção de Brasília, a cidade vivenciou um crescimento populacional e econômico. Este crescimento urbano acelerado foi marcado pelo aumento de novos loteamentos, abertura de ruas e avenidas, aumento da infra-estrutura básica, surgimento de fábricas, indústrias, lojas e clubes. Porém, segundo Soares (1995), essas transformações intensificaram também as contradições nas formas de ocupação do solo urbano como: expansão dos subúrbios, densificação do núcleo central e problemas de tráfego e de transportes.

Buscando alternativas para estes e outros problemas, na década de 60, a administração municipal elaborou um Plano Urbanístico para Uberlândia que propunha a reformulação do tráfego, da urbanização, do zoneamento e da arborização. Porém, este plano urbanístico nunca foi implantado integralmente. Algumas construções sugeridas no estudo só foram realizadas vários anos mais tarde: nova estação ferroviária (1972), nova estação rodoviária (1976) e Centro Administrativo (1993).

Soares (1995) apresenta alguns problemas no espaço urbano de Uberlândia no final da década de 80:

- *área urbana central congestionada (Figura 3.2), tanto demograficamente, quanto em termos de concentração de atividades econômicas, com problemas de trânsito e transportes, poluição sonora, expansão de um comércio ambulante pelas calçadas de suas principais avenidas;*



Figura 3.2–Região Central de Uberlândia/ década de 90.

Fonte: www.uberlandiaonline.com.br

- *existência de grandes conjuntos habitacionais;*
- *inúmeros vazios urbanos, circundados por bairros de baixa densidade habitacional/populacional. A presença de vazios urbanos e a rápida evolução da mancha urbana na cidade de Uberlândia são detectáveis visualmente com o passar dos anos conforme é apresentado na Figura 3.3;*
- *uma expansão horizontal muito acelerada e induzida pela especulação imobiliária, em que os incorporadores atuando sem controle do poder público, impõem a incorporação de novas áreas à cidade, em detrimento da ocupação dos vazios já existentes.*

Em 1990, buscando soluções para os problemas e alternativas para o ordenamento da cidade de Uberlândia, foi elaborada mais uma proposta de Plano Diretor que será tratada no item seguinte.

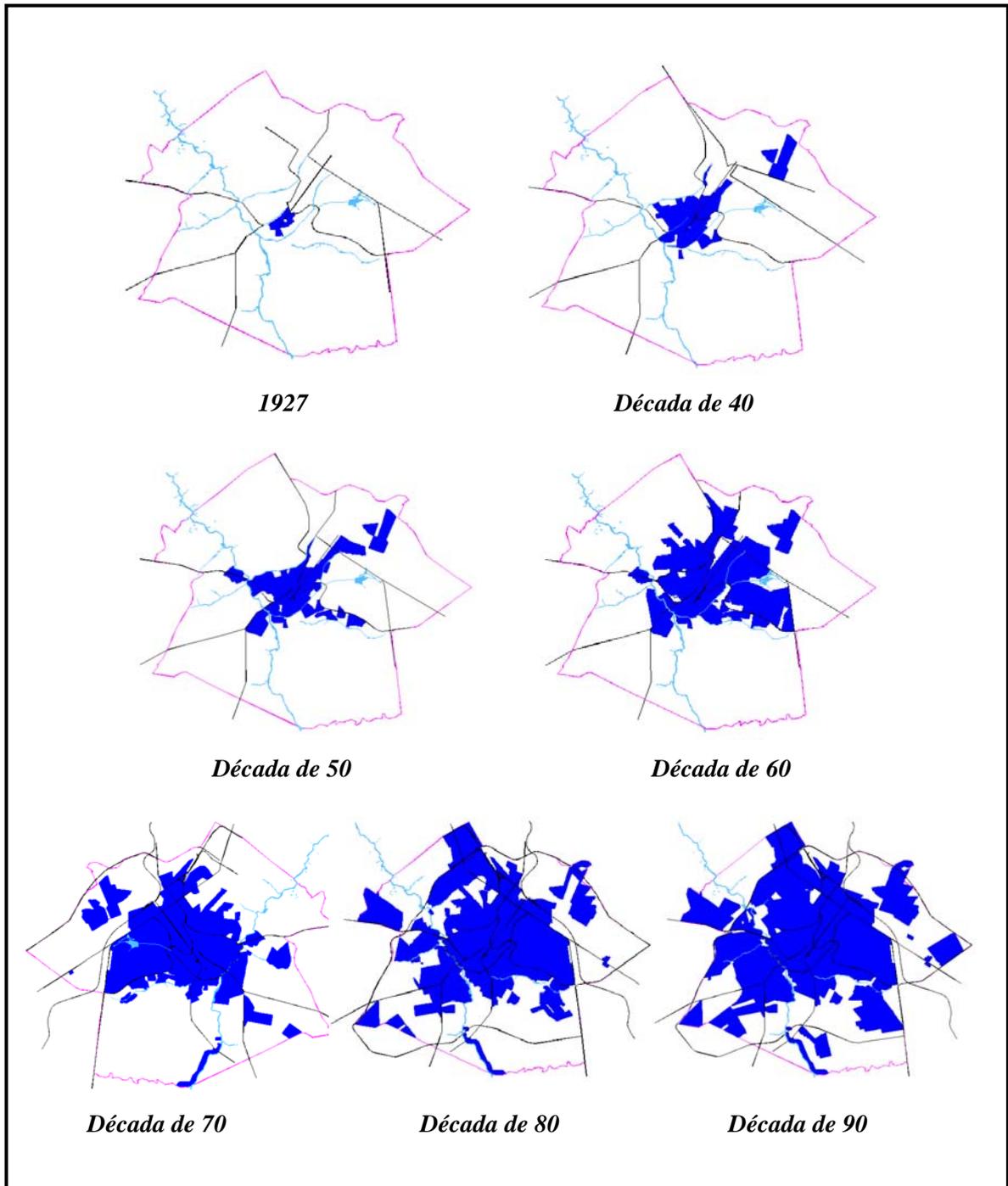


Figura 3.3 – Expansão da mancha urbana em Uberlândia

Fonte: FONSECA, 2005.

3.2. PLANO DIRETOR ATUAL (1991-2006)

Segundo Rodrigues e Soares (2004), o plano diretor da cidade de Uberlândia começou a ser elaborado no início da década de 90, pela equipe técnica da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da Prefeitura Municipal de Uberlândia, com assessoria do Escritório Jaime Lerner de Planejamento Urbano, situado em Curitiba.

De acordo com a Lei Complementar n.º 078, de 27 de abril de 1994, o Plano Diretor é um instrumento básico do processo de planejamento municipal que determina diretrizes e ações para a implantação de políticas de desenvolvimento urbano, rural e de integração do Município de Uberlândia na região, buscando melhor qualidade de vida para a população.

A seção I, do capítulo III do Plano Diretor de Uberlândia, que trata da Estruturação dos Bairros, determina que o crescimento da cidade deverá se orientar de acordo com os cinco eixos de estruturação urbana (Figura 3.4).

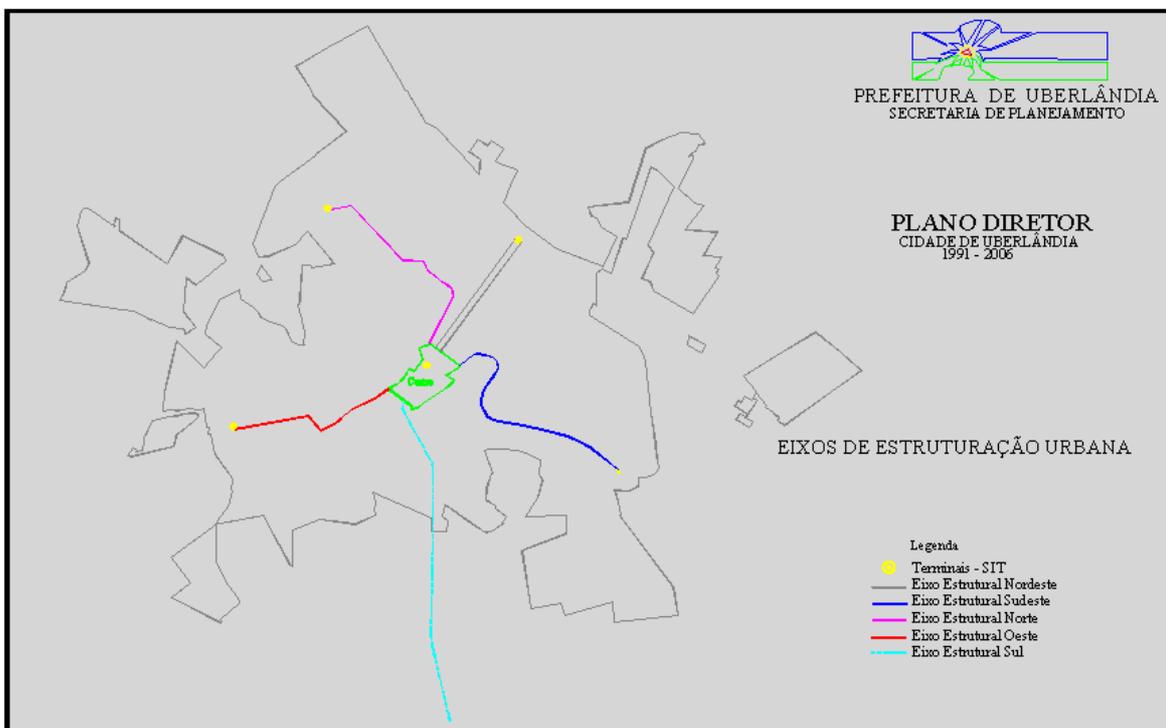


Figura 3.4 – Eixos de Estruturação Urbana/ Plano Diretor (1991-2006).

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia

Os cinco Eixos de Estruturação Urbana (E.E.U.) são compostos pelas seguintes avenidas:

- *E.E.U. Nordeste* : Av. Afonso Pena e Av. João Pinheiro;
- *E.E.U. Sudeste*: Av. João Naves de Ávila;
- *E.E.U. Sul*: Av. Nicomedes Alves dos Santos;
- *E.E.U. Oeste*: Av. Getúlio Vargas e Av. Imbaúbas;
- *E.E.U. Norte*: Av. Monsenhor Eduardo e Av. Três de Outubro.

A proposta do direcionamento da expansão urbana é apresentado na Figura 3.5, percebendo-se a preferência pelos Eixos Estruturais Oeste e Sudeste.

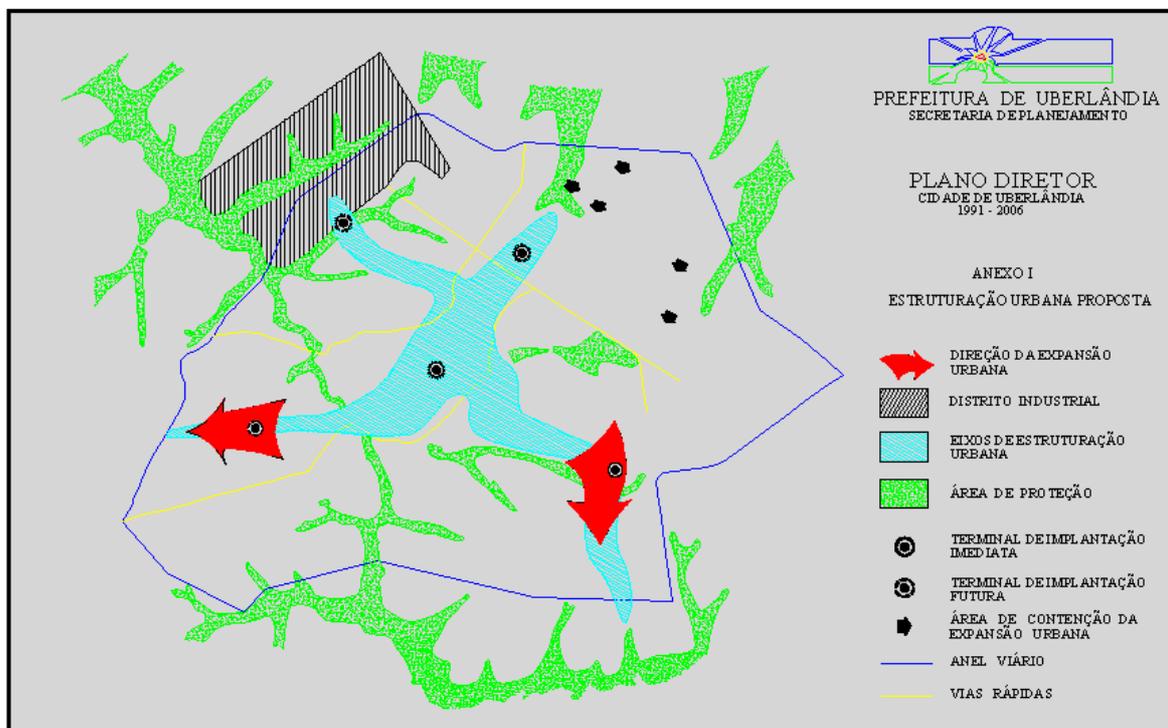


Figura 3.5 – Direcionamento da Expansão Urbana/ Plano Diretor (1991-2006).

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia

O atual Plano Diretor (1991-2006) propõe adensamento em curto prazo das áreas situadas nos E.E.U. Nordeste, Norte e Sudeste (e suas adjacências) que já possuam infra-estrutura significativa. Para o E.E.U. Oeste, propõe um adensamento a médio e longo prazo. Para a região Sul propõe uma ocupação rarefeita.

De acordo com o Plano Diretor, o bairro Fundinho (região onde a cidade iniciou seu desenvolvimento/ patrimônio histórico-cultural) deverá ser preservado mediante legislação específica, impedindo o seu adensamento por se tratar de uma região com infra-estrutura saturada.

O projeto apresenta também, a criação de um centro de negócios (entre as praças Clarimundo Carneiro e Sérgio Pacheco) e propõe que nesta região o adensamento habitacional e de serviços seja estimulado (Figura 3.6).

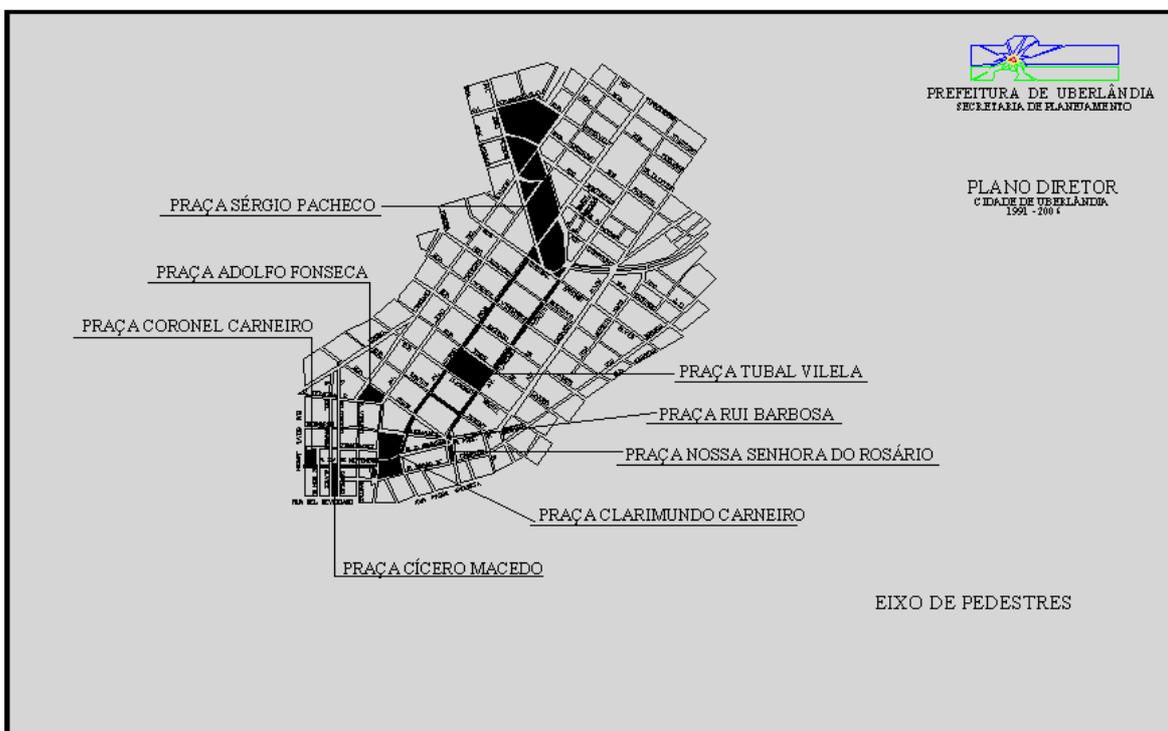


Figura 3.6 –Eixo de Pedestres/ Plano Diretor (1991-2006).

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia

Uma das poucas propostas do atual Plano Diretor de Uberlândia que foi implementada foi o Sistema Integrado de Transportes – SIT, em julho de 1997. Foram construídos cinco terminais urbanos (Central, Santa Luzia, Umuarama, Industrial e Planalto) onde ocorrem o embarque/desembarque de passageiros, utilizando-se de uma única tarifa (Figura 3.7).

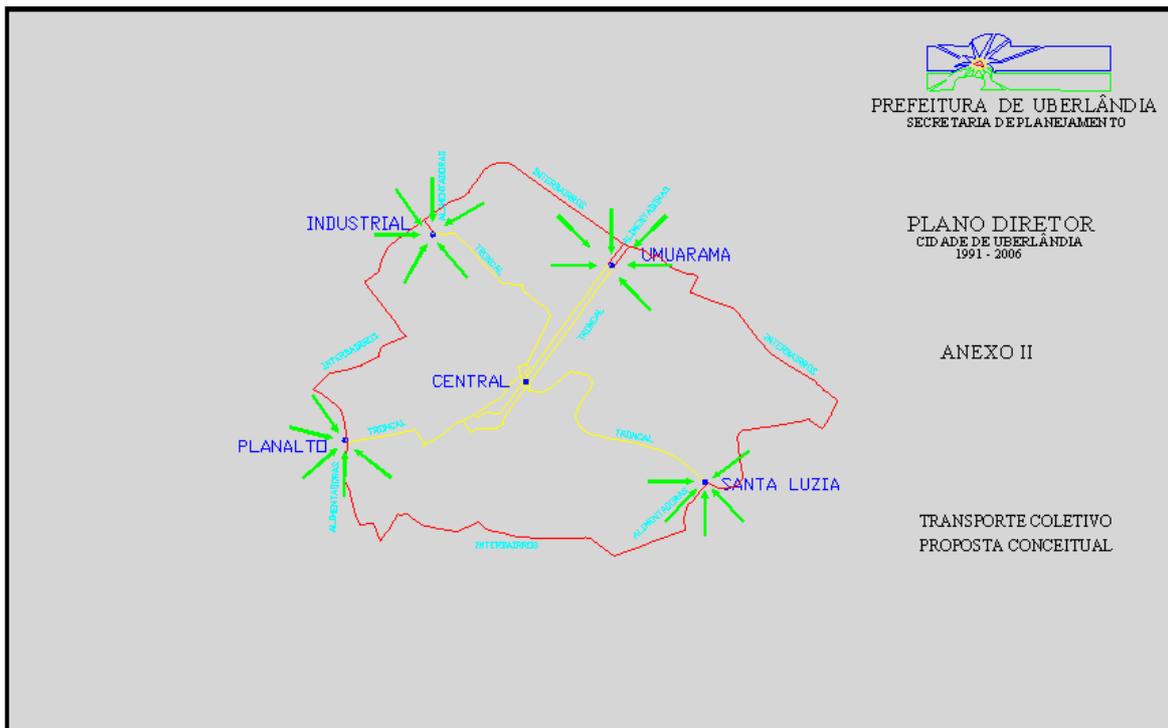


Figura 3.7 – Localização dos Terminais do SIT / Plano Diretor (1991-2006).

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia

Neste Sistema Integrado de Transportes existem veículos que fazem as linhas troncais (indicados pela cor amarela), as linhas alimentadoras (veículos verdes) e as linhas interbairros (veículos vermelhos).

Com o SIT o número de linhas que passam pela área central foi reduzido de 55 para 37 (SETTRAN). Avenidas como a Monsenhor Eduardo receberam um corredor exclusivo para os ônibus, outras avenidas tiveram os projetos iniciados, e atualmente as obras se encontram paralisadas.

3.3. CONFIGURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Inicialmente escolheu-se o ano-horizonte de trabalho. Como deseja-se realizar um planejamento de longo prazo, o período de horizonte escolhido foi de *18 anos* (não se trabalhou com *20 anos* para que o ano-horizonte fosse um número múltiplo de 10).

Nesta etapa do trabalho efetuou-se o diagnóstico do cenário atual (dados de **2002**) de uso e ocupação do solo urbano e do Sistema de Transportes Públicos da cidade de Uberlândia, e realizou-se projeções das variáveis sócio-econômicas e previsão da demanda futura para o ano de **2020**, simulando um cenário futuro de uso e ocupação do solo urbano e do Sistema de Transportes Públicos operado por ônibus.

Assim, pretende-se analisar e comparar os cenários atual – 2002 e futuro – 2020, apresentar os resultados encontrados, os problemas futuros e situações críticas na rede viária, propor modificações, buscando a melhoria no Sistema de Transportes Públicos da cidade, consequentemente melhorando a qualidade de vida da população.

Wingo *apud* Ferreira (1994) apresenta o seguinte conceito de *qualidade de vida urbana*:

“[...] caracteriza-se qualidade de vida pelo conjunto de elementos que fazem parte do meio ambiente humano que, quantitativamente ou qualitativamente, atuam sobre a vida do homem. Num espaço urbano, tais elementos seriam representados pelo nível de atendimento de água, esgoto, eletricidade, transportes, meios de comunicações, educação, saúde, áreas verdes, poluição ambiental, serviços bancários e comerciais e outros serviços indispensáveis à vida, num aglomerado urbano.”

3.3.1. DIAGNÓSTICO DO CENÁRIO ATUAL – 2002

Para a composição do cenário atual de uso e ocupação do solo e do Sistema de Transportes Públicos da cidade de Uberlândia utilizou-se de dados sócio-econômicos (população, empregos e de escolas estaduais) e de informações sobre o Sistema de Transportes (pesquisa O/D, rede viária, zoneamento). Todos os dados utilizados são do ano de 2002 e necessitou-se desagrega-los conforme a conveniência do estudo. O ano de 2002 foi escolhido para o cenário atual por ser o ano de realização da Pesquisa O/D. Este trabalho diz respeito ao transporte coletivo operado por ônibus, portanto, outros modais não foram estudados.

3.3.1.1. Pesquisa Origem/Destino

A pesquisa O/D domiciliar foi realizada pela Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia – FECIV e pela Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes - SETTRAN, no ano de 2002, tendo como amostra 3.240 domicílios e 11.084 entrevistados. Esta amostra foi estabelecida de modo a ter-se grau de confiança maior que 97,5% e margem de erro menor que 3%. Para a realização da pesquisa O/D a cidade foi dividida em 65 subzonas com base nos bairros da cidade de Uberlândia e no zoneamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A matriz O/D original (65 zonas) a ser utilizada neste trabalho diz respeito ao modal “Ônibus” e indica os pares de resultados (origem/destino) de “viagens diárias no transporte por ônibus” (**anexo 1**).

Para a realização do presente trabalho, zonas com características semelhantes foram reagrupadas reduzindo tal divisão para **51 zonas (anexo 2)**. As zonas reagrupadas e os respectivos bairros se encontram na Tabela 3.1.

Novamente esta matriz O/D foi reorganizada, baseando-se nas porcentagens, para que o resultado do total das viagens diárias no transporte por ônibus coincidissem com o valor fornecido pela SETTRAN, de **163.357**, para o ano de 2002 (**anexo 3**).

Algumas zonas não apresentaram resultados de viagens pelos seguintes motivos:

- **Zona 34**– *Morada do Sol* – Trata-se de um condomínio fechado, onde não foi possível o acesso do pesquisador;
- **Zona 26**– *Morada Nova/ Chácara Uirapuru*. Trata-se de várias chácaras pequenas e espaçadas, dificultando o acesso do pesquisador.

Os valores das viagens diárias no transporte por ônibus **produzidas e atraídas** para cada uma das zonas, no ano de 2002, encontram-se na Tabela 3.2.

Tabela 3.1 – Reagrupamento da cidade em 51 zonas e respectivos bairros

Novas Zonas	Bairros	Antigas Zonas
01	Centro	01
02	N.Sra.Aparecida	02+09
03	Cazeca	10
04	Lídice	03+04
05	Fundinho	05
06	Osvaldo Rezende	06+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 Karaíba/Jardim Inconfidência	43
18	Granada/Buritis	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	Panorama/Canaã/Palmeiras/Holanda	46
26	Morada Nova/Uirapuru	47
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/Tocantins	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 I e II/Esperança	28
49	Pacaembu/Maravilha	27
50	Distrito Industrial	59
51	Nova Uberlândia/Shopping Park	44

Tabela 3.2 – Viagens diárias no transporte por ônibus – Cenário Atual – 2002

ZONAS	BAIRROS	CENÁRIO ATUAL - 2002	
		Viagens Atraiadas	Viagens Produzidas
1	Centro	11.447	1.352
2	Aparecida	8.512	2.040
3	Cazeca	1.964	508
4	Lídice	2.571	804
5	Fundinho	3.370	202
6	Oswaldo Rezende	8.152	4.336
7	Martins	5.492	2.309
8	Bom Jesus	2.232	1.310
9	Brasil	5.478	2.438
10	Tibery	1.459	3.420
11	Santa Mônica	11.124	9.965
12	Segismundo Pereira	5.401	5.786
13	Saraiva	3.399	684
14	Vigilato Pereira	732	1.422
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	1.213	2.338
16	Santa Luzia	3.973	6.216
17	J. Karafba	1.749	548
18	Granada	4.925	5.712
19	Laranjeiras/ São Jorge	4.417	5.327
20	Daniel Fonseca	1.862	1.380
21	Patrimônio	656	584
22	Morada da Colina	678	481
23	Tubalina/ Cidade Jardim	6.364	6.421
24	Tabajaras	2.134	725
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	2.425	7.964
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru	24	0
27	Planalto	6.672	11.892
28	Jaraguá	1.859	1.474
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	318	1.288
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	707	3.161
31	Luizote de Freitas/ Mansur	7.663	7.452
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio	430	2.282
33	Taiamam	1.521	5.932
34	Morada do Sol	0	0
35	Guarani/ Tocantins	2.137	6.219
36	São José/ Jardim Brasília	912	4.753
37	Presidente Roosevelt	6.509	7.049
38	Marta Helena	5.881	4.949
39	Umuarama	3.653	718
40	Custódio Pereira	1.694	4.016
41	Ipanema	2.619	3.833
42	Aclimação	1.238	2.443
43	Mansões Aeroporto	988	623
44	Dom Almir/ Alvorada	986	1.090
45	Morumbi	3.955	6.696
46	Minas Gerais	2.374	3.315
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	2.801	2.394
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	2.029	3.494
49	Maravilha/ Pacaembu	2.508	3.084
50	Distrito Industrial	2.082	665
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	69	262
Total de Viagens no transporte por ônibus		163.357	163.357

3.3.1.2. Dados sócio-econômicos

Os dados sócio-econômicos utilizados no diagnóstico do cenário atual – 2002 foram os seguintes: população, empregos e escolas estaduais. Outras variáveis como renda, escolas municipais, universidades, seriam de grande utilidade para um maior conhecimento deste cenário. Porém, estes dados não se encontravam disponíveis.

As informações sobre população e escolas estaduais se encontravam agregadas por zonas, diferentemente dos dados sobre empregos, que estavam agregados por ano e por setor da economia. Foi preciso adotar um critério para distribuir os empregos de 2002 nas 51 zonas.

a) População – Cenário Atual – 2002

Coletou-se dados sobre a população de Uberlândia para o ano de 2000 em três fontes: IBGE, PMU e Pesquisa O/D (UFU). Os dados de população das três fontes eram diferentes em algumas zonas e, em outras, não haviam valores específicos (**anexo 4**). Optou-se por trabalhar com as informações da Prefeitura Municipal de Uberlândia, pois eram as que mais se aproximavam dos dados do IBGE, porém continham mais informações .

Para as zonas que a PMU não fornecia informações, utilizou-se os dados da Pesquisa O/D:

- **Zona 50** – *Distrito Industrial* – 1915 habitantes em 2000;
- **Zona 51** – *Shopping Park* – 825 habitantes em 2000.

Para as demais zonas sem informações em nenhuma das fontes (PMU, IBGE e UFU), trabalhou-se com o mesmo valor da **zona 51** (Shopping Park), pois todas são zonas bem periféricas e de recente ocupação:

- **Zona 26** – *Morada Nova/ Chácaras Uirapuru* – 825 habitantes em 2000;
- **Zona 32** – *Jardim Europa/Parque Santo Antônio* – 825 habitantes em 2000.

Depois de completar as informações da população urbana em 2000 para as 51 zonas, fez-se a projeção para o ano do cenário atual – 2002 (**anexo 5**). De posse das informações sobre a população urbana e da área de cada zona (fornecida pela PMU), foi possível obter a densidade populacional (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – População, Área e Densidade Populacional – Cenário Atual - 2002

ZONAS	BAIRROS	CENÁRIO ATUAL - 2002		
		População	Área (km2)	Densidade Populacional
1	Centro	7.482	1,3629	5.490
2	Aparecida	13.058	1,7216	7.585
3	Cazeca	3.174	0,3934	8.068
4	Lídice	4.914	0,6829	7.196
5	Fundinho	2.918	0,3287	8.877
6	Oswaldo Rezende	21.195	2,4822	8.539
7	Martins	9.843	1,4522	6.778
8	Bom Jesus	5.152	0,6492	7.936
9	Brasil	13.397	2,1813	6.142
10	Tibery	19.770	3,3453	5.910
11	Santa Mônica	29.564	5,6608	5.223
12	Segismundo Pereira	16.965	3,1905	5.317
13	Saraiva	8.828	1,1351	7.777
14	Vigilato Pereira	4.648	1,3157	3.532
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	10.515	1,946	5.403
16	Santa Luzia	4.097	0,7112	5.761
17	J. Karaíba	1.937	2,5313	765
18	Granada	7.928	7,1413	1.110
19	Laranjeiras/ São Jorge	38.156	8,066	4.730
20	Daniel Fonseca	4.998	1,0603	4.714
21	Patrimônio	3.463	1,0035	3.451
22	Morada da Colina	1.781	1,8105	984
23	Tubalina/ Cidade Jardim	14.540	7,5863	1.917
24	Tabajaras	6.689	1,2556	5.327
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	24.154	14,7344	1.639
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru	877	6,401	137
27	Planalto	15.965	2,6333	6.063
28	Jaraguá	8.793	1,1242	7.821
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	4.318	5,0333	858
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	9.085	2,8299	3.210
31	Luizote de Freitas/ Mansur	27.743	2,4834	11.171
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio	877	3,1245	281
33	Taiamam	7.641	2,2571	3.385
34	Morada do Sol	421	3,8461	109
35	Guarani/ Tocantins	22.492	3,1906	7.049
36	São José/ Jardim Brasília	13.968	3,5829	3.899
37	Presidente Roosevelt	21.958	3,2482	6.760
38	Marta Helena	10.207	1,7671	5.776
39	Umuarama	3.189	1,2893	2.473
40	Custódio Pereira	9.704	2,7786	3.492
41	Ipanema	6.543	1,1705	5.590
42	Aclimação	8.471	7,4122	1.143
43	Mansões Aeroporto	1.286	2,7535	467
44	Dom Almir/ Alvorada	7.945	6,435	1.235
45	Morumbi	14.705	4,0274	3.651
46	Minas Gerais	5.727	9,5691	598
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	6.134	1,8908	3.244
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	20.058	3,4153	5.873
49	Maravilha/ Pacaembu	14.054	2,4489	5.739
50	Distrito Industrial	2.035	11,7034	174
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	877	1,8251	480
Totais		524.232	171,9889	220.849

Analisando-se as informações da Tabela 3.3, tem-se que:

- O total da população residente na área urbana é de **524.232**. Portanto, o grau de urbanização no cenário atual é **98,44 %**, visto que a população total para o ano de 2002 é de **532.561** habitantes (IBGE). O restante da população encontra-se dividida nos distritos de Martinésia, Tapuirama, Miraporanga e Cruzeiro do Sul;
- A maior densidade populacional é de **11.171** habitantes/km² na **zona 31** (Luizote de Freitas/ Mansur), porém percentualmente, a densidade populacional menor que 2.000 hab/km² é a mais representativa;
- 15 zonas têm densidade populacional variando de 0 a 2000 hab/km² – 29,4 %;
- 09 zonas têm densidade populacional variando de 2001 a 4000 hab/km² – 17,7 %;
- 13 zonas têm densidade populacional variando de 4001 a 6000 hab/km² – 25,5 %;
- 10 zonas têm densidade populacional variando de 6001 a 8000 hab/km² – 19,6 %;
- 04 zonas têm densidade populacional variando de 8001 a 11171 hab/km² – 7,8 %;

A Figura 3.8 apresenta um mapa temático com as densidades populacionais no cenário atual/ 2002. Utilizou-se o SIG-T *TransCAD* para a elaboração de todos os mapas temáticos apresentados neste trabalho. O programa *TransCAD* será tratado no item 3.4 deste capítulo.

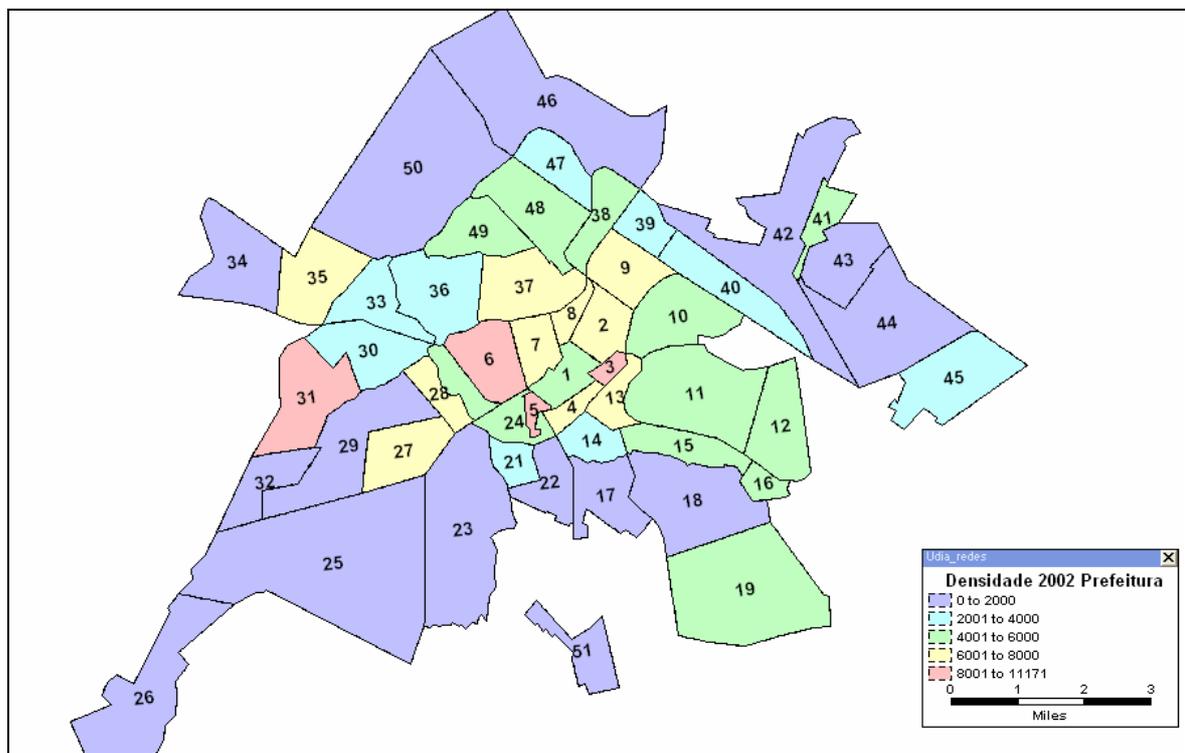


Figura 3.8 – Mapa temático: Densidade Populacional – Cenário Atual – 2002

b) Empregos – Cenário Atual – 2002

A cidade de Uberlândia não possui informações sobre o número de empregos desagregados por bairros ou por zonas. O Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia dá informações sobre o total de empregos por ano e por setores da economia. Estas informações, para o cenário atual, são apresentadas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Empregos por Setor es da Economia – Cenário Atual – 2002

CENÁRIO ATUAL - 2002	
Setor	Empregos
Agropecuária	7.275
Indústria	19.328
Comércio	26.935
Serviços	52.809
Construção Civil	5.937
Total	112.284

Fonte: Instituto de Economia / UFU

Portanto, foi necessário adotar um critério de distribuição dos 112.284 empregos para cada uma das 51 zonas que compõem a cidade. Para isto, realizou-se inicialmente, um levantamento das principais empresas sediadas em Uberlândia, a zona em que se localizavam, o ramo de atividades e o total de empregados.

Desta forma, conseguiu-se distribuir o número de empregos destas empresas pesquisadas conforme é apresentado na Tabela 3.5:

Tabela 3.5 – Distribuição dos Empregos – Pesquisa de Campo

CENÁRIO ATUAL - 2002	
Setor	Empregos/Amostra
Agropecuária	50
Indústria	12.406
Comércio	8.713
Serviços	8.300
Construção Civil	0
Total	29.469

As zonas em que se encontram cada uma das empresas pesquisadas, o ramo de atividades e o total de empregados são apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6- Pesquisa de Campo: principais empresas, setor, zona e número de empregados.

Empresa Pesquisada	Setor	Zona	Empregados
ABC - Agricultura e Pecuária	Agropecuária	50	50
Monsanto	Indústria	fora do perímetro	3.000
Souza Cruz S/A	Indústria	50	3.000*
Sadia Alimentos	Indústria	36	4.900
Polo Moveleiro	Indústria	fora do perímetro	200
Coca-Cola	Indústria	40	150*
ABC -Inco S/A	Indústria	50	180
Cargill Agrícola S/A	Indústria	50	600
Daiwa do Brasil S/A	Indústria	50	320
Brasfrigo S/A	Indústria	50	56
Martins	Comércio	2	4.500
ARCOM	Comércio	50	700
Peixoto Comércio e Importação	Comércio	50	1.083
União Comércio Importação e Exportação	Comércio	50	520
Carrefour Comércio e Indústria S/A	Comércio	11	400*
Makro Atacadista S/A	Comércio	40	60
Bretas	Comércio	11	150*
Bretas	Comércio	14	150*
Bretas	Comércio	37	150*
ADM do Brasil	Comércio	46	400
Center Shopping	Comércio	11	600*
Center Shopping	Serviços	11	300*
CTBC	Serviços		não informado
ACS	Serviços	considerar 39	5.000
ACS	Serviços	11	500
American Express	Serviços	considerar 39	2.500
Total			29.469
*Dados estimados			

As próximas etapas para a distribuição dos demais empregos (**82.815**) nas zonas foram:

1) Classificar as zonas em:

- Industriais (I);
- Comerciais/Serviços (C/S) e;
- Residenciais (R).

Foram classificadas **10** zonas como sendo **Industriais**; **16 Residenciais** e **25 Comerciais/Serviços**. Todos os bairros ao longo dos Eixos Estruturais Sudeste, Oeste e Nordeste (conforme Plano Diretor) foram classificados como sendo Comerciais/Serviços (Figura 3.9).

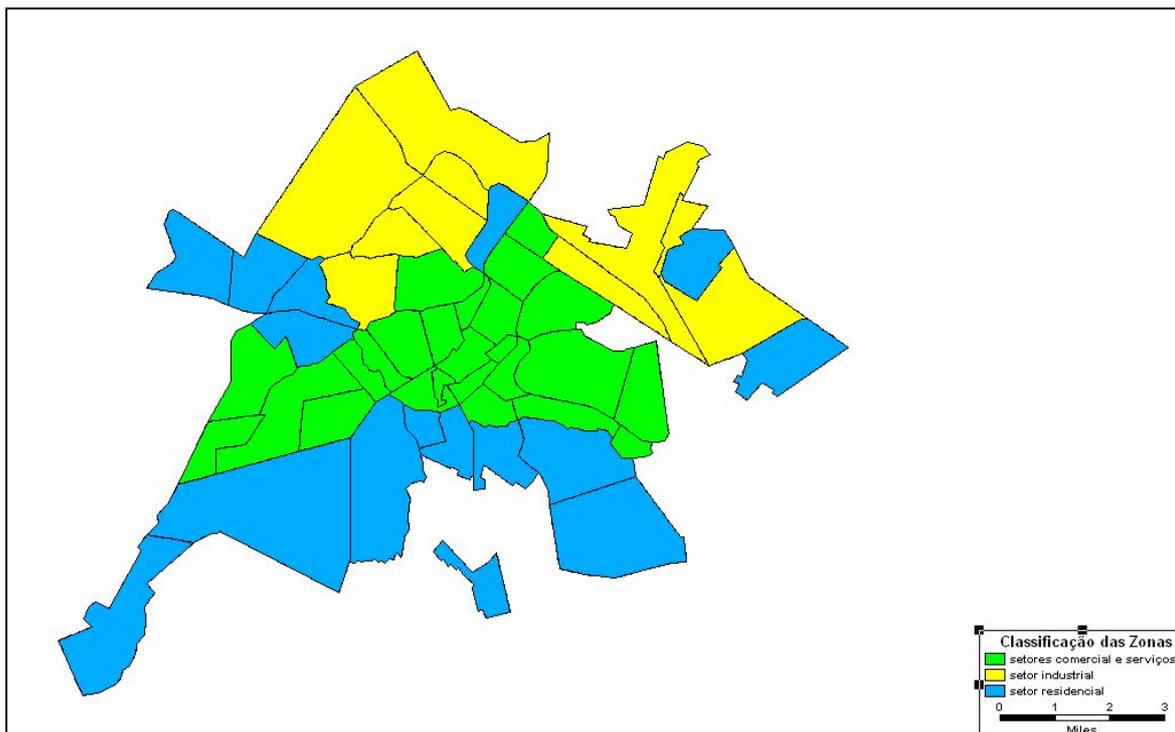


Figura 3.9 –Classificação das 51 zonas em Industriais, Comerciais/Serviços e Residenciais

- 2) Calcular a população total residente em cada tipo de zona:
 - **Zonas Industriais** – 94.639 habitantes (**18,1%** do total da população urbana);
 - **Zonas Residenciais** – 159.546 habitantes (**30,4 %** do total da população urbana);
 - **Zonas Comerciais/Serviços** – 270.047 habitantes (**51,5 %** do total da população urbana).

- 3) Calcular os fatores a serem multiplicados pela população de cada uma das zonas (Tabela 3.7). O processo de cálculo dos fatores encontra-se no **anexo 6**.

Tabela 3.7 – Fatores a serem multiplicados pela população de cada zona

Empregos nos setores	FATORES (<i>empregos/habitantes</i>)		
	Zonas Industriais	Zonas Residenciais	Zonas Comerciais e Serviços
Indústria	0,07314		
Construção Civil	0,01133	0,01133	0,01133
Agropecuária	0,01378	0,01378	0,01378
Comércio e serviços	0,11997	0,11952	0,10767

Desta forma, foi possível distribuir os empregos do cenário atual/ 2002 conforme apresentados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Empregos por zona – Cenário Atual – 2002

Empregos (Pesquisa de Campo)							Empregos (Fatores*População)						Sem Fatores	Cenário Atual-2002 Empregos
Z	Tipo	IND	COM	SER	CC	AG	Z	Tipo	IND	COM/SER	CC	AG		
1	C						1	C		806	85	103	3.231	4.224
2	C		4500				2	C		1.406	148	180		6.234
3	C						3	C		342	36	44		421
4	C						4	C		529	56	68		653
5	C						5	C		314	33	40		387
6	C						6	C		2.282	240	292		2.814
7	C						7	C		1.060	111	136		1.307
8	C						8	C		555	58	71		684
9	C						9	C		1.442	152	185		1.779
10	C						10	C		2.129	224	272		2.625
11	C		1150	800			11	C		3.183	335	407		5.875
12	C						12	C		1.827	192	234		2.253
13	C						13	C		950	100	122		1.172
14	C		150				14	C		500	53	64		767
15	C						15	C		1.132	119	145		1.396
16	C						16	C		441	46	56		544
17	R						17	R		232	22	27		280
18	R						18	R		948	90	109		1.147
19	R						19	R		4.561	432	526		5.519
20	C						20	C		538	57	69		664
21	R						21	R		414	39	48		501
22	R						22	R		213	20	25		258
23	R						23	R		1.738	165	200		2.103
24	C						24	C		720	76	92		888
25	R						25	R		2.887	274	333		3.493
26	R						26	R		105	10	12		127
27	C						27	C		1.719	181	220		2.120
28	C						28	C		947	100	121		1.167
29	C						29	C		465	49	60		573
30	R						30	R		1.086	103	125		1.314
31	C						31	C		2.987	314	382		3.684
32	C						32	C		94	10	12		116
33	R						33	R		913	87	105		1.105
34	R						34	R		50	5	6		61
35	R						35	R		2.688	255	310		3.253
36	I	4900					36	I	1.022	1.676	158	193		7.948
37	C		150				37	C		2.364	249	303		3.066
38	R						38	R		1.220	116	141		1.476
39	C			7500			39	C		343	36	44		7.923
40	I	150	60				40	I	710	1.164	110	134		2.328
41	I						41	I	479	785	74	90		1.428
42	I						42	I	620	1.016	96	117		1.848
43	R						43	R		154	15	18		186
44	I						44	I	581	953	90	109		1.734
45	R						45	R		1.758	167	203		2.127
46	I		400				46	I	419	687	65	79		1.650
47	I						47	I	449	736	69	85		1.339
48	I						48	I	1.467	2.406	227	276		4.377
49	I						49	I	1.028	1.686	159	194		3.067
50	I	4156	2303			50	50	I	149	244	23	28		6.953
51	R						51	R		105	10	12		127
total		9206	8713	8300	0	50	total		6.922	59.500	5.937	7.225	3.231	109.084

Portanto, para o ano de 2002, distribuiu-se nas 51 zonas **109.084** empregos. Algumas empresas pesquisadas não estavam dentro dos limites das zonas cadastradas:

- os empregos das empresas *Algar Call Service -ACS* e *Americam Express* foram alocados na zona 39 (Bairro Umuarama) por ser a zona mais próxima ao local das empresas;
- Os empregos da empresa *Monsanto* (3.000 empregos) e da região denominada de *Pólo Moveleiro* (200 empregos) não foram alocados em nenhuma zona.

c) Escolas Estaduais – Cenário Atual – 2002

De acordo com a localização (endereço) das 67 escolas estaduais, conseguiu-se distribuí-las nas 51 zonas. A Figura 3.10 apresenta a localização das escolas estaduais e a Tabela 3.9 fornece o número de escolas em cada uma das zonas.



Figura 3.10 – Localização das Escolas Estaduais

Tabela 3.9 – Escolas Estaduais – Cenário Atual – 2002

ZONAS	BAIRROS	Cenário Atual - 2002 Escolas Estaduais
1	Centro	2
2	Aparecida	3
3	Cazeca	1
4	Lídice	1
5	Fundinho	2
6	Osvaldo Rezende	5
7	Martins	3
8	Bom Jesus	3
9	Brasil	5
10	Tibery	2
11	Santa Mônica	2
12	Segismundo Pereira	1
13	Saraiva	2
14	Vigilato Pereira	0
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	2
16	Santa Luzia	1
17	J. Karafba	0
18	Granada	2
19	Laranjeiras/ São Jorge	1
20	Daniel Fonseca	0
21	Patrimônio	1
22	Morada da Colina	0
23	Tubalina/ Cidade Jardim	2
24	Tabajaras	2
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	1
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru	0
27	Planalto	2
28	Jaraguá	0
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	0
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	1
31	Luizote de Freitas/ Mansur	2
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio	0
33	Taiamam	1
34	Morada do Sol	0
35	Guarani/ Tocantins	1
36	São José/ Jardim Brasília	1
37	Presidente Roosevelt	3
38	Marta Helena	3
39	Umuarama	0
40	Custódio Pereira	2
41	Ipanema	2
42	Aclimação	1
43	Mansões Aeroporto	0
44	Dom Almir/ Alvorada	0
45	Morumbi	0
46	Minas Gerais	0
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	1
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	1
49	Maravilha/ Pacaembu	2
50	Distrito Industrial	0
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	0

3.3.2. PREVISÃO DE CENÁRIO FUTURO –2020

Para a previsão do cenário futuro, realizou-se a projeção das variáveis sócio-econômicas (população, empregos e escolas estaduais) para o ano-horizonte de 2020. Posteriormente, efetuou-se a distribuição destas variáveis futuras em cada uma das zonas em que a cidade se encontra dividida. Realizou-se também, a previsão do total de viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte. As etapas de geração e distribuição de viagens, e de alocação do tráfego para o cenário futuro, encontram-se no item 3.4, que trata da utilização do SIG-T *TransCAD* na composição e análise dos cenários.

Inicialmente, recolheu-se o maior número de variáveis sócio-econômicas da cidade de Uberlândia entre os anos de 1980 e 2002. Estes dados foram pesquisados na Prefeitura Municipal da Uberlândia – PMU, Universidade Federal de Uberlândia – UFU (Instituto de Economia – IE e Faculdade de Engenharia Civil – FECIV) e páginas oficiais do governo disponíveis na Internet e que se encontram no **Anexo 7**. Porém, para este trabalho, somente alguns destas informações serão utilizadas para a projeção das variáveis sócio-econômicas e das viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte de 2020 (Tabela 3.10).

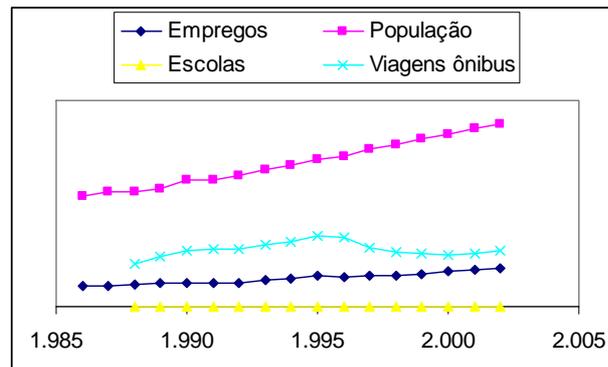
Tabela 3.10 – Dados coletados sobre a cidade de Uberlândia

Ano	Empregos	População	Escolas	Viagens/dia Ônibus
1.980		240.961		
1.986	58.221	321.003		
1.987	61.451	332.437		
1.988	66.228	332.437	67	124.624
1.989	70.641	343.872	67	146.698
1.990	68.107	366.741	67	161.301
1.991	69.821	367.062	67	167.820
1.992	68.245	382.516	67	167.314
1.993	77.167	400.000	67	181.262
1.994	82.820	411.585	67	188.610
1.995	89.346	427.596	67	205.305
1.996	83.921	438.986	67	199.428
1.997	88.444	456.920	67	172.727
1.998	88.055	472.083	67	159.378
1.999	93.072	490.068	67	152.635
2.000	101.374	501.214	67	150.302
2.001	107.758	517.275	66	156.151
2.002	112.284	532.561	66	163.357

Fontes: “Empregos” – UFU – Instituto de Economia
 “População” – PMU / IBGE
 “Escolas” – PMU / UFU- Instituto de Economia
 “Viagens de Ônibus” – UFU (Departamento de Transportes) / SETTRAN

Com as informações da Tabela 3.10, traçou-se as curvas (Gráfico 3.1) das variáveis em relação aos anos de 1980 a 2002 para analisar o comportamento de evolução ao longo do tempo observando-se o seguinte:

Gráfico 3.1 – Evolução das variáveis sócio-econômicas e de viagens



- um crescimento linear nos dados de “população” e “emprego”;
- um comportamento constante da variável “escolas estaduais”;
- um crescimento linear da variável “viagens diárias no transporte por ônibus” de 1988 a 1995, e um leve declínio até o ano de 2000.

Sobre esta última observação, sabe-se que algumas interferências no Sistema de Transportes da cidade de Uberlândia são responsáveis por esta diminuição da demanda de passageiros transportados diariamente por ônibus. Dentre estas interferências, destacam-se os seguintes acontecimentos:

1. O Sistema de Transportes da cidade de Uberlândia passou por um processo de reestruturação denominado de Sistema Integrado de Transportes - SIT, implantado em julho de 1997. Com o SIT, cinco Terminais de Integração de ônibus foram criados nos principais entroncamentos viários e nas extremidades dos corredores. Nestes Terminais, é possível a realização de transbordo sem o pagamento de uma nova tarifa.
2. Em 1999, o transporte clandestino operado por vans também passou a interferir no Sistema Público de Transportes da cidade de Uberlândia, oferecendo trajetos e tarifas diferenciados, porém, na ilegalidade, colocavam muitas vezes a segurança

dos passageiros em risco. Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU): *o transporte clandestino é um fenômeno em crescimento nas cidades brasileiras, provocando o confronto entre os modais de transportes com prejuízo para o trânsito e para a mobilidade urbana.* De acordo com a NTU, no final da década de 90, o transporte clandestino drenava os recursos do Sistema de Transportes Coletivo por ônibus de Uberlândia, provocando a perda de 35% da demanda de passageiros, além de problemas de trânsito e violência para a cidade.

Portanto, para a previsão das viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte de 2020 (tratada no item 3.3.2.3), deve-se considerar as interferências históricas da implantação do Sistema Integrado de Transportes e dos prejuízos do transporte clandestino na demanda por ônibus.

É importante ressaltar que este é um cenário futuro possível. Outros cenários, admitindo-se outros parâmetros podem ser gerados e este é um dos objetivos deste trabalho, que em Uberlândia passe a se discutir o futuro do desenvolvimento da cidade com a geração de cenários futuros alternativos, onde os pensamentos e as possibilidades de desenvolvimento formalizem-se em modelos de uso e ocupação do solo integrados com os Sistemas de Transportes.

3.3.2.1. Projeção dos dados sócio-econômicos

As projeções dos dados sócio-econômicos realizadas neste estudo não tiveram a pretensão de considerar modelos sofisticados porque o objetivo era a geração de um cenário futuro e, assim, foram necessários e considerados os aspectos mais relevantes da análise estatística. Na projeção das variáveis sócio-econômicas foi utilizado o método de regressão linear simples.

a) Projeção da População

Realizou-se uma análise de regressão linear simples entre as variáveis “população” e “ano” com os dados de 1986 a 2002, conforme apresentado no Quadro 3.1 e tendo como objetivo conhecer a população em 2020. O valor encontrado foi de 781.306 habitantes para a região de Uberlândia (população rural + urbana).

A população de 2002 (dados da PMU) da cidade de Uberlândia encontrava-se dividida da seguinte maneira: 98,44% residentes no perímetro urbano e o 1,56% residentes nos distritos de Martinésia, Miraporanga, Tapuira e Cruzeiro. Optou-se por trabalhar com uma taxa de urbanização de 98,6% para o cenário futuro. Portanto, obteve-se para o ano de 2020 uma população urbana de **770.368 habitantes**.

Quadro 3.1 – Análise de Regressão linear: Previsão da população – Cenário Futuro - 2020

Ano	População
1.986	309.568
1.987	321.003
1.988	332.437
1.989	343.872
1.990	366.741
1.991	367.062
1.992	382.516
1.993	400.000
1.994	411.585
1.995	427.596
1.996	438.986
1.997	456.920
1.998	472.083
1.999	490.068
2.000	501.214
2.001	517.275
2.002	532.561

Regressão Linear: ano (x), população (y)			
b	14051,39216	-27602506,14	a
se1	210,9865512	420708,4528	sea
r2	0,996629488	4261,719432	sey
f	4435,362933	15	df
ssreg	80556181591	272433787,7	ssresd
t	66,5985205	y = a + bx	

y=781.306 habitantes (população urbana + rural)

98,6% Urbana	770.368 hab
1,4% Distritos	10.938 hab

b) Projeção dos Empregos

Realizou-se uma análise de regressão linear simples entre as variáveis “população” e “empregos” com os dados de 1986 a 2002, conforme apresentado no Quadro 3.2 e tendo como objetivo conhecer o número de empregos em 2020 (Quadro 3.2). O valor encontrado foi de **159.522 empregos** para a cidade de Uberlândia.

Quadro 3.2 – Análise de Regressão linear: Previsão dos empregos – Cenário Futuro - 2020

População	Empregos
240961	
309568	58221
321003	61451
332437	66228
343872	70641
366741	68107
367062	69821
382516	68245
400000	77167
411585	82820
427596	89346
438986	83921
456920	88444
472083	88055
490068	93072
501214	101374
517275	107758
532561	112284

Regressão Linear: população (x), empregos (y)			
b	0,219932498	-9899,69398	a
se1	0,013525876	5703,134425	sea
r2	0,946311953	3845,45724	sey
f	264,3917982	15	df
ssreg	3909704657	221813120,7	ssresd
t	16,2601291	y = a + bx	

Onde x = população de 2020 = 770.368 habitantes
 Tem-se: **y= 159.522 empregos**

c) Projeção das Escolas Estaduais

Para o ano-horizonte de 2020 considerou-se o número de escolas estaduais semelhante ao ano de 2002, visto que este valor vem se mantendo constante ao longo do tempo, conforme foi apresentado anteriormente na Tabela 3.10. Pela natureza desta variável envolver investimento do governo estadual é muito difícil fazer algum prognóstico. A hipótese adotada é, talvez, a de mais simples consideração devido a análise histórica e não produz nenhuma estagnação no ensino estadual porque é possível incrementar o número de vagas sem necessariamente aumentar o número de escolas. Portanto, para 2020, tem-se 67 escolas estaduais.

3.3.2.2. Distribuição dos dados sócio-econômicos por zona

No item anterior efetuou-se a projeção das variáveis sócio-econômicas para o ano de 2020. Nesta etapa, realizou-se a distribuição destas variáveis em cada uma das 51 zonas da cidade de Uberlândia.

a) Distribuição da População - Cenário Futuro – 2020

A distribuição dos 770.368 habitantes para o ano de 2020 em cada uma das zonas poderia ser efetuada mediante projeção, utilizando-se os dados de 2002. Porém, optou-se por trabalhar com fatores de crescimento (FC). Para o cálculo da população futura (P_{2020}) em cada zona utilizou-se a equação 3.1:

$$P_{2020} = P_{2002}(1 + FC) \quad (3.1)$$

Os fatores de crescimento, utilizados para o cálculo da população futura em cada zona, foram calculados com base no valor do adensamento máximo e nas diretrizes do atual Plano Diretor da cidade de Uberlândia.

Segundo Campos Filho (1992): *a prioridade na definição do valor do adensamento máximo a ser estabelecido deve ser dada ao critério derivado das limitações máximas ditadas pela capacidade de absorver tráfego, da estrutura viária e a de transportes, porque esses são os grandes investimentos fixos. O autor cita ainda: as densidades de uso do solo tem de estar em correspondência com a capacidade das infra-estruturas urbanas, especialmente as de circulação.*

Em nenhum estudo pesquisado encontrou-se um valor de adensamento máximo para as zonas da cidade de Uberlândia. Procurou-se então, valores de densidades populacionais que servissem de referência para se estipular um valor limite de adensamento para o cenário futuro do município. Dentre as informações recolhidas, têm-se os dados da Prefeitura de São Paulo (Tabela 3.11), visto que esta é a maior cidade brasileira e enfrenta diversos problemas urbanos, entre eles, os relativos ao trânsito e transportes. Portanto, buscando uma melhor qualidade de vida para os moradores de Uberlândia, optou-se por um valor de densidade máxima inferior aos pesquisados.

Tabela 3.11 – Densidades Demográficas na cidade de São Paulo

Região	Nome	Grau de Urbanização (%)	População	Densidade populacional (hab./km ²)
Central	Sé	100	373.914	14.271,50
Norte	Freguesia/Brasilândia	97,75	392.251	12.452,40
Sul	Campo Limpo	100	505.969	13.786,60
Leste	Itaim Paulista	100	359.215	16.553

Conforme já citado (item 3.3.1.2), a maior densidade populacional da cidade de Uberlândia em 2002 era de **11.171** hab/km² (zona 31 – Luizote de Freitas), porém a maioria das zonas possuíam densidades populacionais menores que 2.000 hab/km².

Escolheu-se trabalhar com a **densidade populacional máxima** de **10.000 hab/km²**, para o cenário futuro, exceto para a zona 31, que permanecerá com a mesma densidade de 11.171 hab/km², ou seja, não terá acréscimo populacional. Portanto, para a distribuição da população futura nas zonas, esta densidade populacional máxima de 10.000 hab/km² é um fator limitante e uma condição adotada para preservação da qualidade de vida em condições mais adequadas.

Analisando-se as diretrizes do atual Plano Diretor (1991 – 2006), resumidamente, tem-se :

- Adensamento em curto prazo das áreas situadas nos Eixos Estruturais Nordeste, Norte e Sudeste (e suas adjacências) que já possuam infra-estrutura significativa;
- Adensamento a médio e longo prazo para o eixo Oeste;
- Ocupação rarefeita para a região Sul;
- Preservação do bairro Fundinho (zona 5), impedindo o seu adensamento.

Com base no adensamento máximo de 10.000 hab./km² e nas diretrizes do Plano Diretor citadas anteriormente, **fatores de crescimento** foram propostos para cada uma das 51 zonas da cidade, da seguinte maneira:

Regra Geral: *Analisando-se a população futura calculada mediante os FC propostos nos itens a seguir, as zonas que excederam a densidade populacional máxima de 10.000 hab/km² tiveram seu FC reduzido até um valor que produzisse uma densidade populacional menor que a máxima adotada para este estudo.*

- I. Todas as zonas da Região Central (C) (Figura 3.11) receberam FC = 1, exceto as que excederam a densidade máxima de 10.000 hab/km², obtendo-se uma região central com densidades populacionais mais homogêneas e promovendo a redução de vazios urbanos;
- II. O bairro Fundinho (Zona5), que tem o seu adensamento impedido pelo Plano Diretor por se tratar de uma região com infra-estrutura saturada e de preservação histórica, recebeu FC= 0. A Zona 31 também recebeu FC= 0, pois sua densidade populacional em 2002 já ultrapassava à máxima permitida em 2020;
- III. O Plano Diretor propõe expansão urbana na direção dos Eixos Estruturais Oeste e Sudeste. Portanto, todas as zonas das Regiões Sudeste (SE) e Sudoeste (SO) (Figura 3.11) receberam FC= 1, exceto as zonas 51, 26 e 25 que receberam FC= 0,5 pois são muito periféricas apresentando maiores custos para se levar infra-estrutura e Sistemas de Transporte do que as zonas mais centrais. As zonas que excederam a densidade máxima tiveram o FC reduzido;
- IV. As zonas pertencentes à Região Nordeste (NE) (Figura 3.11) receberam FC= 0,4, pois são zonas mais afastadas da região central da cidade e da direção da expansão urbana proposta pelo Plano Diretor. Nenhuma zona excedeu a densidade populacional máxima de 10.000 hab./km².
- V. As zonas pertencentes à Região Norte (NO) (Figura 3.11) são, em sua maioria, classificadas como Industriais, portanto, o crescimento populacional é pequeno. Estas zonas receberam FC= 0,1. Nenhuma zona excedeu a densidade máxima.

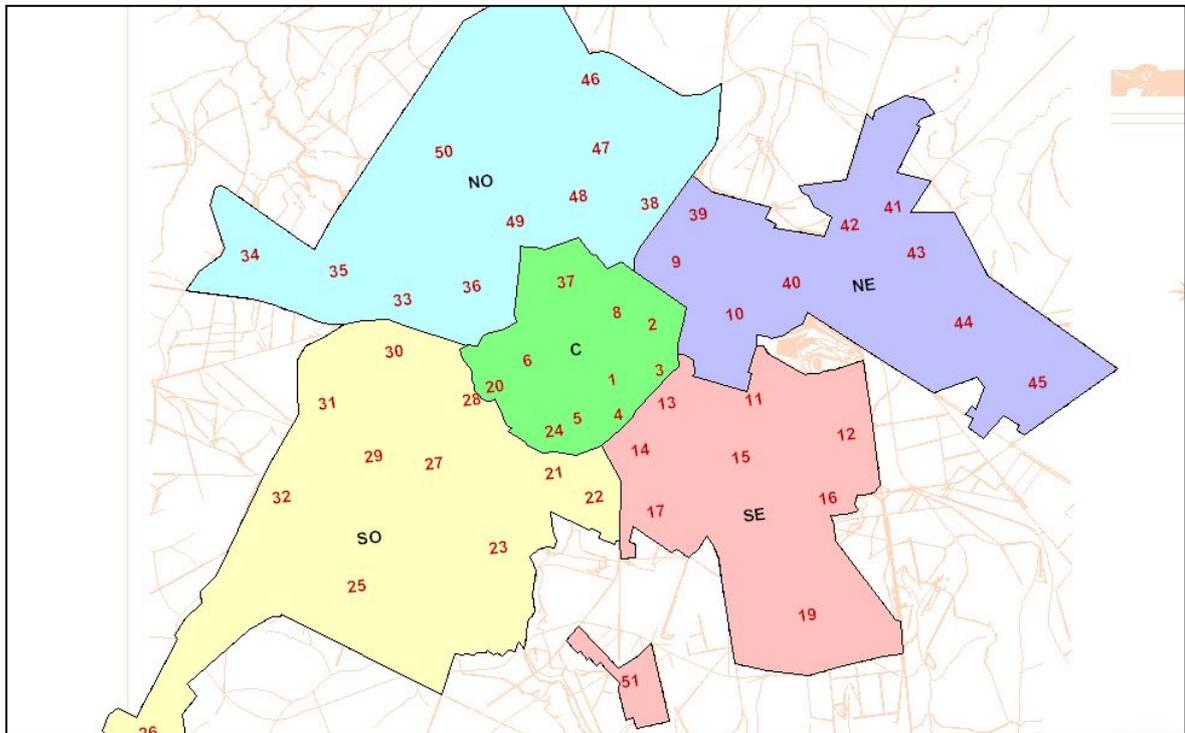


Figura 3.11 – As cinco macro regiões da cidade com as respectivas zonas

Desta forma, utilizando-se os FC, conseguiu-se distribuir 770.987 habitantes nas 51 zonas (Tabela 3.12), 619 a mais que o total previsto no item 3.3.2.1 ($P_{2020} = 770.368$), visto a dificuldade de se obter o valor exato com o critério adotado.

A Figura 3.12 apresenta as faixas de FC finais para cada zona. Percebe-se que:

- em **vermelho** tem-se as zonas que, no cenário futuro, não receberão acréscimo populacional (Bairro Fundinho – pela preservação histórica e inadequação da infraestrutura, e bairro Luizote de Freitas – por apresentar densidade populacional maior que 10.000 hab/km²). Tem-se também, as zonas ao norte, classificadas em sua maioria com Industriais, que receberão um acréscimo populacional de apenas 10%.
- em **verde escuro** tem-se as zonas que estão dentro das áreas de expansão propostas pelo Plano Diretor. Estas zonas receberam, em sua maioria, fatores de crescimento entre 0,9 (90%) e 1,0 (100%), ou seja, a população futura praticamente dobra a população do cenário atual.

Tabela 3.12 – Fatores de Crescimento, População e Densidade Populacional- Cenário Futuro – 2020

ZONAS	BAIRROS	CENÁRIO FUTURO - 2020		
		Fator de crescimento	População	Densidade Populacional (Hab/Km2)
1	Centro	0,80	13.468	9.882
2	Aparecida	0,30	16.975	9.860
3	Cazeca	0,20	3.809	9.681
4	Lídice	0,30	6.389	9.355
5	Fundinho	0,00	2.918	8.877
6	Oswaldo Rezende	0,10	23.314	9.392
7	Martins	0,40	13.781	9.490
8	Bom Jesus	0,20	6.183	9.524
9	Brasil	0,40	18.755	8.598
10	Tibery	0,40	27.678	8.274
11	Santa Mônica	0,90	56.172	9.923
12	Segismundo Pereira	0,80	30.536	9.571
13	Saraiva	0,20	10.593	9.332
14	Vigilato Pereira	1,00	9.295	7.065
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	0,80	18.927	9.726
16	Santa Luzia	0,70	6.965	9.794
17	J. Karaíba	1,00	3.874	1.530
18	Granada	1,00	15.855	2.220
19	Laranjeiras/ São Jorge	1,00	76.312	9.461
20	Daniel Fonseca	1,00	9.996	9.428
21	Patrimônio	1,00	6.926	6.901
22	Morada da Colina	1,00	3.562	1.967
23	Tubalina/ Cidade Jardim	1,00	29.080	3.833
24	Tabajaras	0,80	12.040	9.589
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	0,50	36.231	2.459
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru	0,50	1.315	205
27	Planalto	0,60	25.544	9.700
28	Jaraguá	0,20	10.551	9.385
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	1,00	8.636	1.716
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	1,00	18.169	6.421
31	Luizote de Freitas/ Mansur	0,00	27.743	11.171
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio	1,00	1.753	561
33	Taiamam	0,10	8.405	3.724
34	Morada do Sol	0,10	463	120
35	Guarani/ Tocantins	0,10	24.741	7.754
36	São José/ Jardim Brasília	0,10	15.365	4.288
37	Presidente Roosevelt	0,40	30.742	9.464
38	Marta Helena	0,10	11.227	6.354
39	Umarama	0,40	4.464	3.462
40	Custódio Pereira	0,40	13.586	4.889
41	Ipanema	0,40	9.160	7.826
42	Aclimação	0,40	11.859	1.600
43	Mansões Aeroporto	0,40	1.800	654
44	Dom Almir/ Alvorada	0,40	11.122	1.728
45	Morumbi	0,40	20.586	5.112
46	Minas Gerais	0,10	6.300	658
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	0,10	6.747	3.569
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	0,10	22.063	6.460
49	Maravilha/ Pacaembu	0,10	15.460	6.313
50	Distrito Industrial	0,10	2.238	191
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	0,50	1.315	720
Total			770.987	

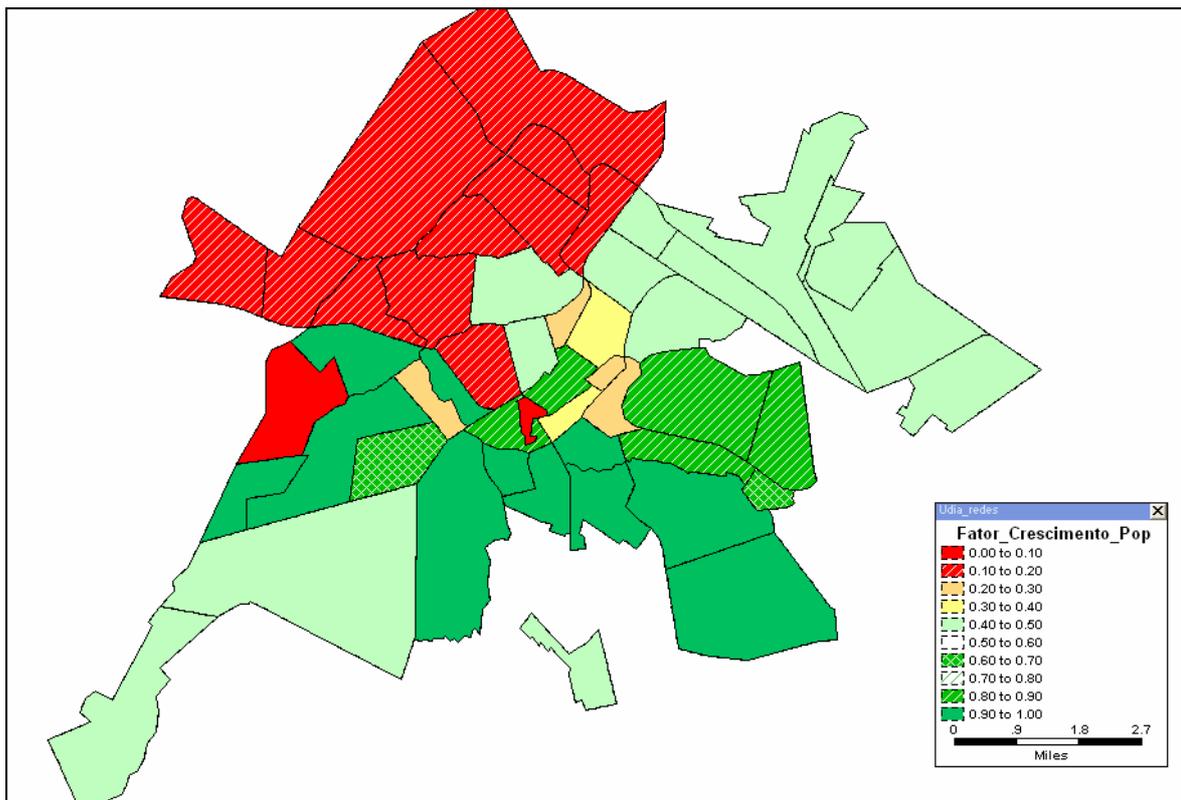


Figura 3.12 – Faixas de Fatores de Crescimento

b) Distribuição das Escolas Estaduais

Como o número de escolas estaduais do cenário futuro foi considerado semelhante ao do cenário atual, a distribuição das 67 escolas estaduais por zona para 2020 também apresenta-se semelhante à de 2002, conforme foi apresentado na Tabela 3.9.

c) Distribuição dos Empregos

Os 159.522 empregos projetados para o cenário futuro em 2.020 foram divididos nas 51 zonas mantendo a mesma distribuição do cenário atual porque a infra-estrutura existente e o tipo de atividade econômica que se vislumbra no futuro comporta esta condição (Tabela 3.13).

Tabela 3.13 – Distribuição dos Empregos / Cenário Futuro – 2020

ZONAS	CENÁRIO FUTURO - 2020
	Empregos
1	6.002
2	8.856
3	599
4	927
5	550
6	3.998
7	1.857
8	972
9	2.527
10	3.729
11	8.347
12	3.200
13	1.665
14	1.090
15	1.984
16	773
17	398
18	1.629
19	7.840
20	943
21	712
22	366
23	2.988
24	1.262
25	4.963
26	180
27	3.012
28	1.659
29	815
30	1.867
31	5.233
32	165
33	1.570
34	86
35	4.622
36	11.292
37	4.355
38	2.097
39	11.257
40	3.307
41	2.029
42	2.626
43	264
44	2.463
45	3.022
46	2.344
47	1.902
48	6.218
49	4.357
50	9.878
51	180
não alocados no perímetro urbano	4.546
Total	159.522

3.3.2.3. Previsão das Viagens diárias no transporte por ônibus /Cenário Futuro – 2020

Com base em dados divulgados pela SETTRAN a evolução de viagens diárias por ônibus estão apresentados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14: Viagens diárias no transporte por ônibus entre 1988 e 2002

Ano	Modal Ônibus	
	Frota	Viagens
1980		
1986		
1987		
1988	172	124.624
1989	195	146.698
1990	231	161.301
1991	242	167.820
1992	248	167.314
1993	266	181.262
1994	275	188.610
1995	285	205.305
1996	302	199.428
1997	326	172.727
1998	331	159.378
1999	340	152.635
2000	351	150.302
2001	351	156.151
2002	351	163.357

Devido às interferências no Sistema de Transportes de Uberlândia citadas no item 3.3.2, optou-se por realizar análise de regressão linear para a previsão das “viagens diárias no transporte por ônibus” (V_{2020}) (Quadro 3.3), utilizando-se as variáveis “população” e “viagens diárias no transporte por ônibus” entre os anos de 1988 a 1995 (período em que os valores para a variável “viagens” apresentaram-se crescentes). Posteriormente, sobre o valor encontrado para V_{2020} ($V_{2020} = 457.979$), foram considerados os efeitos do Sistema Integrado de Transportes (E_{SIT}) e do transporte clandestino operado por vans (E_{VANS}), reduzindo a previsão inicial conforme os coeficientes calculados nas equações 3.2 e 3.3.

$$E_{SIT} = \frac{V_{1998}}{V_{1996}} = 0,7992 \quad (3.2)$$

$$E_{VANS} = \frac{V_{2000}}{V_{1998}} = 0,9431 \quad (3.3)$$

Desta forma, a equação 3.4 apresenta o cálculo do total de “viagens diárias no transporte por ônibus” para o cenário futuro (V_{2020*}), que resultou em 345.190 viagens.

$$V_{2020*} = V_{2020} * E_{SIT} * E_{VANS} \quad (3.4)$$

Esta previsão é otimista e chega a ter crescimento maior que 100% no período envolvido na geração do cenário futuro, 18 anos. Não houve no passado crescimento desta ordem de grandeza em período semelhante.

Quadro 3.3 –Previsão das viagens diárias de passageiros de ônibus – Cenário Futuro – 2020

Ano	População	Viagens/dia Ônibus
1.988	332.437	124.624
1.989	343.872	146.698
1.990	366.741	161.301
1.991	367.062	167.820
1.992	382.516	167.314
1.993	400.000	181.262
1.994	411.585	188.610
1.995	427.596	205.305

Regressão Linear: população (x), viagens (y)			
b	0,741296537	-113066,9392	a
se1	0,068321317	25977,32037	sea
r2	0,95150565	5944,97518	sey
f	117,7257539	6	df
ssreg	4160749522	212056379,3	ssresd
t	10,85014995	y = a +bx	

Onde x a população em 2020 = 770.368 habitantes
 $V_{2020*} = y = 457.979$ viagens de passageiros diárias em 2020

A distribuição destas 345.190 viagens em cada uma das zonas será apresentada no item 3.4, pois utilizou-se o programa *TransCAD* para a realização deste processo.

Assim, de forma reduzida, tem-se as seguintes variáveis sócio-econômicas e do sistema de transportes públicos para os cenários atual – 2002 e futuro – 2020 da cidade de Uberlândia (Tabela 3.15):

Tabela 3.15- Variáveis sócio-econômicas e do sistema de transportes públicos

Variáveis	Cenários	
	Atual - 2002	Futuro - 2020
População	524.232	770.368
Empregos	112.284	159.522
Escolas Estaduais	67	67
Viagens Diárias de ônibus	163.357	345.190

3.4. APLICAÇÕES DO SIG-T NA COMPOSIÇÃO E ANÁLISE DOS CENÁRIOS

Muitas cidades brasileiras já utilizam os Sistemas de Informações Geográficas para aplicação em transportes. O primeiro SIG desenvolvido especificamente para atender as necessidades dos profissionais de transportes é o programa *TransCAD*, produzido pela *Caliper Corporation*.

As aplicações deste programa são para todos os modos de transportes e de abrangência local, regional e nacional, podendo ser utilizado para:

- análise de rede (rotas mais curtas, mais rápidas e menor custo, entre outros);
- planejamento de transportes e análise das demandas de viagens (geração/distribuição de viagens, modelos de escolha modal e alocação do tráfego);
- roteirização e logística (operações de coleta e entrega, planejamento de distribuição, manutenção de instalações, entre outros);
- regionalização e localização de instalações (localização de terminais, depósitos, instalações, delimitação de redes de serviços, revisão de distritos políticos, entre outros).

O *TransCAD* permite a integração de dados de transportes com dados de imagens *raster*, como fotos aéreas, imagens de satélites e mapas *scaneados*, combinando a localização geográfica de transportes (através de mapas digitalizados) com dados relacionais que o descrevem. As principais vantagens deste programa são os modelos de pesquisa e análise de redes de transportes, os conjuntos de modelos analíticos avançados para aplicações específicas e as ferramentas de suporte para análise estatística e econômica (CALIPER, 1996).

O mapa georeferenciado de Uberlândia foi importado através do programa *TransCAD* – versão 4.5 e as variáveis sócio-econômicas e de transportes foram inseridas no banco de dados através do próprio programa caracterizando, assim, o cenário atual e permitindo fazer inferências quanto ao cenário futuro. Em seguida, foram aplicados os modelos de geração (viagens produzidas e atraídas) e distribuição de viagens (método de Fratar) e

utilizado o procedimento de atribuição do tráfego “Tudo ou Nada” para gerar um cenário futuro que permitisse analisar situações específicas em quatro cruzamentos, atualmente, mais críticos na cidade de Uberlândia e produzir os mapas temáticos que estão apresentados ao longo deste capítulo.

3.4.1. Mapa Georeferenciado

O programa *TransCAD* possui ferramentas para se trabalhar com **mapas** e, pode-se em um mesmo mapa, criar três tipos de **camadas** (áreas, arcos e pontos). Cada camada do mapa possui um **banco de dados** que está associado a cada **elemento** (seja ele área, arco ou ponto) do arquivo geográfico. Todos os elementos de uma mesma camada são, obrigatoriamente, do mesmo tipo. Cada elemento possui um identificador (**ID**) único, que o diferencia dos demais.

Para este trabalho, construiu-se as seguintes camadas:

- Camada de área: composta pelas 51 zonas propostas para a cidade de Uberlândia;
- Camada de arcos (ou linhas): composta pela rede viária necessária ao estudo;
- Camada de pontos: composta pela localização das escolas estaduais.

Um mapa-base com os quarteirões, ruas e os limites dos bairros da cidade de Uberlândia foi importado do programa *AutoCad* para o *TransCAD* e serviu de “guia” para a construção das camadas que irão compor o mapa de trabalho (Figura 3.13).

A primeira camada a ser construída foi a de **área**, composta pelas 51 zonas nas quais a cidade de Uberlândia foi dividida para este estudo (Figura 3.14). Um banco de dados foi criado automaticamente para relacionar cada elemento desta camada. Neste banco de dados, pode-se acrescentar (ou retirar) campos a qualquer momento, de acordo com os objetivos do trabalho. Porém, existem dois campos criados pelo próprio programa, são eles: o **ID** (identificador de cada zona) e a **ÁREA** (calculada pelo programa).

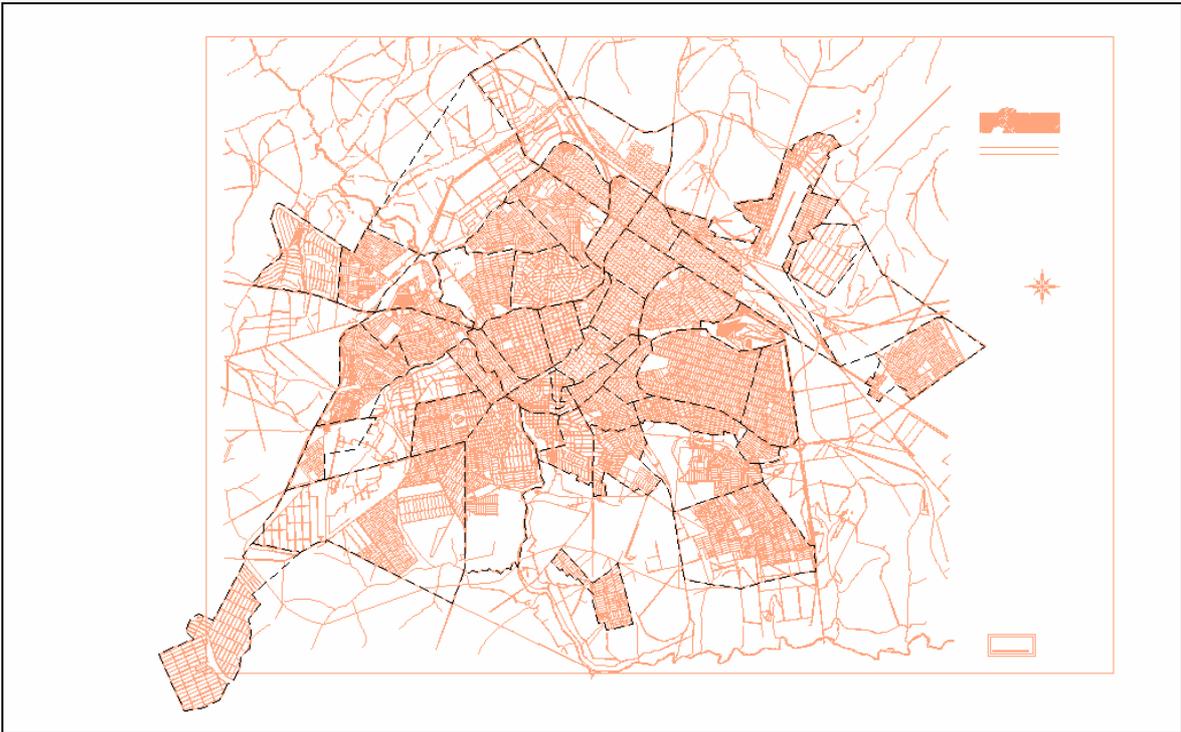


Figura 3.13 – Mapa-base incorporado ao *TransCAD*

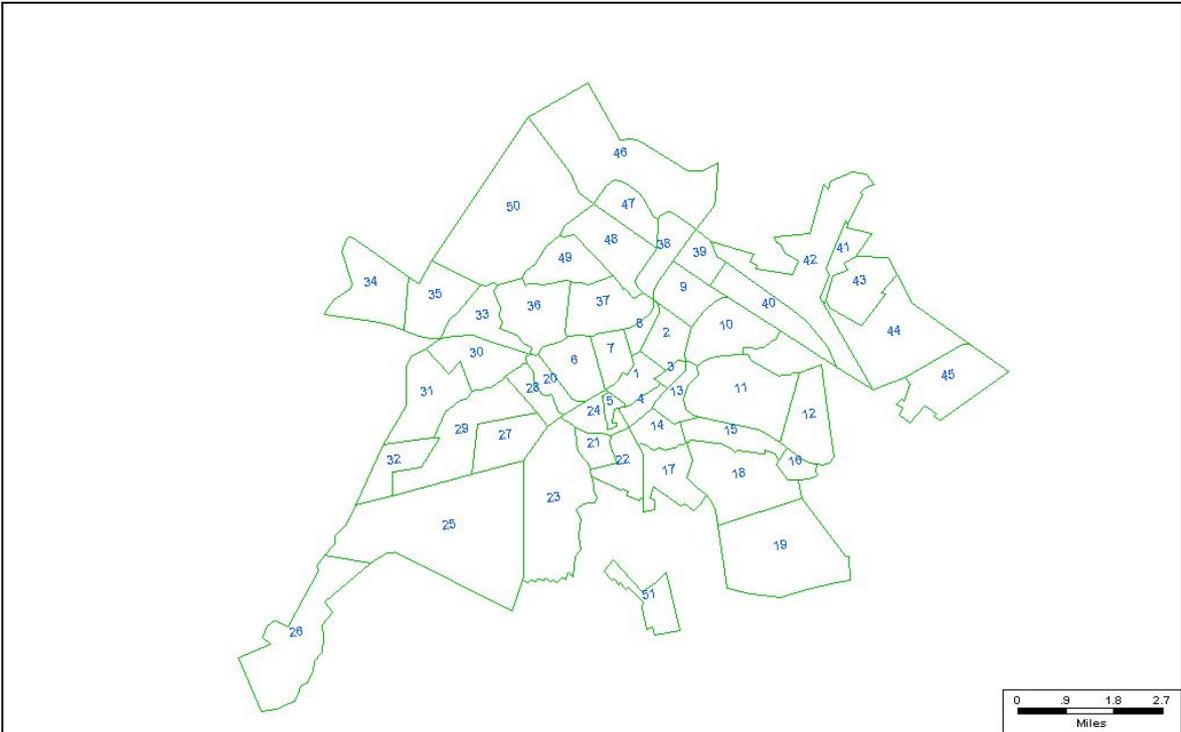


Figura 3.14 – Camada com o zoneamento proposto

Pode-se, por exemplo, nesta camada que contém o zoneamento da cidade de Uberlândia, selecionar uma determinada zona e, imediatamente, ter acesso à informações específicas armazenadas no banco de dados (Figura 3.15) como: área da zona, bairros que compõem a zona, população, número de escolas, empregos, viagens diárias no transporte por ônibus atraídas e produzidas em cada zona, além de outras.

ID	Área	AreaKm2	Zona	Nome_Bairro	[Tipo Bairro]	[População 2002 Prefeitura]
1286	0.53	1.35	1	Centro	comercial/serviç	7516
1287	0.66	1.70	2	Aparecida	comercial/serviç	13116
1288	0.15	0.37	3	Cazeca	comercial/serviç	3188
1289	0.26	0.67	4	Lídice	comercial/serviç	4936
1290	0.14	0.35	5	Fundinho	comercial/serviç	2931
1291	0.95	2.44	6	Oswaldo Rezende	comercial/serviç	21289
1292	0.55	1.41	7	Martins	comercial/serviç	9888
1293	0.25	0.64	8	Bom Jesus	comercial/serviç	5175
1294	0.84	2.14	9	Brasil	comercial/serviç	13456
1295	1.29	3.32	10	Tibery	comercial/serviç	19858
1296	2.20	5.63	11	Santa Mônica	comercial/serviç	29696
1297	1.19	3.06	12	Segismundo Perei	comercial/serviç	17040
1298	0.44	1.13	13	Saraiva	comercial/serviç	8867
1299	0.50	1.28	14	Vicilato Pereira	comercial/serviç	4668

Figura 3.15 – Exemplo de banco de dados do programa *TransCAD*.

Posteriormente, criou-se uma camada de arcos (linhas) composta pela rede viária necessária a este estudo (Figura 3.16). Como este trabalho diz respeito ao transporte por ônibus da cidade Uberlândia, nem todas as ruas da cidade foram integradas à esta rede. Escolheu-se traçar as rotas dos ônibus registradas no cenário atual – 2002, algumas vias consideradas importantes pela capacidade de fluxo (exemplo: Av. Rondon Pacheco) e todas as vias da região central da cidade.

A rede viária criada neste trabalho pode ser modificada para diferentes análises dos fluxos. Ruas inteiras ou somente alguns trechos podem ser ativados ou desativados a qualquer momento, bastando informar ao programa quais são e criar ou atualizar a rede viária (*network*). O *network* guarda importantes características da rede viária pertencente ao Sistema de Transportes como: os arcos ativados, a capacidade de cada um, o comprimento, a velocidade, entre outras.

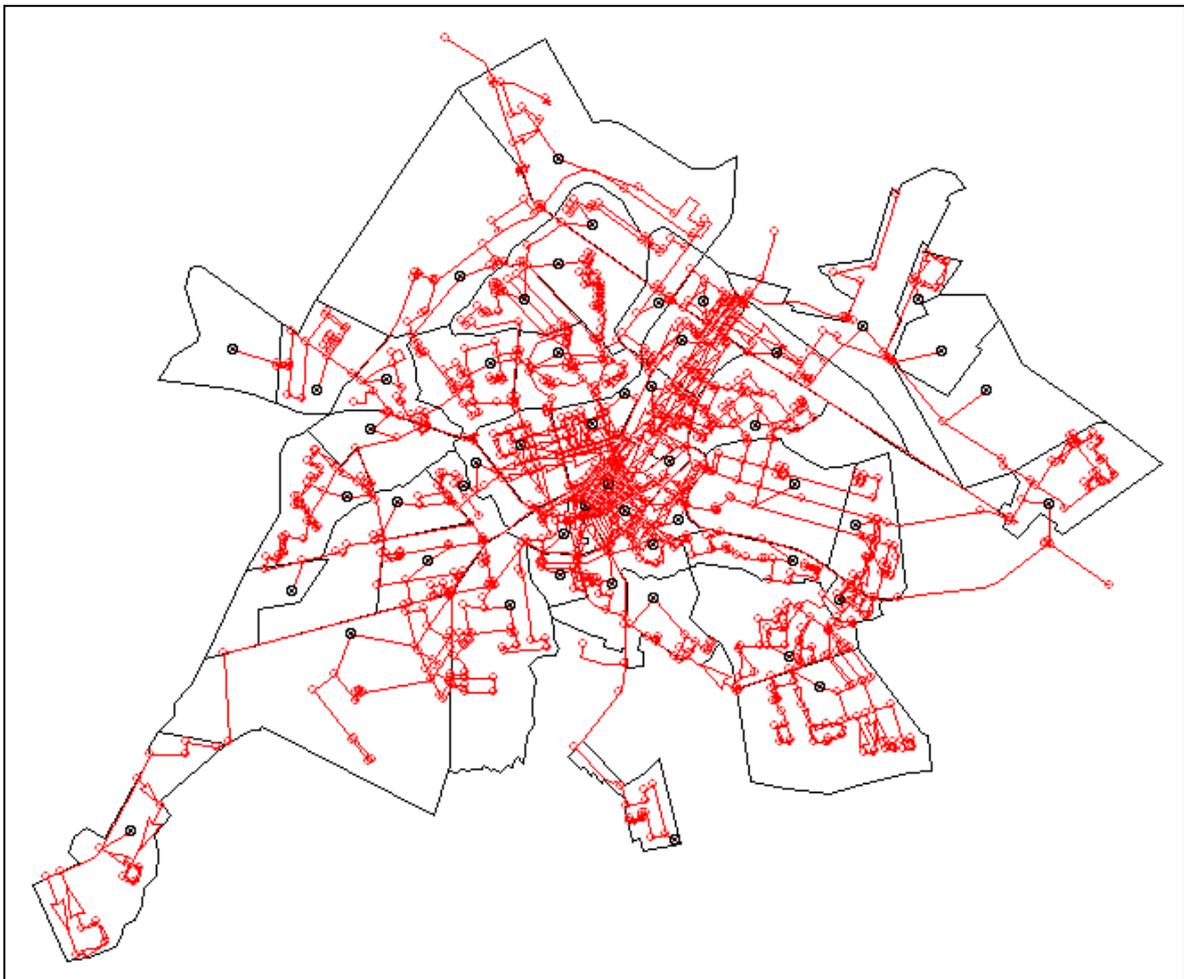


Figura 3.16 – Camada composta pela rede viária

Durante a configuração da rede, automaticamente o programa cria um banco de dados contendo os seguintes campos: ID (identificador do arco), LENGTH (comprimento do arco) e DIR (direção do fluxo no arco). Inicialmente, o programa associa para todo arco o valor zero (DIR=0), que indica fluxo nos dois sentidos. Quando se faz necessário indicar o sentido do fluxo, utiliza-se a seguinte codificação: DIR=1 (fluxo no sentido em que foi criado/desenhado o arco) e DIR= -1 (fluxo no sentido contrário a criação do arco). Outros campos podem ser adicionados ao banco de dados como: nome (da rua ou avenida), capacidade, velocidade máxima permitida, tempo de percurso, entre outros.

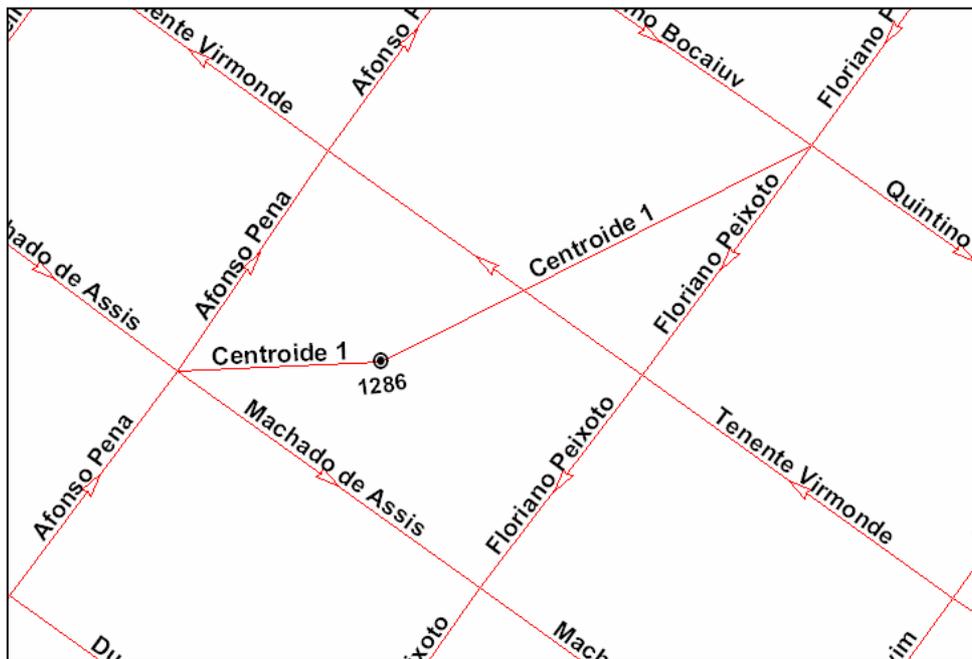


Figura 3.18 – Exemplo de um centróide e seus arcos especiais

É importante ressaltar que os valores dos IDs são criados automaticamente pelo programa, em ordem crescente, de acordo com a edição dos elementos (pontos, arcos e áreas). Se um elemento foi excluído ou modificado, aquele ID deixa de existir e cria-se um novo ID com outro valor. Os centróides precisam ser criados de acordo com a numeração das zonas (exemplo: cria-se primeiro o centróide da zona 1, depois o da zona 2 e assim por diante) para a identificação correta dos dados da matriz O/D pelo programa.

No caso deste trabalho, criou-se os centróides aleatoriamente e depois percebeu-se a necessidade da ordenação, visto o insucesso da alocação do tráfego. Então foi preciso criar um programa em Visual Basic que renomeasse os IDs dos centróides em ordem crescente semelhante as zonas (Exemplo: zona 1 – centróide 1286; zona 2 – centróide 1287; e assim por diante). Os números dos IDs dos centróides (1286, 1287, etc.) devem ser os índices da matriz O/D na qual o programa realizará a alocação do tráfego.

3.4.2. GERAÇÃO DE VIAGENS / CENÁRIO FUTURO – 2020

Nesta etapa, conhecendo-se o valor das viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte ($V_{2020^*} = 345.190$ viagens), pretende-se obter as viagens diárias produzidas e atraídas por ônibus em cada uma das zonas no cenário futuro – 2020.

Para a análise dos modelos de geração de viagens utilizou-se, inicialmente, as seguintes variáveis, desagregadas por zonas, pertencentes ao cenário atual – 2002 (**anexo 8**): população, empregos, densidade populacional, escolas estaduais, viagens diárias no transporte por ônibus atraídas e produzidas. Estas variáveis foram apresentadas no diagnóstico do cenário atual, item 3.3.1.

Com estas variáveis sócio-econômicas e do Sistema de Transportes, construiu-se uma matriz de correlação (quadro 3.4), objetivando-se conhecer quais as variáveis independentes que melhor explicam as viagens atraídas e as viagens produzidas.

Quadro 3.4: Matriz de Correlação – Modelos de Geração de Viagens/ Cenário Futuro – 2020

Variáveis	Empregos	População	Densidade	Escolas Estaduais	Viagens Atraídas	Viagens Produzidas
Empregos	1					
População	0,53	1				
Densidade	0,136	0,433	1			
Escolas Estaduais	0,137	0,406	0,626	1		
Viagens Atraídas	0,429	0,526	0,492	0,614	1	
Viagens Produzidas	0,322	0,717	0,227	0,291	0,519	1

Analisando-se a matriz de correlação (quadro 3.4), têm-se que, a variável independente “População” é a que melhor explica a variável dependente “Viagens produzidas diárias no transporte por ônibus”.

Observa-se também, que as variáveis independentes “Escolas Estaduais” e “Empregos”, são as que melhor explicam a variável dependente “Viagens atraídas diárias no transporte por ônibus”.

Deste forma, realizou-se o processo de análise de regressão linear entre as variáveis citadas anteriormente, objetivando-se conhecer os coeficientes dos modelos e os resultados dos testes estatísticos. No procedimento de calibração adotou-se o valor da constante igual a zero para obtenção de melhor significância estatística nos modelos conforme apresentados no Quadro 3.5.

O modelo calibrado de Viagens Produzidas (3.5) tem constante igual a zero e é estatisticamente significativo como indicam os valores do coeficiente de determinação (0,781); do erro padrão de estimativa de 1.994,34, o valor de $t_{(b)} = 13,35$ maior que 2,9 da tabela da distribuição t de *Student* para 51 graus de liberdade e grau de confiança de 95%.

$$\text{Viagens}_{\text{produzidas}} = 0.282 \times \text{População} \quad (3.5)$$

$$R^2 = 0.781 \quad S_{Y(e)} = 1.994,34 \quad t_{(b)} = 13.35$$

O próximo modelo calibrado, o de Viagens Atraídas (3.6), tem constante igual a zero e é estatisticamente significativo como indicam os valores do coeficiente de determinação (0,782); do erro padrão de estimativa de 2005,85, o valor de $t_{(b1)} = 7,191$ e $t_{(b2)} = 4,687$ maiores que 2,9 da tabela da distribuição t de *Student* para 51 graus de liberdade e grau de confiança de 95%.

$$\text{Viagens}_{\text{atraídas}} = 1.397,227 * EE + 0,556 * EM \quad (3.6)$$

$$R^2 = 0,782 \quad S_{Y(e)} = 2005,87$$

$$t_{(b1)} = 7,191 \quad t_{(b2)} = 4,687$$

Onde:

- **EE** é o número de escolas estaduais de cada zona;
- **EM** é o número de empregos de cada zona.

Quadro 3.5 – Análise de Regressão Linear – Modelos de Geração de Viagens

Análise de Regressão Linear			Constante	Coeficientes		R2	Testes Estatísticos		Sy (e)
Y	X1	X2	a	B1	B2		t1	t2	
Viagens Produzidas	População		0	0,282		0,781	13,35		1994,34
Viagens Atraídas	Escolas Estaduais	Empregos	0	1.397,23	0,556	0,782	7,19	4,69	2005,87

Sendo assim, os modelos de geração de viagens (equações 3.5 e 3.6) utilizados neste estudo, apresentam-se satisfatórios do ponto de vista estatístico. Para a comparação visual dos modelos, criou-se os Gráficos 3.2 e 3.3, que também apresentaram uma boa concordância entre os valores das viagens diárias no transporte por ônibus estimados e os observados.

Gráfico 3.2 – Comparação entre as Viagens Produzidas Observadas e Estimadas

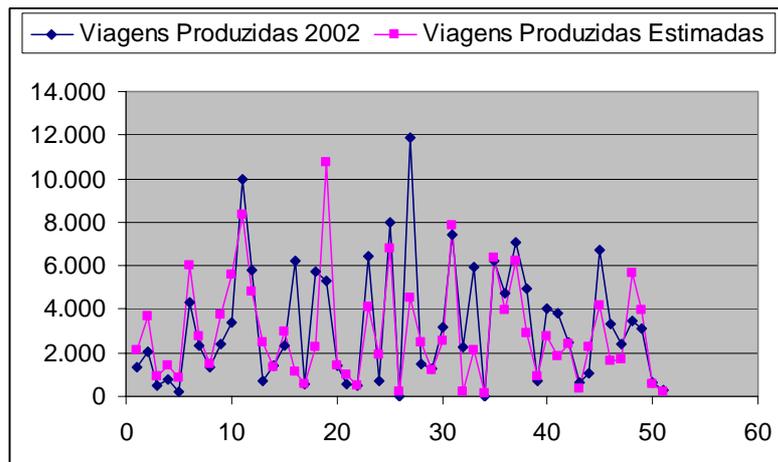
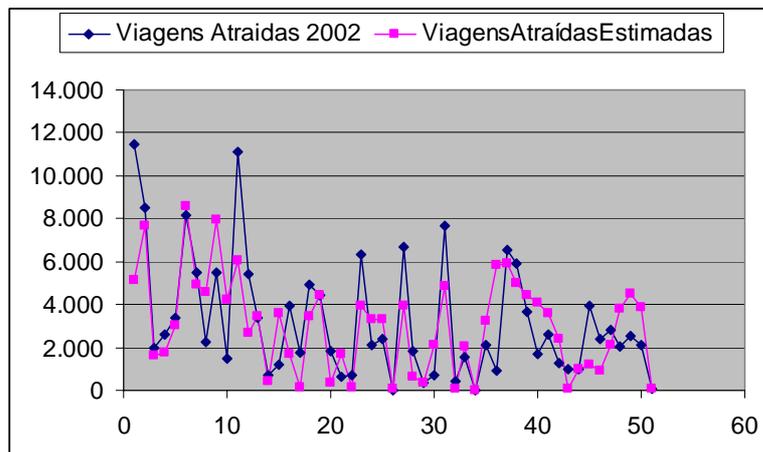


Gráfico 3.3 – Comparação entre as Viagens Atraídas Observadas e Estimadas



Após a calibração dos modelos de geração de viagens, o próximo passo foi inseri-los no programa *TransCAD*, para o cálculo das viagens produzidas e atraídas em cada zona do cenário futuro – 2020. Desta forma, o total de viagens atraídas e produzidas diárias no transporte por ônibus foram:

- $V_{\text{Atraídas}/2020}$: **179.781** Viagens
- $V_{\text{Produzidas}/2020}$: **217.418** Viagens

Como o total de viagens atraídas e produzidas não foram coincidentes entre si e nem iguais ao valor da previsão de viagens futuras ($V_{2020^*}=345.190$ viagens), realizou-se o balanceamento dos resultados encontrados, para que o total de viagens produzidas e atraídas seja igual ao valor de V_{2020^*} .

Para a utilização da ferramenta de balanceamento do programa, deve-se escolher o método para a realização do processo. O *TransCAD* possui dois métodos de balanceamento, são eles:

- **Hold Vector** : Mantém o vetor especificado como valor constante. Escolhendo-se o vetor 1, o equilíbrio será calculado de modo que a soma do vetor 2 seja igual a soma do vetor 1 e vice-versa.
- **Weighted Sum e Sum to Value**: Ambos os valores de produção e atração são ajustados conforme valores atribuídos pelo usuário (pesos ou valores).

Escolheu-se o método de balanceamento denominado “*Sum to Value*” e o valor para o ajuste foi igual ao de V_{2020^*} , **345.190** viagens (Figura 3.19). Ao final do balanceamento, obteve-se as viagens atraídas e produzidas diárias no transporte por ônibus para cada uma das zonas, no cenário futuro – 2020 (Tabela 3.16).

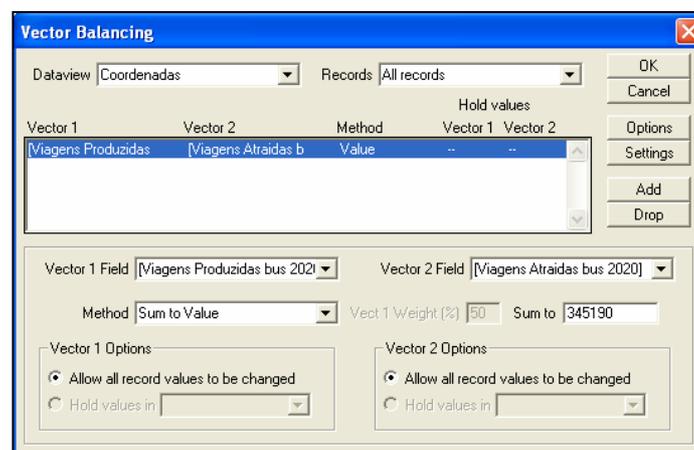


Figura 3.19 – Balanceamento dos modelos de geração de viagens

Tabela 3.16 – Geração de Viagens / Cenário Futuro – 2020.

ZONAS	BAIRROS	CENÁRIO FUTURO - 2020	
		Viagens Atraídas	Viagens Produzidas
1	Centro	11.773	6.030
2	Aparecida	17.503	7.600
3	Cazeca	3.322	1.705
4	Lídice	3.672	2.860
5	Fundinho	5.953	1.306
6	Oswaldo Rezende	17.682	10.438
7	Martins	10.031	6.170
8	Bom Jesus	9.086	2.768
9	Brasil	16.112	8.397
10	Tibery	9.347	12.392
11	Santa Mônica	14.277	25.150
12	Segismundo Pereira	6.099	13.672
13	Saraiva	7.143	4.743
14	Vigilato Pereira	1.163	4.162
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	7.483	8.474
16	Santa Luzia	3.508	3.118
17	J. Karaíba	425	1.735
18	Granada	7.105	7.099
19	Laranjeiras/ São Jorge	11.053	34.167
20	Daniel Fonseca	1.007	4.476
21	Patrimônio	3.442	3.101
22	Morada da Colina	391	1.595
23	Tubalina/ Cidade Jardim	8.555	13.020
24	Tabajaras	6.713	5.390
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	7.981	16.221
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru	192	589
27	Planalto	8.581	11.436
28	Jaraguá	1.771	4.724
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	870	3.867
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	4.676	8.135
31	Luizote de Freitas/ Mansur	10.952	12.421
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio	177	785
33	Taiamam	4.359	3.763
34	Morada do Sol	92	207
35	Guarani/ Tocantins	7.617	11.077
36	São José/ Jardim Brasília	14.738	6.879
37	Presidente Roosevelt	12.698	13.764
38	Marta Helena	10.287	5.027
39	Umuarama	12.017	1.999
40	Custódio Pereira	8.896	6.083
41	Ipanema	7.531	4.101
42	Aclimação	5.486	5.309
43	Mansões Aeroporto	282	806
44	Dom Almir/ Alvorada	2.629	4.980
45	Morumbi	3.226	9.217
46	Minas Gerais	2.502	2.821
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	4.713	3.021
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	9.321	9.878
49	Maravilha/ Pacaembu	10.017	6.922
50	Distrito Industrial	10.545	1.002
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	192	589
Total		345.190	345.190

3.4.3. DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS / CENÁRIO FUTURO – 2020

O objetivo nesta etapa é a determinação das viagens diárias no transporte por ônibus entre todas as zonas de origem e destino no cenário futuro. Os métodos de distribuição de viagens foram descritos no Capítulo 2. Para esta etapa utilizou-se o **Método de Fratar** ou **Método do Fator de Crescimento Duplamente Restringido**, obtendo-se a matriz O/D de viagens diárias no transporte por ônibus para o ano-horizonte através dos programas *Excel* e *TransCAD*.

a) Utilizando-se o programa *Excel*:

Para a determinação da matriz O/D utilizando-se o Método de Fratar, foram necessárias as seguintes informações:

- Matriz O/D de viagens diárias no transporte por ônibus do cenário atual – 2002 (conforme anexo 3),
- Viagens produzidas e atraídas diárias, em cada zona, no transporte por ônibus para o cenário futuro – 2020 (conforme Tabela 3.16).

Os valores dos primeiros fatores de crescimento e dos primeiros fatores locais calculados utilizando-se o Método de Fratar encontram-se no **anexo 9**. Foram efetuadas seis interações até obtenção de 3% de margem de convergência (0,97 a 1,03), resultando na matriz O/D das viagens diárias no transporte por ônibus para 2020 (**anexo 10**).

b) Utilizando-se as ferramentas do programa *TransCAD*:

Para a realização da etapa de distribuição de viagens, utilizando-se as ferramentas do programa *TransCAD* que calculam o Método de Fratar, os procedimentos foram:

- Abrir o mapa e deixar ativa a camada que contém o zoneamento;
- Abrir a matriz O/D de viagens de ônibus diárias do cenário atual – 2002;
- Abrir o banco de dados contendo os dados relativos às viagens futuras;
- Escolher no menu : *Planning – Trip distribution – Grow Factor Method*;

- Na caixa de diálogo *Growth Factor Balancing* escolher *doubly* para o tipo de restrição e selecionar os campos que contém as informações sobre as viagens futuras.

As matrizes O/D de viagens diárias no transporte por ônibus geradas pelos dois programas para o cenário futuro – 2020, utilizando-se o Método de Fratar, apresentaram-se semelhantes.

3.4.4. ALOCAÇÃO DO TRÁFEGO

O objetivo da alocação do tráfego é atribuir os fluxos de passageiros de ônibus nas redes viárias destinadas ao transporte público, conhecendo-se assim, as vias mais congestionadas e as possibilidades de modificações nas rotas dos ônibus, melhorando a fluidez do tráfego e, conseqüentemente, os serviços oferecidos pelo Sistema de Transportes Públicos.

Os dados de entrada nesta etapa de alocação do tráfego, necessários para a utilização das ferramentas do programa *TransCAD*, foram: a matriz de fluxos indicando os volumes de viagens entre os pares de origem e destino (conforme anexo 10); a rede viária composta por arcos e seus atributos (conforme Figura 3.16); e o método de alocação do tráfego empregado neste trabalho – método “Tudo ou Nada”. Os métodos de alocação de tráfego foram apresentados no capítulo 2, item 2.2.1.4.

É importante ressaltar que a rede viária utilizada para a alocação dos fluxos neste trabalho, não teve nenhum dos seus arco (ruas e avenidas) desabilitados.

O método “Tudo ou Nada” é o mais simples e fornece bons resultados, apresentando os caminhos mínimos, entre dois centroídes, por onde o fluxo flui preferencialmente. Trata-se de um modelo não realista, pois somente um caminho é utilizado entre todo par O/D, mesmo que existam outros caminhos com custo ou tempo de viagem iguais ou próximos. Este método não considera também problemas de capacidade dos arcos ou o nível de congestionamento sobre os mesmos; e o tempo de viagem é uma entrada fixa não variando com o fluxo no arco. Estas informações podem ser consideradas posteriormente em análises mais específicas da rede viária.

O programa *TransCAD* cria um banco de dados contendo os fluxos nos sentidos AB, BA e TOTAL. Com estes resultados, produziu-se os mapas temáticos que indicam os fluxos em cada arco. Desta forma, pôde-se ter uma noção de quais vias e cruzamentos apresentam situação futura mais crítica. Foram construídos mapas temáticos de alocação do tráfego para os cenários atual – 2002 (Figura 3.20) e futuro – 2020 (Figura 3.21), com o objetivo de comparar os resultados obtidos.

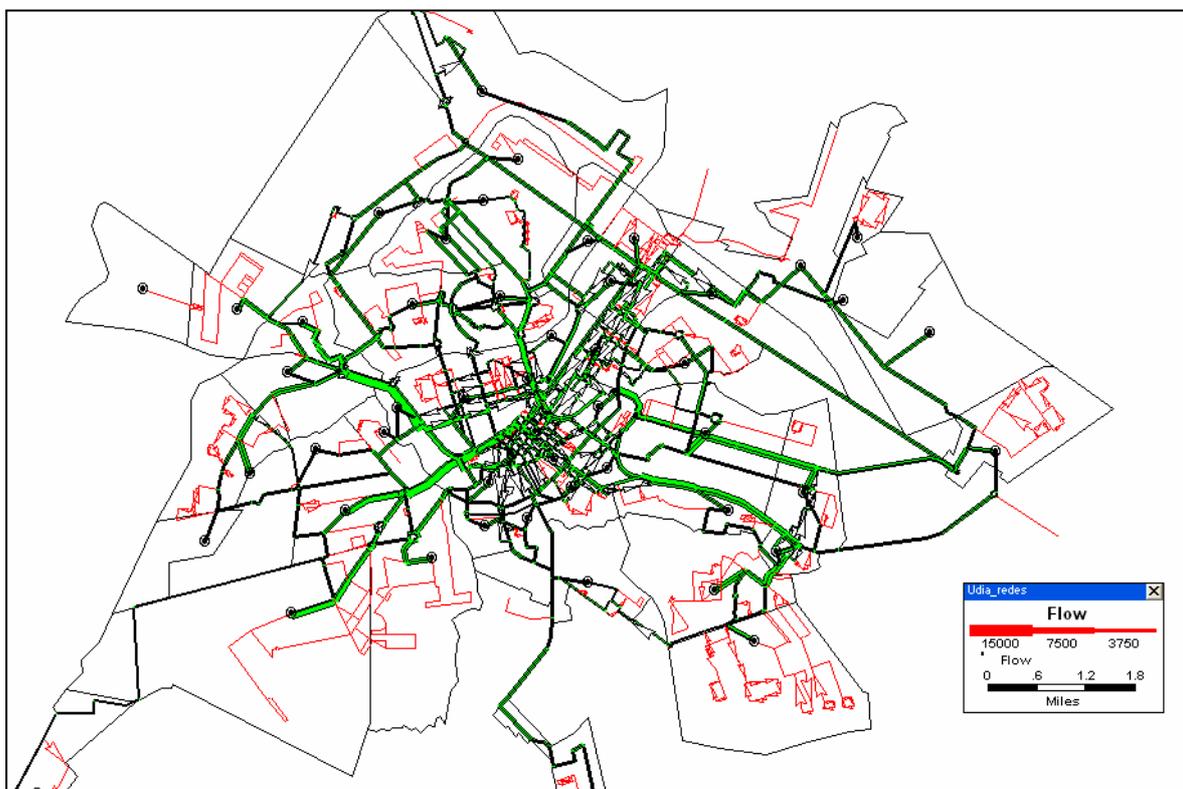


Figura 3.20 – Fluxo no Transporte Público por Ônibus/ Cenário Atual – 2002.

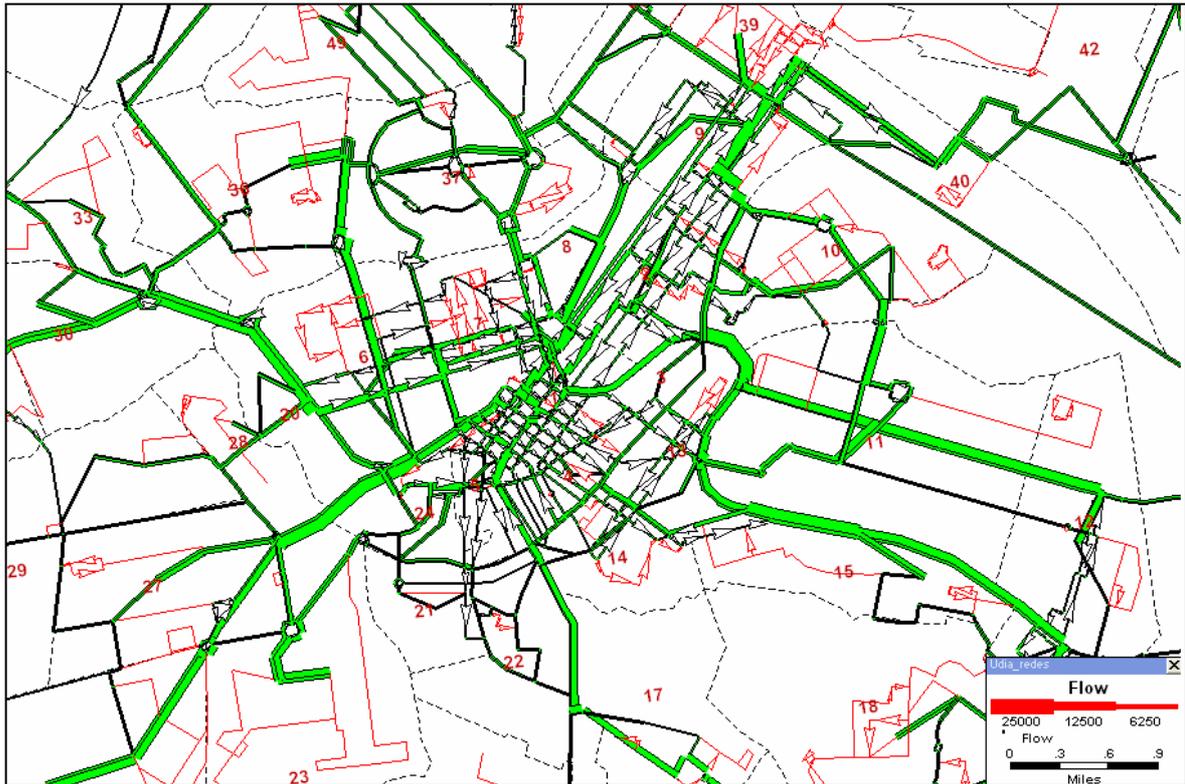


Figura 3.21 – Fluxo no Transporte Público por Ônibus/ Cenário Futuro – 2020.

Posteriormente, analisou-se, separadamente, os fluxos de viagens diárias no transporte por ônibus em quatro dos principais cruzamentos da cidade de Uberlândia. Optou-se por estes cruzamentos por se tratarem de locais de intenso fluxo de viagens e estarem áreas localizadas na direção de expansão urbana proposta pelo Plano Diretor. As avenidas que compõem estes cruzamentos são:

- **Cruzamento 1 (C1):** Av. João Naves de Ávila com Av. Rondon Pacheco
- **Cruzamento 2 (C2):** Av. João Naves de Ávila com Av. Segismundo Pereira
- **Cruzamento 3 (C3):** Av. Getúlio Vargas com Av. Marcus de Freitas Costa
- **Cruzamento 4 (C4):** Av. Rondon Pacheco com Av. Nicomedes Alves dos Santos

A localização destes quatro cruzamentos é apresentada na Figura 3.22.

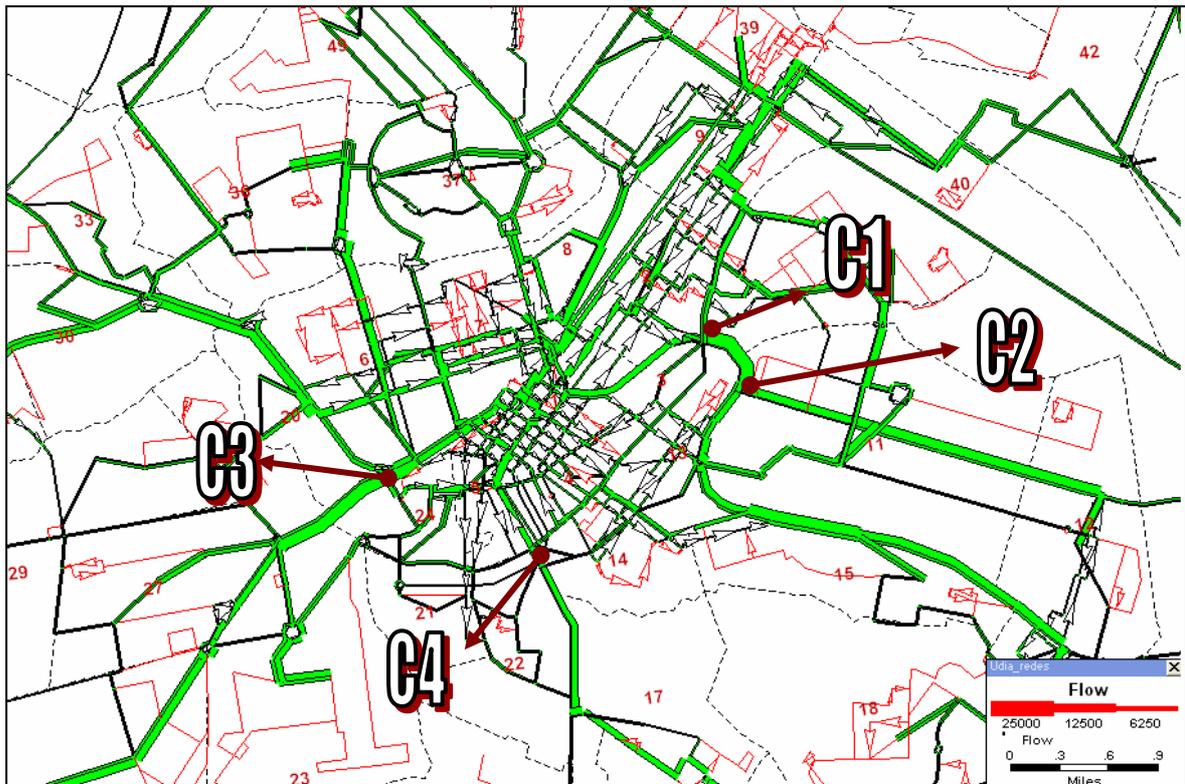


Figura 3.22 – Localização dos Cruzamentos.

Os fluxos encontrados nesta etapa de atribuição do tráfego, podem ser analisados por meio de simulações dinâmicas nos cruzamentos semaforizados ou não, utilizando-se outros programas de computador, como por exemplo, o programa *Traffic Simulator Integrated System* – TSIS.

A seguir, são apresentados os valores dos fluxos em cada um destes quatro cruzamentos tanto para o cenário atual – 2002 quanto para o cenário futuro – 2020 (Figuras 3.23 a 3.34).

Nas figuras a seguir (Figuras de 3.23 a 3.34), os valores dos fluxos estão apresentados como números reais. Isto deve-se ao fato de que todas as variáveis necessárias a este estudo, e inseridas no programa *TransCAD*, estão neste formato (número real), evitando-se a acumulação de erros devido aos arredondamentos, visto que muitas destas variáveis passaram por processos estatísticos e resultaram em números reais. Os valores mostrados acima e abaixo das linhas que representam as vias indicam os fluxos em cada uma das direções (direção AB / direção BA).

a) **Cruzamento 1:** Av. João Naves de Ávila com Av. Rondon Pacheco

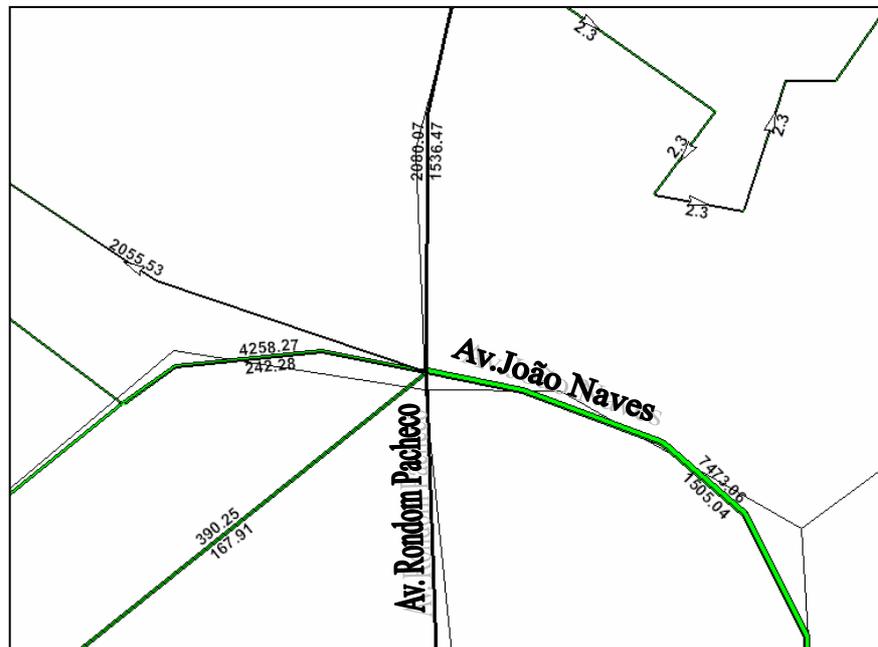


Figura 3.23 – Cruzamento 1 / Cenário Atual – 2002.



Figura 3.24 – Cruzamento 1 / Cenário Futuro – 2020.

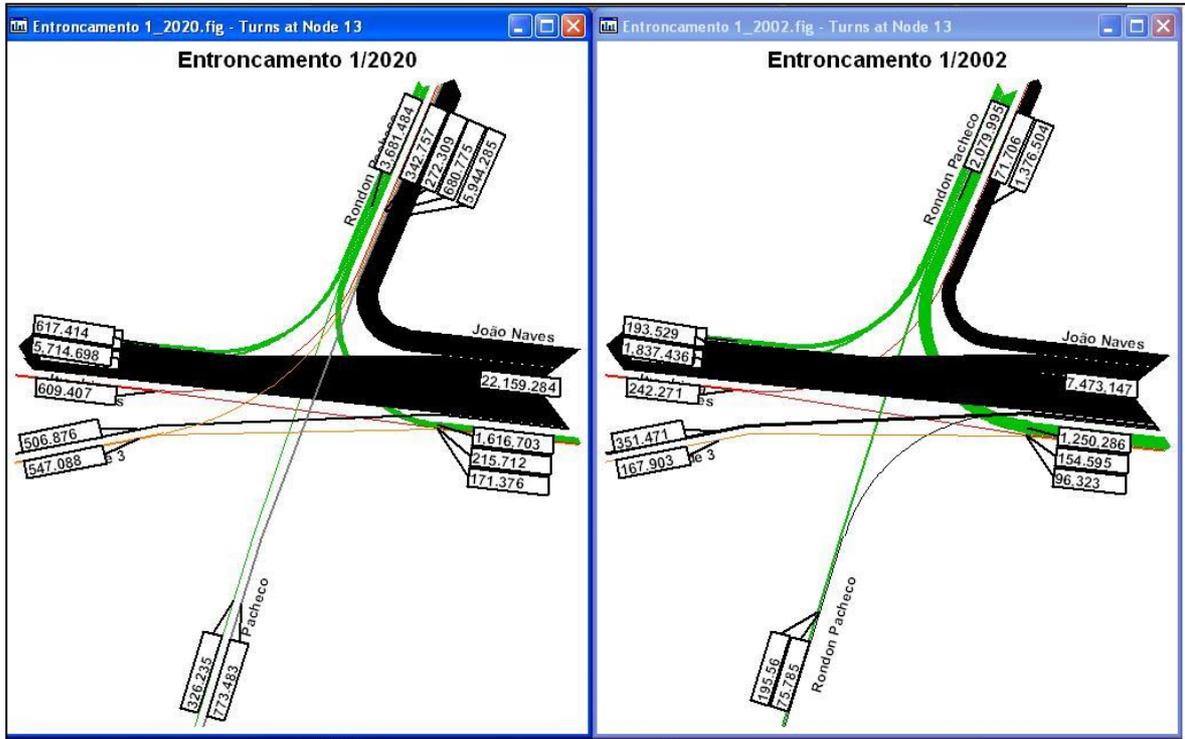


Figura 3.25 – Cruzamento 1 – Comparação dos fluxos dos Cenários.

b) Cruzamento 2: Av. João Naves de Ávila com Av. Segismundo Pereira

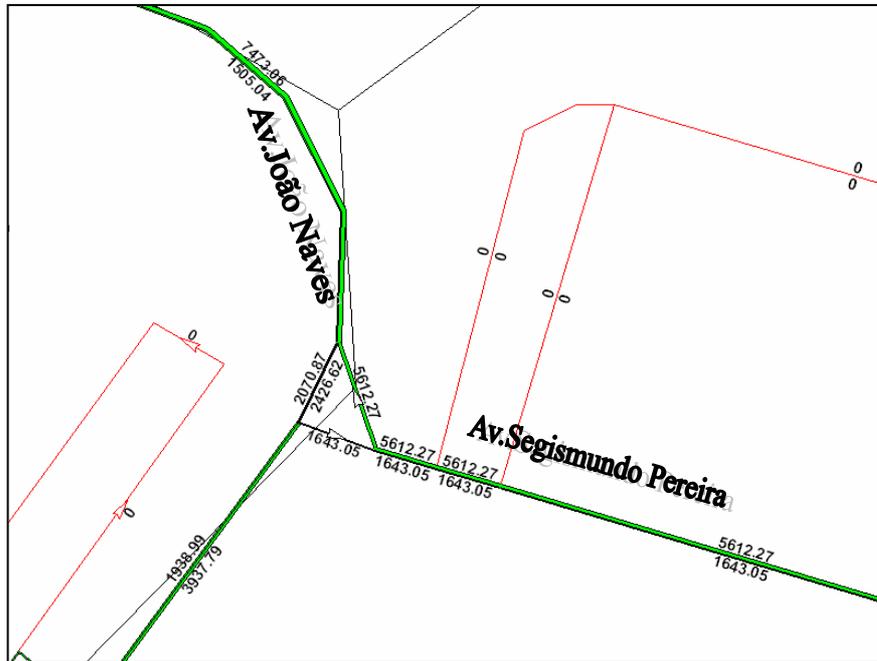


Figura 3.26 – Cruzamento 2 / Cenário Atual – 2002.



Figura 3.27 – Cruzamento 2 / Cenário Futuro – 2020.

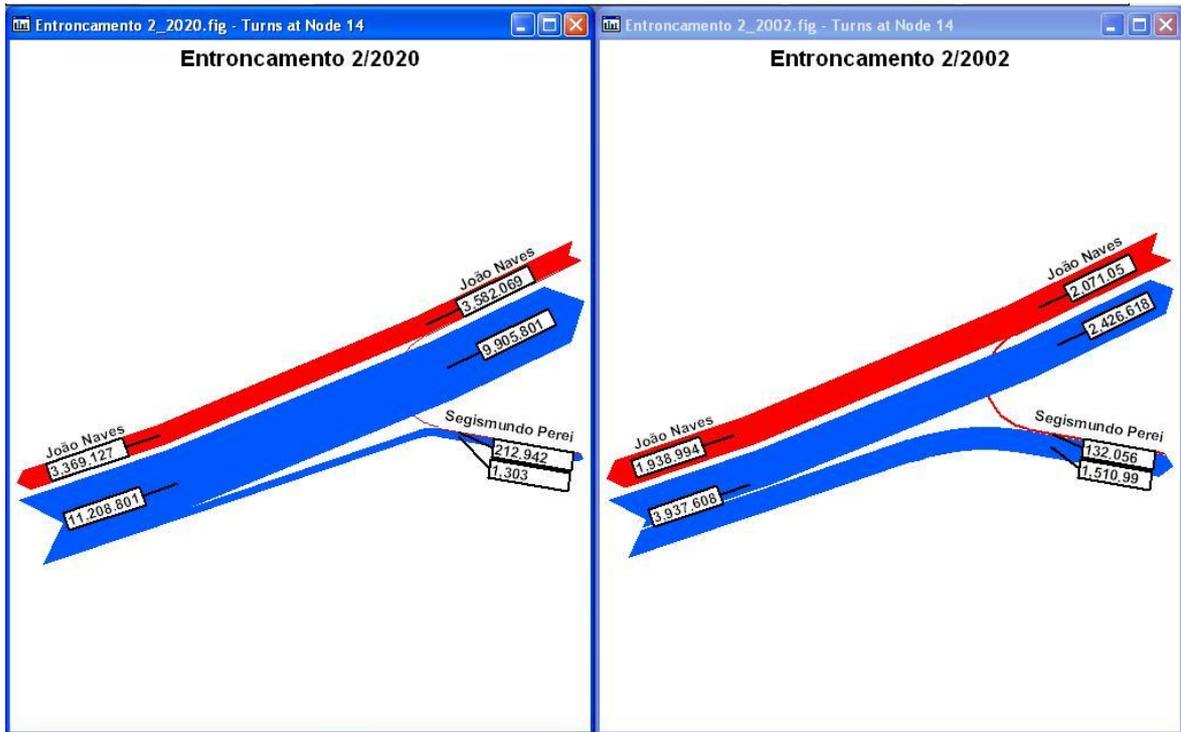


Figura 3.28 – Cruzamento 2 – Comparação dos fluxos dos Cenários .

c) **Cruzamento 3:** Av. Getúlio Vargas com Av. Marcus de Freitas Costa

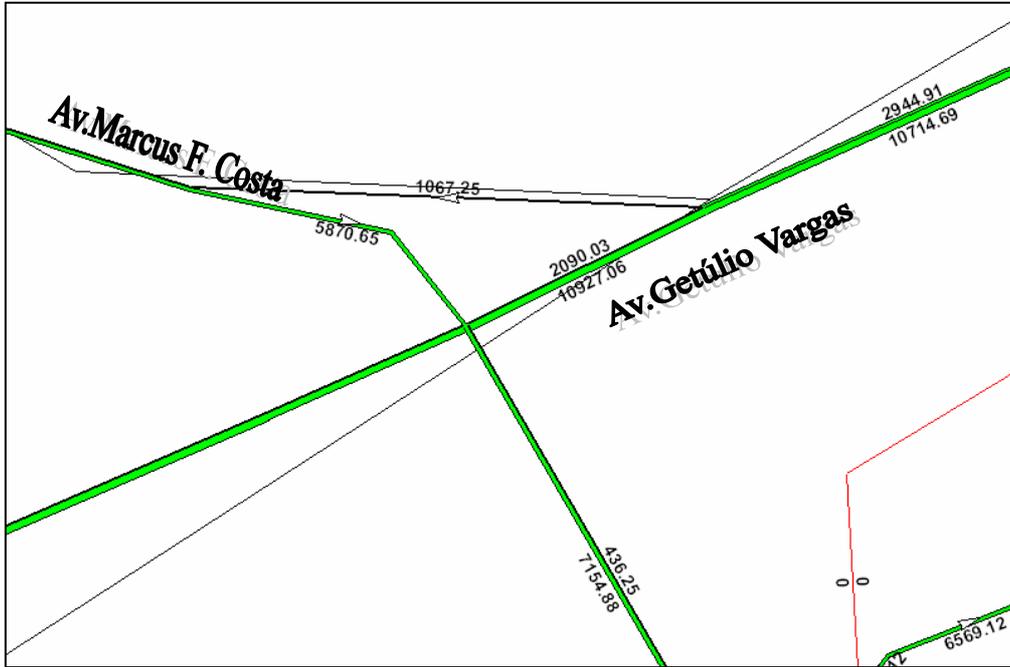


Figura 3.29 – Cruzamento 3 / Cenário Atual – 2002.

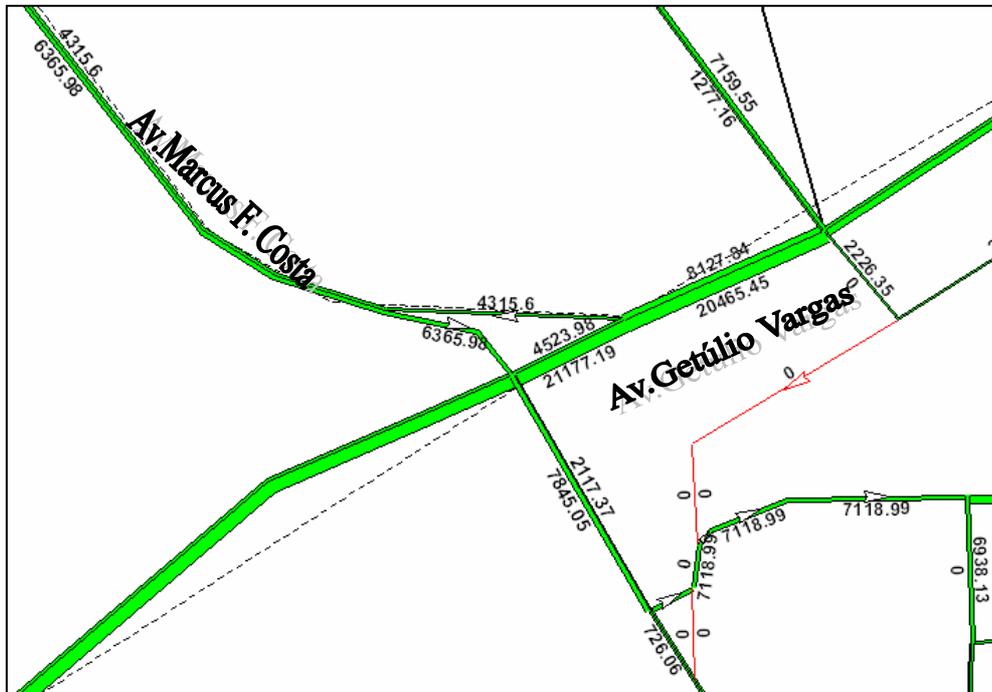


Figura 3.30 – Cruzamento 3 / Cenário Futuro – 2020.

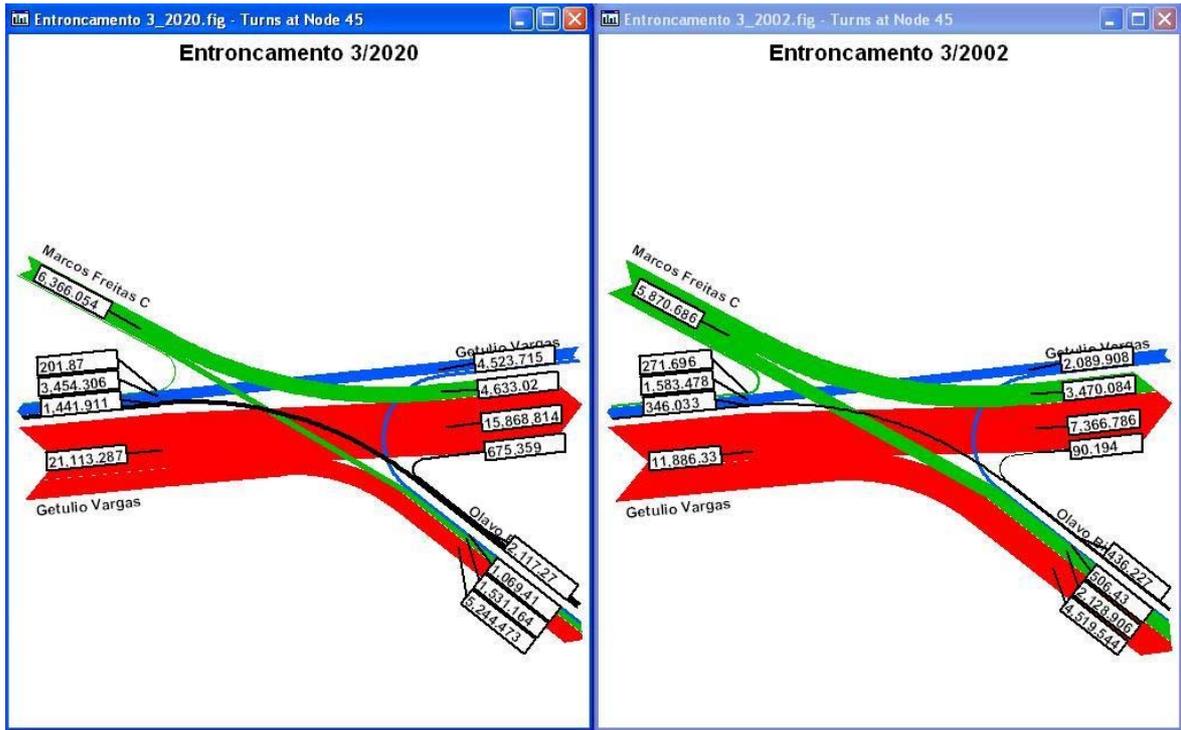


Figura 3.31 – Cruzamento 3 – Comparação dos fluxos dos Cenários.

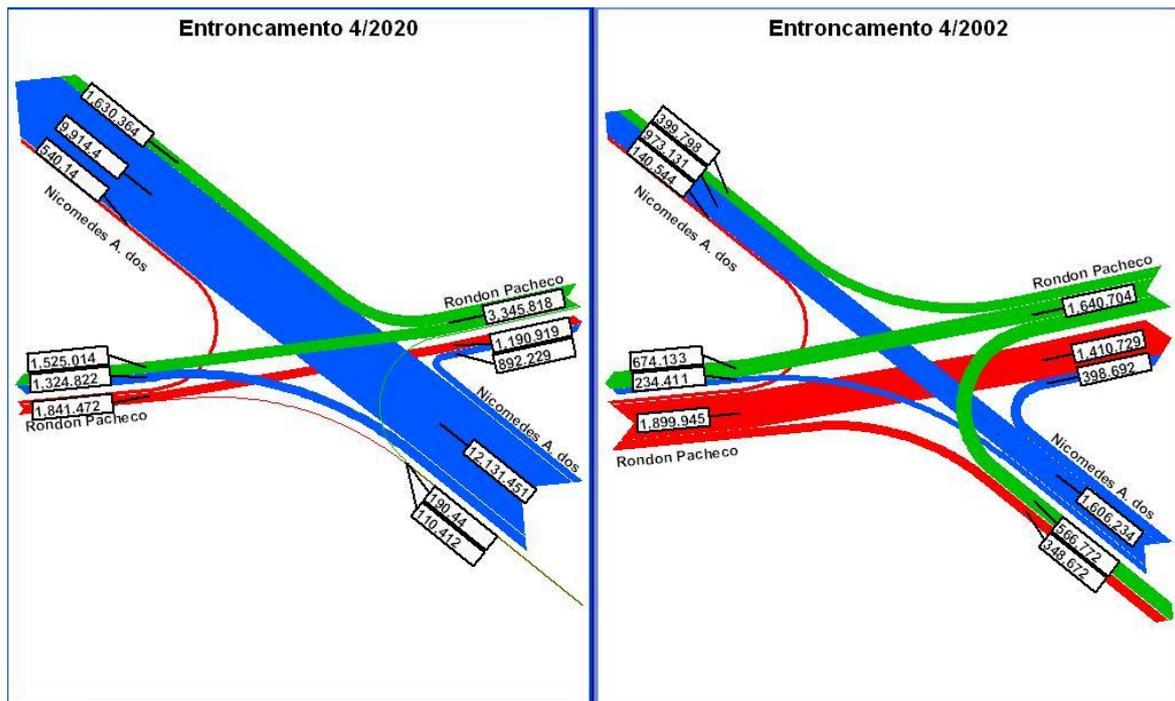


Figura 3.34 – Cruzamento 4 – Comparação dos fluxos dos Cenários .

3.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na distribuição da população do cenário futuro – 2020, procurou-se criar fatores de crescimento (FC) que atendessem as propostas do Plano Diretor da Cidade de Uberlândia e, para garantir uma melhor qualidade de vida a esta população, reduzir os vazios urbanos localizados principalmente nas áreas centrais, trabalhou-se com uma densidade populacional máxima de 10.000 hab/km².

As Figuras 3.35 e 3.36 apresentam os mapas temáticos contendo as densidades populacionais verificadas no cenário atual– 2002 e cenário futuro– 2020, respectivamente. Observa-se na Figura 3.36 (cenário futuro), uma distribuição mais homogênea das densidades populacionais, principalmente nas zonas centrais. Observa-se também, que as zonas mais centrais apresentam-se mais densas do que as periféricas. Esta situação é positiva do ponto de vista econômico, pois o custo para levar infra-estrutura e transportes para as áreas periféricas é maior, porém a mobilidade urbana nestas áreas centrais torna-se mais comprometida, com congestionamentos e atrasos de viagens.

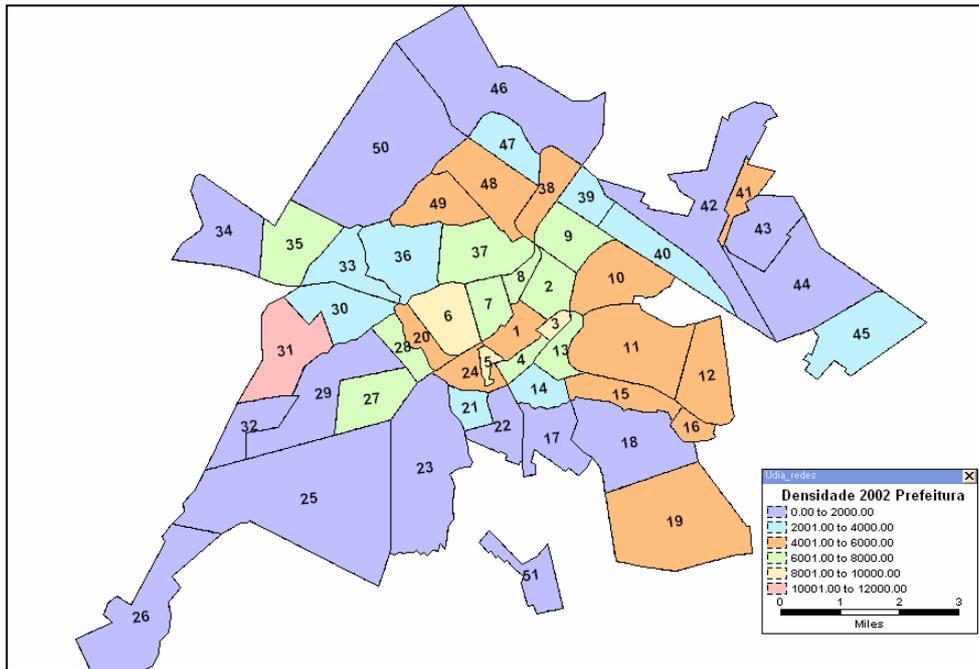


Figura 3.35 – Densidade Populacional / Cenário Atual – 2002.

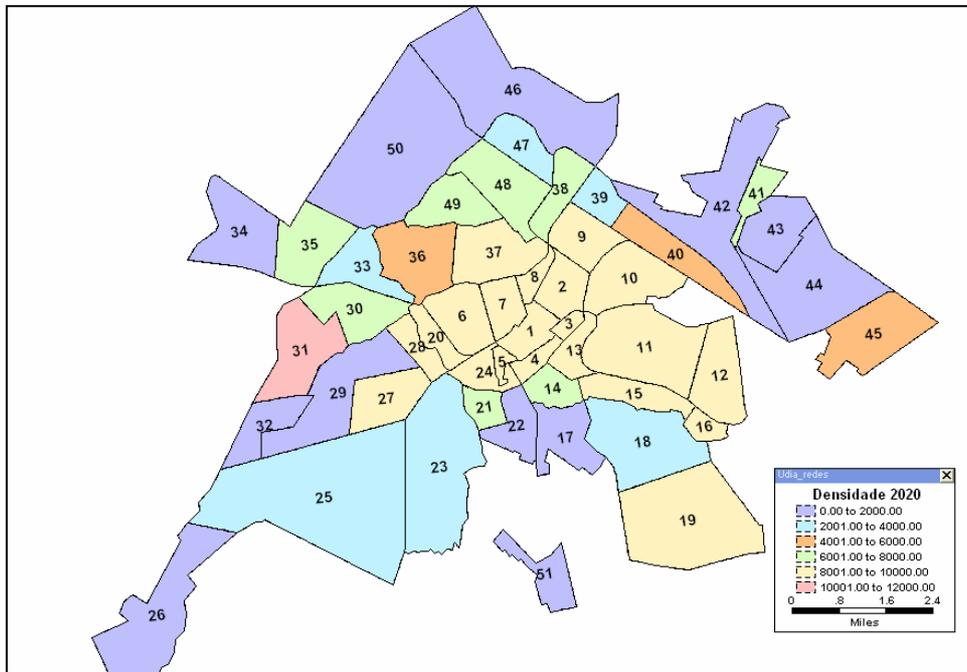


Figura 3.36 – Densidade Populacional / Cenário Futuro – 2020.

Analisando-se as viagens diárias no transporte por ônibus para cada zona, previstas para o cenário futuro, selecionou-se entre as 51 zonas que compõem a cidade de Uberlândia, aquelas que mais atraem e as que mais produzem viagens.

Os modelos de geração de viagens analisados neste capítulo, mostraram que as viagens atraídas eram melhor explicadas pelas variáveis que dizem respeito ao número de escolas estaduais e o número de empregos em cada zona. A Tabela 3.17 apresenta as 11 zonas que mais atrairão viagens no cenário futuro proposto, bem como as variáveis independentes sobre os “Empregos” e as “Escolas Estaduais”.

Tabela 3.17 – Zonas que mais atraem Viagens / Cenário Futuro – 2020.

Posição	Viagens Atraídas 2020	Empregos 2020	Escolas Estaduais 2020	Zonas	Bairros
1º	17.681,97	3998	5	6	Oswaldo Resende
2º	17.502,87	8856	3	2	Aparecida
3º	16.111,61	2527	5	9	Brasil
4º	14.737,51	11292	1	36	São José/ Jardim Brasília
5º	14.276,68	8347	2	11	Santa Mônica
6º	12.697,79	4355	3	37	Presidente Roosevelt
7º	12.017,21	11257	0	39	Umuarama
8º	11.772,71	6002	2	1	Centro
9º	11.052,74	7840	1	19	Laranjeiras/São Jorge
10º	10.952,41	5233	2	31	Luizote/ Mansur
11º	10.545,49	9878	0	50	Distrito Industrial

Observa-se que, dentre as 51 zonas nas quais a cidade de Uberlândia foi dividida, as duas zonas que têm mais escolas estaduais (5 escolas em cada zona) são as Zonas 6 e 9, respectivamente, embora apresentem número menor de empregos conforme estão apresentados na Tabela 3.17.

As 3 zonas que mais apresentam empregos para 2020 são as Zonas 36, 39 e 50 respectivamente, conforme estão apresentados na Tabela 3.17, porém não estão nas primeiras colocações das zonas que mais atrairão viagens. Isto ocorre pelo baixo ou inexistente número de escolas que elas apresentam.

A Figura 3.37 apresenta um mapa temático onde são comparados os volumes de viagens diárias no transporte por ônibus atraídas por cada uma das zonas, nos cenários atual – 2002 e futuro – 2020. Pode-se facilmente, visualizar as zonas que mais atrairão viagens no cenário futuro proposto.

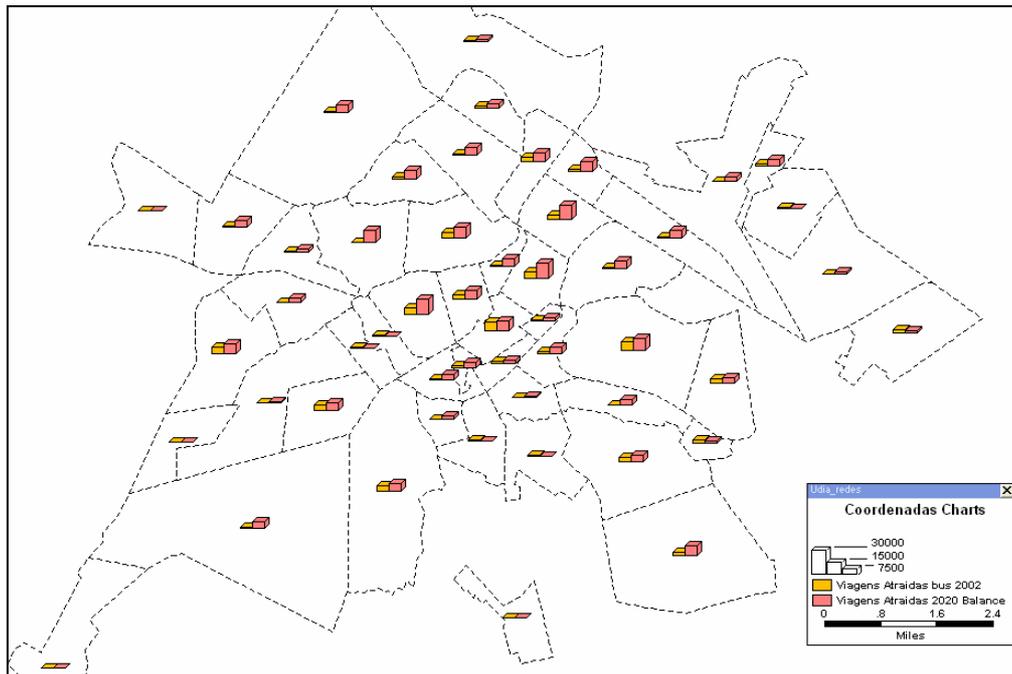


Figura 3.37 – Viagens atraídas / Cenários Atual – 2002 e Futuro – 2020.

Os modelos de geração de viagens analisados neste capítulo, mostraram que as viagens produzidas eram melhor explicadas pela variável que diz respeito ao número de habitantes em cada zona. A Tabela 3.18 apresenta as 11 zonas que mais produzirão viagens no cenário futuro proposto. Portanto, as 11 zonas mais populosas em 2020. Essas zonas podem ser facilmente identificadas na Figura 3.38 que apresenta um mapa temático, onde são comparados os números de viagens diárias no transporte por ônibus produzidas por cada zona, para os cenários atual – 2002 e futuro – 2020.

Tabela 3.18 – Zonas que mais Produzem Viagens / Cenário Futuro – 2020.

Posição	Viagens Produzidas 2020	Habitantes 2020	Zonas	Bairros
1º	34.166,67	76312	19	Laranjeiras/São Jorge
2º	25.149,56	56172	11	Santa Mônica
3º	16.221,32	36231	25	Panorama/Canaã/Palmeiras/Holanda
4º	13.763,91	30742	37	Presidente Roosevelt
5º	13.671,80	30536	12	Segismundo Pereira
6º	13.019,68	29080	23	Tubalina/Cidade Jardim
7º	12.421,21	27743	31	Luizote/ Mansur
8º	12.391,91	27678	10	Tibery
9º	11.436,46	25544	27	Planalto
10º	11.077,19	24741	35	Guarani/Tocantins
11º	10.438,24	23314	6	Oswaldo Resende

Analisando-se os fluxos de viagens diárias no transporte por ônibus dos quatro cruzamentos apresentados no item 3.4.4, (que diz respeito a etapa de alocação do tráfego), e comparando os cenários, observou-se que:

- No Cruzamento 1 (Av. Rondon Pacheco com Av. João Naves de Ávila), o fluxo de viagens diárias no transporte por ônibus no cenário futuro na Av. João Naves sentido bairro-centro, é da ordem de **3 vezes maior** do que o observado no cenário atual;
- No Cruzamento 2 (Av. João Naves de Ávila com Av. Segismundo Pereira), o fluxo de viagens que chegam na Av. João Naves pela Av. Segismundo Pereira no cenário futuro, é da ordem de **2,5 vezes maior** do que o observado no cenário atual;
- No Cruzamento 3 (Av. Getúlio Vargas com Av. Marcus de Freitas Costa), o fluxo de viagens diárias no transporte por ônibus no cenário futuro na Av. Getúlio Vargas sentido bairro-centro, é da ordem de **2 vezes maior** do que o observado no cenário atual;
- No Cruzamento 4 (Av. Rondon Pacheco com Av. Nicomedes Alves dos Santos), o fluxo de viagens diárias no transporte por ônibus no cenário futuro na Av. Nicomedes Alves dos Santos sentido bairro-centro, é da ordem de **7,5 vezes maior** do que o observado no cenário atual.

O aumento do número de viagens diárias no transporte por ônibus nos cruzamentos citados anteriormente, para o cenário futuro de 2020 proposto por este estudo, indicam uma situação crítica para o sistema de transportes públicos da cidade de Uberlândia, apontando a necessidade de se planejar ações de curto, médio e longo prazo em nível do planejamento urbano e de transportes, que otimizem a circulação da frota na rede viária existente, através de novos itinerários, de outros modais de transportes públicos, entre outras alternativas.

Este cenário futuro proposto tem por objetivo permitir avaliar o Sistema de Transportes atual e preparar a infra-estrutura necessária para absorver esta evolução futura no crescimento da cidade. Dentre as ações possíveis, mantido a mesma tecnologia do transporte público atual, os fluxos na rede principal de transportes indicam uma situação futura bastante complicada para o sistema viário existente. Por isso, é possível preparar a situação nos transportes públicos com alguma antecedência para garantir um nível de

atendimento adequado a população de forma a preservar ou melhorar o nível de qualidade de vida atual. Dentre outras alternativas, é necessário considerar outras tecnologias de transporte de massa, caso haja neste horizonte de estudo, taxas de crescimento da população maiores do que as que foram consideradas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Segundo Ortúzar e Willumsen (1994), a preparação de cenários realísticos e consistentes não é uma tarefa simples, sendo muito fácil entrar na armadilha de construir futuros que não são financeiramente viáveis, nem realísticos no contexto da evolução provável do uso do solo e do sistema de transportes. Várias mudanças podem ocorrer, interferindo na demanda, como: mudanças de locais de trabalho, de residências, locais de compras, novos pólos geradores de tráfego, entre outros. Todas essas mudanças significam risco para as previsões anteriormente propostas. Prever cenários é ainda mais uma arte que uma técnica, requerendo técnicas de engenharia competente combinadas com o correto julgamento político.

Neste trabalho, efetuou-se um diagnóstico do cenários atual (ano de 2002) e uma previsão de cenário futuro (ano de 2020) de uso e ocupação do solo urbano e do sistema de transportes públicos da cidade de Uberlândia, baseando-se em variáveis sócio-econômicas e do Sistema de Transportes, e em estudos de uso e ocupação do solo (Plano Diretor de Uberlândia 1991-2006) fornecidos por órgãos e instituições idôneas (IBGE, UFU/ FECIV/ IE/ FAURB, PMU/SETTRAN).

Os modelos de regressão utilizados ao longo deste estudo foram simples, porém com boa confiabilidade estatística, servindo ao objetivo proposto inicialmente de se construir um cenário futuro onde todas as etapas de previsão de demanda estivessem consideradas. Outros modelos poderão ser analisados utilizando-se informações como renda, vagas no ensino nas redes pública e privada, universidades, pólos geradores de tráfego (PGTs) como shoppings centers, entre outras.

O cenário previsto para o ano-horizonte de 2020 apresenta um aumento significativo do número de viagens diárias no transporte por ônibus, em relação ao cenário atual. Observou-se que este aumento da demanda provoca, em alguns pontos da rede viária existente, um fluxo intenso, muitas vezes superior a capacidade de absorção do tráfego em cada uma destas vias. Faz-se necessário, um planejamento com metas intermediárias, a cada cinco anos, e dentre as propostas de melhoria dos serviços oferecidos pelo Sistema de Transportes Públicos para a cidade de Uberlândia têm-se:

- **Modificações Físicas na Malha Viária** (criação de ruas, viadutos, terminais, novos bairros). São mais dispendiosas e de implementação em longo prazo e resultados nem sempre imediatos.
- **Modificações nas Rotas dos Transportes de ônibus** (análises de rotas alternativas que minimizem custo, tempo, ruídos em áreas escolares e com atendimento de saúde; rotas que atendam os maiores pontos de demanda; etc.). São mudanças menos dispendiosas que as anteriores e de rápida implementação.

Durante a realização desta pesquisa, nenhum órgão público ou instituição detinham informações sobre o número de empregos por bairros na cidade de Uberlândia. Como foi apresentado no capítulo 3, item 3.3.1.2, realizou-se uma pesquisa de campo e procedimentos estatísticos para a distribuição dos empregos de 2002 em cada uma das zonas. Para futuros trabalhos, conhecer o número de empregos nas zonas promoveria melhores resultados e as considerações ficariam mais reais.

A Alocação do Tráfego realizada neste trabalho (item 3.4.4) não desabilitou nenhum arco da rede viária criada utilizando-se o programa *TransCAD*. Porém, o Plano Diretor prevê um Centro de Negócios entre as praças Clarimundo Carneiro e Sérgio Pacheco e também um Eixo de Pedestres (item 3.2). Acredita-se que estas propostas contidas no Plano Diretor tenham grande resistência para implementação, no entanto, estas situações podem ser consideradas bem como, o Tráfego de ônibus ser transferido para a Avenida Cesário Alvim. Para futuros trabalhos, é interessante realizar a alocação dos fluxos desativando ruas e avenidas (como por exemplo a Avenida Afonso Penna) do centro da cidade e analisar o comportamento do tráfego para estas situações.

O programa *TransCAD* possibilita a atribuição de penalidades em cada nó da rede viária, como por exemplo, pode-se atribuir a determinados nós, o tempo de espera devido aos semáforos, entre outras. Neste trabalho não se considerou nenhum tipo de penalidades nos nós da rede viária.

Dentre as ferramentas de análise do tráfego previsto para cenários futuros, tem-se a simulação dinâmica utilizando-se programas como o TSIS, que apresentam resultados bastante satisfatórios aos planejadores.

Este trabalho deteve-se ao estudo do transporte coletivo operado por ônibus, porém se faz necessário conhecer o comportamento futuro dos demais modais envolvidos no Sistema de Transportes, realizando as previsões nos cenários futuros. Também trabalhou-se apenas com os valores diários de viagens no transporte por ônibus. Para um planejamento mais completo, é preciso gerar cenários para os horários de pico e horários intermediários ao longo do dia.

O programa *TransCAD* apresentou-se bastante eficiente na composição e análise dos cenários deste estudo, possibilitando, através de suas ferramentas específicas, a previsão da demanda futura utilizando-se de modelos de geração e distribuição de viagens e de alocação do tráfego, promovendo também, a elaboração de mapas que auxiliaram na compreensão destes cenários.

ANEXOS

ANEXO 1 : Matriz O/D 2002 original (65 zonas) – Viagens Diárias de Passageiros de Ônibus

ANEXO 2 : Matriz O/D 2002 (51 zonas – baseada na matriz original)

ANEXO 3 : Matriz O/D 2002 (51 zonas – recalculada para total de 163.357 viagens)

ANEXO 4 : População por zona em 2000 : IBGE, PMU, O/D

ANEXO 5 : População por zona / Cenário Atual – 2002

ANEXO 6 : Memória de Cálculo dos FC – Distribuição dos Empregos / Cenário Atual – 2002

ANEXO 7 : Dados coletados sobre a Cidade de Uberlândia entre 1980 e 2002

ANEXO 8 : Variáveis para a Análise dos Modelos de geração de Viagens / Cenário Futuro – 2020

ANEXO 9: Método de Fratar – Primeiros Fatores Locacionais e Fatores de Crescimento

ANEXO 10: Método de Fratar – Sexta Interação - Matriz O/D 2020 – Viagens 2020 e fatores

ANEXO 1 : Matriz O/D 2002 original (65 zonas) – Viagens Diárias de Passageiros de Ônibus

ANEXO 2 : Matriz O/D 2002 (51 zonas – baseada na matriz original)

ANEXO 3 : Matriz O/D 2002 (51 zonas – recalculada para total de 163.357 viagens)

ANEXO 4 : População por zona em 2000 : IBGE, PMU, O/D

Zonas	Bairros	População IBGE/2000	População PMU/2000	População O/D /2000
1	Centro	7.042	7.042	3719
2	Aparecida	12.289	12.289	14244
3	Cazeca	2.987	2.987	2991
4	Lídice	4.625	4.625	6302
5	Fundinho	3.070	2.746	3103
6	Oswaldo Rezende	19.947	19.947	19940
7	Martins	9.264	9.264	9250
8	Bom Jesus	4.849	4.849	4855
9	Brasil	12.608	12.608	12603
10	Tibery	18.606	18.606	18603
11	Santa Mônica	27.824	27.824	25521
12	Segismundo Pereira	15.966	15.966	18205
13	Saraiva	8.308	8.308	5885
14	Vigilato Pereira	4.374	4.374	4056
15	Lagoinha/ Carajás/ Pampulha/ Jardim Ozanan/ Leão XIII/ Jardim Xangrilá	8.490	9.896	8490
16	Santa Luzia	3.856	3.856	9656
17	J. Karafba	1.823	1.823	1524
18	Granada	13.925	7.461	8734
19	Laranjeiras/ São Jorge	35.910	35.910	35869
20	Daniel Fonseca	4.704	4.704	4696
21	Patrimônio	3.259	3.259	2257
22	Morada da Colina	1.676	1.676	2676
23	Tubalina/ Cidade Jardim	13.684	13.684	14816
24	Tabajaras	6.295	6.295	5585
25	Panorama/ Canaã/ Palmeiras/ Holanda	22.732	22.732	22581
26	Morada Nova/ Chácaras Uirapuru			
27	Planalto	15.025	15.025	18782
28	Jaraguá	8.275	8.275	5303
29	Chácaras Tubalina/ Quartel	2.078	4.064	3274
30	Dona Zulmira/ Jardim Patrícia	8.550	8.550	12372
31	Luizote de Freitas/ Mansur	26.110	26.110	22497
32	Jardim Europa/ Parque Santo Antônio			
33	Taiamam	7.191	7.191	7189
34	Morada do Sol	396	396	5000
35	Guarani/ Tocantins	21.168	21.168	16558
36	São José/ Jardim Brasília	13.146	13.146	14147
37	Presidente Roosevelt	20.666	20.666	19635
38	Marta Helena	9.603	9.606	9594
39	Umuarama	3.001	3.001	2988
40	Custódio Pereira	9.133	9.133	10248
41	Ipanema	5.622	6.158	5622
42	Aclimação		7.972	6464
43	Mansões Aeroporto		1.210	1605
44	Dom Almir/ Alvorada	2.103	7.477	2103
45	Morumbi	13.839	13.839	14877
46	Minas Gerais	5.390	5.390	5767
47	Cruzeiro do Sul/ Nossa Senhora das Graças	8.328	5.773	8328
48	J. América I e II/ Esperança/ Santa Rosa/ Resid. Liberdade/ Res. Gramado	16.464	18.877	9285
49	Maravilha/ Pacaembu	13.227	13.227	13208
50	Distrito Industrial			1915
51	Shopping Park/ Nova Uberlândia	825		825
	Total da População Urbana/ 2000	478.253	488.985	483.747

ANEXO 5 : População por zona / CENÁRIO ATUAL – 2002

Zonas	População PMU/2000	Porcentagem	População PMU/2002
1	7.042	0,014049887	7.482
2	12.289	0,024518469	13.058
3	2.987	0,00595953	3.174
4	4.625	0,009227595	4.914
5	2.746	0,005478698	2.918
6	19.947	0,039797372	21.195
7	9.264	0,018483123	9.843
8	4.849	0,00967451	5.152
9	12.608	0,025154924	13.397
10	18.606	0,037121868	19.770
11	27.824	0,055513214	29.564
12	15.966	0,031854657	16.965
13	8.308	0,016575754	8.828
14	4.374	0,008726811	4.648
15	9.896	0,019744061	10.515
16	3.856	0,007693321	4.097
17	1.823	0,003637169	1.937
18	7.461	0,014885857	7.928
19	35.910	0,071646043	38.156
20	4.704	0,009385213	4.998
21	3.259	0,006502213	3.463
22	1.676	0,003343881	1.781
23	13.684	0,027301711	14.540
24	6.295	0,012559506	6.689
25	22.732	0,045353881	24.154
26	825	0,001646004	877
27	15.025	0,029977215	15.965
28	8.275	0,016509914	8.793
29	4.064	0,008108313	4.318
30	8.550	0,017058582	9.085
31	26.110	0,052093517	27.743
32	825	0,001646004	877
33	7.191	0,014347165	7.641
34	396	0,000790082	421
35	21.168	0,042233457	22.492
36	13.146	0,026228318	13.968
37	20.666	0,041231889	21.958
38	9.606	0,019165466	10.207
39	3.001	0,005987462	3.189
40	9.133	0,018221758	9.704
41	6.158	0,012286169	6.543
42	7.972	0,015905382	8.471
43	1.210	0,002414138	1.286
44	7.477	0,01491778	7.945
45	13.839	0,027610961	14.705
46	5.390	0,01075389	5.727
47	5.773	0,011518034	6.134
48	18.877	0,037662555	20.058
49	13.227	0,026389925	14.054
50	1.915	0,003820723	2.035
51	825	0,001646004	877
Urbana	493.375		524.232
Total	501214		532.561
Rural	7.839		8.329

ANEXO 6 : Memória de Cálculo dos FC – Distribuição dos Empregos – Cenário Atual/2002

1) Dividir os **6.922** empregos do setor Industrial da seguinte maneira:

- Considerou-se que existem empregos na indústria somente nas zonas tipo I;
- $\frac{\text{Número de empregos}}{\text{Número de habitantes total (zonas I)}} = \frac{6.922}{94.639} = 0,073141$ empregos/habitantes
- Multiplicando-se o número de habitantes em cada zona tipo I por **0,073141**, encontra-se o número de empregos.

2) Dividir os **5937** empregos do setor da Construção Civil da seguinte maneira:

- Considerou-se que existem empregos na construção civil em todas as 51 zonas;
- $\frac{\text{Número de empregos}}{\text{Número de habitantes total}} = \frac{5937}{524.232} = 0,011325$ empregos/habitantes
- Multiplicando-se o número de habitantes em cada uma das 51 zonas por **0,011325**, encontra-se o número de empregos.

3) Dividiu-se os **7225** empregos do setor de Agropecuária da seguinte maneira:

- Considerou-se que existem empregos na Agropecuária em todas as 51 zonas;
- $\frac{\text{Número de empregos}}{\text{Número de habitantes total}} = \frac{7225}{524.232} = 0,013782$ empregos/habitantes
- Multiplicando-se o número de habitantes em cada uma das 51 zonas por **0,013782**, encontra-se o número de empregos.

4) Dividiu-se os **18.222** empregos do setor do Comércio e os **44.509** empregos do setor de Serviço da seguinte maneira:

- Considerou-se que existem empregos no comércio e serviços em todas as 51 zonas, porém as zonas classificadas como zonas C/S têm maior quantidade de empregos nestes ramos de atividades. Portanto, os empregos em comércio e serviços foram divididos segundo a percentagem representativa de habitantes em cada tipo de zona (ver item2);

- As zonas C/S possuem 51,5% dos empregos em comércio e serviços, o que equivale a **32.307** empregos;

Nas zonas classificadas como C/S, uma apresenta especial atenção, a **zona 1** (Centro da cidade de Uberlândia). Os empregos desta zona não serão divididos somente de acordo com o número de habitantes, por se tratar de uma área com uma alta concentração de comércios. Dos 32.307 empregos em comércio e serviços, 10% serão alocados na zona 1, portanto, **3231** empregos.

O restante dos empregos, **29.076**, serão divididos nas zonas C/S (inclusive na zona 1 – Centro) baseado no número de habitantes:

Tem-se, portanto:

$$\begin{array}{l} \text{Número de empregos} \quad = \underline{29.076} \quad = \mathbf{0,10767} \text{ empregos/habitantes} \\ \text{Número de habitantes total} \quad 270.047 \end{array}$$

- As zonas I possuem 18,1 % dos empregos em comércio e serviços, o que equivale a **11.354** empregos. Estes empregos serão divididos nas zonas I baseado no número de habitantes:

Tem-se, portanto:

$$\begin{array}{l} \text{Número de empregos} \quad = \underline{11.354} \quad = \mathbf{0,119972} \text{ empregos/habitantes} \\ \text{Número de habitantes total} \quad 94.639 \end{array}$$

- As zonas R possuem 30,4 % dos empregos em comércio e serviços, o que equivale a **19.070** empregos. Estes empregos serão divididos nas zonas R baseado no número de habitantes:

Tem-se, portanto:

$$\begin{array}{l} \text{Número de empregos} \quad = \underline{19.070} \quad = \mathbf{0,11952665} \text{ empregos/habitantes} \\ \text{Número de habitantes total} \quad 159.546 \end{array}$$

ANEXO 7 : Dados coletados sobre a Cidade de Uberlândia entre 1980 e 2002

DADOS - CIDADE DE UBERLÂNDIA/ MG															
Ano	Empregos	População	Alunos	Escolas	Rede estadual		Rede municipal		Remuneração Média	VAF	CUB/Udia	Consumo Energia	Domicílios	Ônibus	
					Escolas	Alunos	Escolas	Alunos						Frota	Viagens
1980		240.961													
1986	58.221	309.568													
1987	61.451	321.003													
1988	66.228	332.437												172	124.624
1989	70.641	343.872			67	74.314	47	5.670						195	146.698
1990	68.107	366.741			67	73.742	31	6.879	4,57	1,648E+09		444.788.606		231	161.301
1991	69.821	367.062			67	77.611	28	8.297	4,85	1,67E+09		474.550.219		242	167.820
1992	68.245	382.516			67	79.307	34	14.307	5,89	1,773E+09		493.298.123		248	167.314
1993	77.167	400.000			67	78.846	39	23.171	4,63	1,74E+09		524.100.310		266	181.262
1994	82.820	411.585	131.113	196	67	75.601	48	28.373	5,78	1,458E+09		567.491.564		275	188.610
1995	89.346	427.596	139.122	199	67	74.890	49	30.595	5,91	2,481E+09		656.393.610		285	205.305
1996	83.921	438.986	156.186	199	67	80.243	49	33.653	4,87	2,903E+09	328,39	698.793.429	120.674	302	199.428
1997	88.444	456.920	157.249	200	67	83.218	48	37.270	4,64	3,253E+09	345,52	859.765.870		326	172.727
1998	88.055	472.083	161.076	203	67	72.457	57	46.029	4,31	2,376E+09	347,83	928.340.243		331	159.378
1999	93.072	490.068	161.369	204	67	77.161	59	46.387	4,18	2,657E+09	368,14	951.220.718		340	152.635
2000	101.374	501.214	162.611	218	67	73.942	62	46.729	4,08	2,97E+09	398,54	1.029.802.319	144.884	351	150.302
2001	107.758	517.275	163.723	212	66	71.421	60	48.394	4,00	3,4E+09	454,01	978.942.849	151.660	351	156.151
2002	112.284	532.561									517,78			351	163.357

FONTES DE PESQUISAS / OBSERVAÇÕES

01)	Empregos formais (Total) em 31/12 - Fonte: RAIS/TEM/FAT Disponível em : http://www.ie.ufu.br/cepes/tabelas/mercado/numeroempregados.PDF
	População Total : urbana+rural - Fonte: IBGE Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/tabelas/outros/populacao.PDF
	Fonte: http://www.profelipe.locaweb.com.br/dadospmu.htm
	Fonte: dado faltoso, previsão realizada pela aluna usando ferramentas matemáticas.
02)	Fonte: Estimativas da Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano - Udia/MG
	Alunos - total de alunos (pré ao ensino superior) matriculados nas várias redes de ensino da cidade - Fonte: CEPES (Painel de informações municipais / 2003)
03)	Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/figuras/Painel%20Uberlândia%202003.PDF
04)	Escolas - total de escolas (pré ao ensino superior) da cidade de Uberlândia - Fonte:CEPES (Painel de informações municipais / 2003)
05)	Rede estadual: nro de escolas / nro de alunos (pré ao ensino médio) Fonte: "CDEs - 1" - 40º SER/SEDINE-98 Em azul :Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/figuras/Painel%20Uberlândia%202003.PDF
06)	Rede municipal: nro de escolas / nro de alunos (pré ao ensino médio) Fonte: "CDEs - 1" - 40º SER/SEDINE-98 Em azul :Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/figuras/Painel%20Uberlândia%202003.PDF
07)	Remuneração Média em salários mínimos dos trabalhadores formais em 31/12 - Fonte: CEPES (Painel de informações municipais / 2003)
08)	VAF - Valor Adicionado Fiscal Disponível em: http://www.sef.mg.gov.br/assmunicipais/vaf/valorvaf9501_u.htm
	CUB/UDia - Custo Unitário Básico para a Construção Civil - Uberlândia/MG (em R\$, reais, em dez.) Fonte: CEPES (Painel de informações municipais / 2003)
09)	Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/figuras/Painel%20Uberlândia%202003.PDF
10)	Consumo de Energia Elétrica em Udia (KWh) - Fonte: CEMIG Disponível em: http://www.ie.ufu.br/cepes/figuras/Painel%20Uberlândia%202003.PDF
11)	Domicílios ocupados:permanentes+ coletivos+ improvisados (urbano e rural) - Fonte:UFU/ nov 2001- Disponível em http://www.uberlandia.mg.gov.br/ecompany/SilverStream/Pages/fsHome2_intra.html
12)	Frota de Ônibus na cidade de Uberlândia - Fonte: UFU / PMU (Departamento de Transportes)
13)	Demanda de Viagens de Ônibus diárias - Fonte: UFU/ PMU/ SETTRAN (Departamento de Transportes)

ANEXO 8 : Variáveis para a Análise dos Modelos de geração de Viagens / Cenário Futuro – 2020

Zonas	Empregos 2002	Habitantes 2002 (PMU)	Densidade 2002	Escolas Estaduais	Viagens Atraídas 2002	Viagens Produzidas 2002
1	4 224	7 482	5 490	2	11 447	1 352
2	6 234	13 058	7 585	3	8 512	2 040
3	421	3 174	8 068	1	1 964	508
4	653	4 914	7 196	1	2 571	804
5	387	2 918	8 877	2	3 370	202
6	2 814	21 195	8 539	5	8 152	4 336
7	1 307	9 843	6 778	3	5 492	2 309
8	684	5 152	7 936	3	2 232	1 310
9	1 779	13 397	6 142	5	5 478	2 438
10	2 625	19 770	5 910	2	1 459	3 420
11	5 875	29 564	5 223	2	11 124	9 965
12	2 253	16 965	5 317	1	5 401	5 786
13	1 172	8 828	7 777	2	3 399	684
14	767	4 648	3 532	0	732	1 422
15	1 396	10 515	5 403	2	1 213	2 338
16	544	4 097	5 761	1	3 973	6 216
17	280	1 937	765	0	1 749	548
18	1 147	7 928	1 110	2	4 925	5 712
19	5 519	38 156	4 730	1	4 417	5 327
20	664	4 998	4 714	0	1 862	1 380
21	501	3 463	3 451	1	656	584
22	258	1 781	984	0	678	481
23	2 103	14 540	1 917	2	6 364	6 421
24	888	6 689	5 327	2	2 134	725
25	3 493	24 154	1 639	1	2 425	7 964
26	127	877	137	0	24	0
27	2 120	15 965	6 063	2	6 672	11 892
28	1 167	8 793	7 821	0	1 859	1 474
29	573	4 318	858	0	318	1 288
30	1 314	9 085	3 210	1	707	3 161
31	3 684	27 743	11 171	2	7 663	7 452
32	116	877	281	0	430	2 282
33	1 105	7 641	3 385	1	1 521	5 932
34	61	421	109	0	0	0
35	3 253	22 492	7 049	1	2 137	6 219
36	7 948	13 968	3 899	1	912	4 753
37	3 066	21 958	6 760	3	6 509	7 049
38	1 476	10 207	5 776	3	5 881	4 949
39	7 923	3 189	2 473	0	3 653	718
40	2 328	9 704	3 492	2	1 694	4 016
41	1 428	6 543	5 590	2	2 619	3 833
42	1 848	8 471	1 143	1	1 238	2 443
43	186	1 286	467	0	988	623
44	1 734	7 945	1 235	0	986	1 090
45	2 127	14 705	3 651	0	3 955	6 696
46	1 650	5 727	598	0	2 374	3 315
47	1 339	6 134	3 244	1	2 801	2 394
48	4 377	20 058	5 873	1	2 029	3 494
49	3 067	14 054	5 739	2	2 508	3 084
50	6 953	2 035	174	0	2 082	665
51	127	877	480	0	69	262
Total	109 084	524 232	220 849	67	163 357	163 357

ANEXO 9: Método de Fratar – Primeiros Fatores Locacionais e Fatores de Crescimento

Cenário Atual/2002		Cenário Futuro/2020		Fatores de Crescimento		Fatores Locacionais		Zonas
Viagens Produzidas	Viagens Atraídas	Viagens Produzidas	Viagens Atraídas	fi	fj	li	lj	
1.352	11.447	6.030	11.773	4,461141	1,0284637	0,516658	0,5094	1
2.040	8.512	7.600	17.503	3,725156	2,0562711	0,460461	0,422287	2
508	1.964	1.705	3.322	3,354529	1,6918062	0,497195	0,378512	3
804	2.571	2.860	3.672	3,559776	1,428528	0,603005	0,459278	4
202	3.370	1.306	5.953	6,453936	1,7666748	0,519253	0,451741	5
4.336	8.152	10.438	17.682	2,407078	2,1691421	0,458095	0,437234	6
2.309	5.492	6.170	10.031	2,67267	1,8264262	0,499985	0,426051	7
1.310	2.232	2.768	9.086	2,11262	4,0709492	0,374875	0,429576	8
2.438	5.478	8.397	16.112	3,444107	2,9410949	0,422861	0,475649	9
3.420	1.459	12.392	9.347	3,623084	6,4060998	0,518723	0,443566	10
9.965	11.124	25.150	14.277	2,523827	1,2834001	0,560145	0,419767	11
5.786	5.401	13.672	6.099	2,362782	1,1291605	0,530755	0,408905	12
684	3.399	4.743	7.143	6,934933	2,1016928	0,494278	0,481243	13
1.422	732	4.162	1.163	2,926132	1,5889463	0,610744	0,546833	14
2.338	1.213	8.474	7.483	3,623781	6,1693975	0,41172	0,43968	15
6.216	3.973	3.118	3.508	0,501651	0,882909	0,574761	0,585329	16
548	1.749	1.735	425	3,16403	0,2429652	0,516227	0,446197	17
5.712	4.925	7.099	7.105	1,242798	1,4426832	0,594183	0,503163	18
5.327	4.417	34.167	11.053	6,413796	2,502329	0,459522	0,263843	19
1.380	1.862	4.476	1.007	3,243053	0,5404753	0,476719	0,456305	20
584	656	3.101	3.442	5,307479	5,2512781	0,468135	0,369971	21
481	678	1.595	391	3,317147	0,5763787	0,598563	0,436868	22
6.421	6.364	13.020	8.555	2,027626	1,3441971	0,531454	0,490949	23
725	2.134	5.390	6.713	7,439887	3,1458892	0,484817	0,406849	24
7.964	2.425	16.221	7.981	2,036894	3,2910937	0,41498	0,579218	25
0	24	589	192	0	8,0903504	0	0,599909	26
11.892	6.672	11.436	8.581	0,961728	1,2860737	0,561074	0,675234	27
1.474	1.859	4.724	1.771	3,205717	0,9523374	0,556207	0,475673	28
1.288	318	3.867	870	3,00195	2,7329946	0,461949	0,48814	29
3.161	707	8.135	4.676	2,57343	6,614236	0,543697	0,497288	30
7.452	7.663	12.421	10.952	1,66692	1,4292204	0,481401	0,546955	31
2.282	430	785	177	0,344018	0,4104195	0,573906	0,451827	32
5.932	1.521	3.763	4.359	0,634364	2,8655209	0,427857	0,605439	33
0	0	207	92	0	0	0	0	34
6.219	2.137	11.077	7.617	1,781261	3,5645014	0,374097	0,520281	35
4.753	912	6.879	14.738	1,447419	16,152862	0,495858	0,502596	36
7.049	6.509	13.764	12.698	1,952584	1,9509401	0,391834	0,48351	37
4.949	5.881	5.027	10.287	1,015707	1,7491235	0,461293	0,605158	38
718	3.653	1.999	12.017	2,785149	3,2893726	0,467309	0,517172	39
4.016	1.694	6.083	8.896	1,514626	5,2524522	0,405128	0,549462	40
3.833	2.619	4.101	7.531	1,070074	2,8754967	0,383557	0,69333	41
2.443	1.238	5.309	5.486	2,172917	4,4307392	0,352691	0,466643	42
623	988	806	282	1,292862	0,2855958	0,375973	0,565963	43
1.090	986	4.980	2.629	4,567573	2,6668155	0,424973	0,263544	44
6.696	3.955	9.217	3.226	1,376572	0,8154926	0,559971	0,60294	45
3.315	2.374	2.821	2.502	0,850795	1,0541113	0,517127	0,533256	46
2.394	2.801	3.021	4.713	1,26169	1,6827305	0,451859	0,556664	47
3.494	2.029	9.878	9.321	2,827329	4,592939	0,365812	0,483242	48
3.084	2.508	6.922	10.017	2,244615	3,9942127	0,378622	0,494917	49
665	2.082	1.002	10.545	1,505817	5,0641822	0,484909	0,518757	50
262	69	589	192	2,245162	2,7866763	0,561148	0,323036	51
163.357	163.357	345.190	345.190	Totais				

ANEXO 10: Método de Fratar – Sexta Interação – Matriz O/D 2020 – Viagens 2020 e Fatores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, Edson Martins. *Logística e Transportes na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos*. Texto Sistematizado/Livre-docência. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2003. 183p.
2. ARY, Miguel Barbosa. *Análise da Demanda de Viagens Atraídas por Shopping Centers em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2002.
3. ARONOFF, S. *Geographical Information System: a management perspective*. Ottawa: WDI Publications, 1989.
4. BARRETO, M. *Planejamento e Organização em Turismo*. Campinas. Papirus.1995.
5. BATES, J. *History of Demand Modelling*. In: Handbook of Transport Modelling. D.A Hensher and K.J. Button. Elsevier Science Ltd, 2000.
6. BRUTON, Michael J. *Introdução ao Planejamento dos Transportes*. São Paulo. Interciência,1979.416p.
7. BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information system for land resources assessment*. Oxford: Clarendon, 1986.
8. CALIPER CORPORATION. *Routing and logistics with TransCad*, version 3.0. USA, 1996.
9. CÂMARA, Gilberto, MEDEIROS, José Simeão de. In: ASSAD, Eduardo (org.), SANO, Edson Eyji (org.). *Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura*. Brasília: Embrapa - SPI, 1998. 434p.
10. CAMPOS FILHO, Cândido Malta. *Cidades Brasileiras: seu controle ou o caos*. 2. Ed. São Paulo. Studio Nobel, 1992.
11. CAVALCANTE, Rinaldo Azevedo. *Estimativa das Penalidades Associadas com os transbordos em Sistemas Integrados de Transporte Público*. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002. 116p.
12. DANTAS, André, YAMAMOTO, Koshi, LAMAR, Marcus Vinicius, YAMASHITA, Yaeko. *Modelo Neuro-Geo-Espacial para a Previsão de demanda de Viagens no Contexto do Planejamento Estratégico*. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br>>. Acesso em: 24 nov., 2003.

13. DOT- Department of Transportation. *Urban Transportation Planning in USA: an historical overview*, DOT-T88-26, September. EUA, 1997.
14. DUEKER, K. J., TON, T. *Geographical Information Systems for Transport*. In: Handbook of Transport Modelling. D.A Hensher and K.J. Button. Elsevier Science Ltd, 2000.
15. FERRARI, Roberto. *Viagem ao SIG. Planejamento Estratégico, Viabilização, Implantação e Gerenciamento de Sistemas de Informação Geográfica*. Curitiba: Sagres, 1997. 174p.
16. FERREIRA, Denise Labrea. *Análise do Planejamento de Transporte Urbano de Uberlândia, MG*. Brasília: Universidade Federal de Brasília, 1994.
17. FONSECA, Maria de Lourdes Pereira. *Forma Urbana y Uso de los Espacios Públicos. Las Transformaciones en el centro de Uberlândia, Brasil*. Unversidad Politécnica de Catalunã (no prelo), 2005.
18. HOFFMANN, Rodolfo, VIEIRA, Sônia. *Análise de regressão, uma introdução à econometria*. Editora Hucitec, 3 ed. São Paulo, 1998. 379 p.
19. HUTCHINSON, B. G. *Princípios de Planejamento dos Sistemas de Transporte Urbano*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1979. 416 p.
20. INSTITUTO GEOLÓGICO. *Sistemas Gerenciadores de Informação*. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br>>. Acesso em: 04 maio 2003.
21. KAZMIER, Leonardo J. *Estatística Aplicada à Economia e Administração*. São Paulo: Schaum McGraw-Hill. 1976.376 p.
22. LIMA, Renato da Silva, SILVA, Antônio Nelson Rodrigues. *Análise da Influência da Acessibilidade ao Transporte Sobre o Valor dos Imóveis Urbanos com o Auxílio de um SIG*. Disponível em : < <http://geodesia.ufsc.br> >. Acesso em: 20 mar. 2003.
23. LOBO, Manoel. *Planejamento Regional e Urbano*. Lisboa. Universidade Aberta, 1999.
24. LOPES FILHO, José Iran de Oliveira. *Pós-avaliação da Previsão de Demanda por Transportes no Município de Fortaleza*. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003.
25. LOUREIRO,C.F.G., RALSTON, B. SIG como Plataforma para Modelos de Análise de Redes de Transportes. Anais do X Congresso de pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília. DF. v.1. p.235-244, 1996.

26. MELLO, José Carlos. *Transporte e Desenvolvimento Econômico*. Brasília: EBTU, 1984.
27. MELLO, José Carlos. *Planejamento dos Transportes Urbanos*. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1981. 261p.
28. MELLO, José Carlos. *Planejamento dos Transportes*. São Paulo: Ed. McGraw Hill do Brasil Ltda., 1975. 192 p.
29. MOCELLIN, Alessandra Perla, HAMACHER, Sílvio. *Algoritmos e Modelos para o roteamento de veículos: aplicação ao caso da entrega domiciliar de jornais*. Disponível em: <<http://www.ind.puc-rio.br/artigos/>>. Acesso em: 15 dez. 2002.
30. NAZÁRIO, Paulo. *GIS: Definições e aplicações na logística*. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-gis.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2003.
31. NCHPR. *Adaptation of Geographic Information Systems for Transportation*. Transportation Research Board. National Academy Press. Washington. D.C, 1993.
32. NG, M. K. *Strategic Planning in response to Environmental Change*. Transportation Quarterly, vol. 37, no. 2, Abril.
33. NOVAES, Antônio Galvão Novaes. *Métodos de otimização. Aplicações aos transportes*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1978.
34. OLIVEIRA, Selmane Felipe de. *O crescimento urbano brasileiro: o caso de Uberlândia*. Ícone, Uberlândia 2 (1): 113-132, jan./jun. 1994.
35. ORTÚZAR, Juan de Dios; WILLUMSEN, Luis G. *Modelling Transport*. New York: Ed. Wiley, 1990. 375 p.
36. PINTO, André Bresolim, LINDAU, Luis Antonio. *Cadastro de Linhas de ônibus utilizando Sistemas de Informação Geográfica e GPS*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.ufrgs.com>>. Acesso em 20 junho 2003.
37. PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia. Disponível em Site Oficial do Município: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br>>.
38. RODRIGUES, Maria José. SOARES, Beatriz Ribeiro. *O Plano Diretor e o Sistema Integrado de Transportes de Uberlândia (MG)*. Revista Caminhos da Geografia. Revista on line. Vol.13. Artigo 10. Uberlândia, nov. 2004. Disponível em: <www.ig.ufu.br>. Acesso em: 03 dez. 2004.

39. SIGs. Disponível em: < <http://cibergeografia.org> >. Acesso em: 04 maio 2003.
40. SILVA, Antônio Néilson Rodrigues (org.). *Ferramentas específicas de um Sistema de Informações Geográficas para Transportes*. São Carlos, 1998. 83 p.
41. SILVA, Antônio Néilson Rodrigues. WAERDEN, Peter Van Der. *First Steps with a Geographic Information System for Transportation*. Eindhoven University of Technology- Netherlands e FAPESP – São Paulo. Fevereiro, 1997. 115 p.
42. SILVA, Fernando R.G. GASPAR, Waldir J. *Suporte SIG para a análise dos Transportes*. Disponível em: <<http://www.uff.br/egg/artigos/gaspar-waldir.doc>>. Acesso em: 15 dez., 2002.
43. SIMÕES, Fernanda Antônio, SATO, Simone Sayuri, SILVA, Antônio Nelson Rodrigues. *Utilizando um SIG para avaliar Acidentes de tráfego em uma Cidade de Médio Porte*. In: COBRAC 98 – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário- UFSC Florianópolis – Out. 1998. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/geodesia-online/arquivo/cobrac98/026/026.htm>> . Acesso em: 20 jan. 2003.
44. SMITHSON, Willian D. *Developing a Travel Demand Model for use in trip Generation Research. Using TransCAD, a GIS Based Software*. Master Project submitted to the Faculty of the University of North Carolina at Chapel Hill. Chapel Hill, 2001.
45. SOARES, Beatriz Ribeiro. *Uberlândia: da Cidade Jardim ao Portal do Cerrado – imagens e representações no Triângulo Mineiro*. Tese de Doutorado. São Paulo, 1995.
46. UFU – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em:<<http://www.ufu.br>>.

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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