Campus de São Carlos

Análise da compatibilidade do gabarito de
caminhões com a geometria das interseções
urbanas numa cidade de médio porte

Ely Emerson Santos da Costa

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

**ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE DO
GABARITO DE CAMINHÕES COM A
GEOMETRIA DAS INTERSEÇÕES URBANAS
NUMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

ELY EMERSON SANTOS DA COSTA

DEDALUS - Acervo - EESC

31100017714

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDSON MARTINS DE AGUIAR

**SÃO CARLOS
1997**

Class.	TESE EESC
Cott.	1673
Tombo	T 116/97

Área: Transportes

15 0934235

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

C837a Costa, Ely Emerson Santos da
Análise da compatibilidade do gabarito de
caminhões com a geometria das interseções urbanas
numa cidade de médio porte / Ely Emerson Santos da
Costa. -- São Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Transportes

Orientador: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

1. Gabaritos de caminhões. 2. Interseções.
3. Rotas de menor caminho. I. Título

Aos meus pais, que possibilitaram que eu
desenvolvesse todas as minhas habilidades.

AGRADECIMENTOS

A toda a minha família, especialmente ao meu pai Raimundo Lima (in memorian), a minha mãe Rita Joseméa, aos meus irmãos Nonato e Alexandre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar.

Aos professores e funcionários do Departamento de Transportes, em especial ao Prof. Antônio Nelson R. da Silva e Heloisa Belo.

Aos amigos: Alexandre C. Foretti, Artur P. Marques, Roberto Aramaki, Sandra Oda, Vânia Pampolha, pela amizade e apoio nas horas mais difíceis. E aos demais colegas do Departamento: Attus, Cássio, Cynthia, Cláudia, Cristina, Delfos, Fábio, Glaucio Pontes, Kennedy, Mário, Marony, Patrícia, Renata, Ronaldo, Sandra Margarido, Sérgio Demarchi, Suely.

“Você não pode provar uma definição, o que você pode fazer é mostrar que ela faz sentido.”

“Nosso destino será de acordo com os nossos méritos.”

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	ix
LISTA DE FÓRMULAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema.....	2
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Justificativa.....	3
1.4 Estrutura do trabalho.....	3
2. MOVIMENTO URBANO DE CARGA (MUC).....	5
2.1 Aspectos gerais.....	2
2.2 Objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para caminhões.....	5
2.3 Planejamento do acesso urbano para grandes combinações de caminhões.....	7
2.4 Aspectos e Problemas relacionados ao MUC.....	8
3. CONVERSÃO E ARRASTE DOS VEÍCULOS.....	11
3.1 Características das Conversões dos Caminhões.....	11
3.2 Métodos de Determinação do Arraste de Veículos.....	14

3.2.1 Observação de Veículos em escala real.....	14
3.2.2 Formulações Matemáticas	14
3.2.3 Modelos em Escala Reduzida.....	15
3.2.4 Simulação com Modelos Computacionais.....	16
3.2.4.1 Curva Tractrix Verdadeira.....	16
3.3 Método de Elaboração do Gabarito de Veículos da CET - SP.....	19
 4. VIAS URBANAS, INTERSEÇÕES E REDES.....	 21
4.1 Hierarquia de vias urbanas	21
4.1.1 Vias expressas.....	21
4.1.2 Vias arteriais	21
4.1.3 Vias coletoras	22
4.1.4 Vias locais.....	22
4.2 INTERSEÇÕES.....	22
4.2.1 Elementos básicos considerados no projeto de uma interseção.....	23
4.2.2 Movimentos Executados nas Interseções.....	24
4.2.3 Objetivo do Projeto de uma Interseção	26
4.2.4 Tipos Básicos.....	26
4.2.4.1 Interseções com Três Aproximações	26
4.2.4.2 Interseções com Quatro Aproximações	27
4.2.4.3 Interseção com Múltiplas Aproximações	28
4.2.4.4 Interseções Canalizadas.....	29
4.2.4.5 Rotatórias	29
4.2.5 Análise das Interseções Urbanas.....	31
4.3 Redes	32
4.3.1 O Problema do Menor Caminho	34
4.3.2 Algoritmo de Dijkstra.....	34
4.3.2.1 Passos do Algoritmo	35
 5. AutoTURN - UMA APLICAÇÃO DE CAD PARA A SIMULAÇÃO DA CONVERSÃO DE VEÍCULOS.....	 36

5.1 Aspectos Gerais.....	36
5.2 Características do AutoTURN.....	36
5.3 Vantagens	36
5.4 Limitações.....	40
6. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	41
6.1 Aspectos Gerais.....	41
6.2 Definição e Características.....	42
6.3 Métodos de obtenção dos dados geocodificados	43
6.4 O TransCAD	45
6.4.1 Aplicações em Roteamento	45
6.3.1.1 Menor caminho	46
7. PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE VEÍCULO x VIA.....	47
7.1 Etapas	47
7.1.1 Determinação da área de estudo	47
7.1.2 Escolha dos caminhos.....	49
7.1.3 Desenho das Rotas de Menor Caminho	52
7.1.5 Levantamentos de Campo	54
7.1.6 Desenho das Interseções	55
7.1.7 Simulação das Conversões	56
7.1.8 Análise da Compatibilidade	57
8. RESULTADOS	58
8.1 Transportadora A	58
8.2 Transportadora B	65
8.3 Transportadora C	68
8.4 Transportadora D	70
8.5 Transportadora E	73
8.6 Transportadora F.....	75

8.7 Transportadora G	78
8.8 Veículos Combinados	82
9. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	86
9.1 Conclusões	86
9.2 Propostas para Trabalhos Futuros.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÊNDICE - Geometria das interseções.....	1

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - Esquema de componentes de uma conversão.....	13
FIGURA 3.2 - Tractrix Integrator	16
FIGURA 3.3 - Método gráfico de construção da curva tractrix verdadeira.....	17
FIGURA 4.1 - Tipos de Movimentos	25
FIGURA 4.2 - Interseções Y e T.....	27
FIGURA 4.3 - Interseções com quatro aproximações.....	28
FIGURA 4.4 - Interseção com múltiplas aproximações.....	29
FIGURA 4.5 - Interseção canalizada	30
FIGURA 4.6 - Interseção rotatória.....	30
FIGURA 4.7 - Exemplo de uma rede.....	33
FIGURA 5.1 - Lógica do AutoTURN.....	38
FIGURA 7.1 - Mapa de São Carlos, mostrando a área de estudo.....	48
FIGURA 7.2- Área de estudo.....	48
FIGURA 7.3 Caminhões	49
FIGURA 7.4 - Veículos combinados longos	50

FIGURA 7.5 - Localização das transportadoras.....	52
FIGURA 7.6 - Pontos de origem e destino da rota para os veículos combinados longos	53
FIGURA 7.7 - Exemplo de uma rota de menor caminho	53
FIGURA 7.8 - Interseções pesquisadas.....	54
FIGURA 7.9 - Desenho das interseções.....	55
FIGURA 7.10 - Exemplo de simulação.....	56
FIGURA 8.1 - Menor caminho para a Transportadora A	58
FIGURA 8.2 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).....	59
FIGURA 8.3 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).....	60
FIGURA 8.4 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Raimundo Corrêa (mão dupla)	60
FIGURA 8.5 - Conversão do caminhão leve da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla)	61
FIGURA 8.6 - Conversão do caminhão médio da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla).	61
FIGURA 8.7 - Conversão do caminhão pesado da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla)	62
FIGURA 8.8 - Conversão do caminhão leve da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla)	62

FIGURA 8.9 - Conversão do caminhão médio da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla)	63
FIGURA 8.10 - Conversão do caminhão pesado da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla)	63
FIGURA 8.11 - Conversão do caminhão leve da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla)	64
FIGURA 8.12 - Conversão do caminhão médio da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla)	64
FIGURA 8.13 - Conversão do caminhão pesado da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla)	65
FIGURA 8.14 - Menor caminho para a Transportadora B	66
FIGURA 8.15 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	66
FIGURA 8.16 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	67
FIGURA 8.17 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Raimundo Corrêa (mão dupla)	67
FIGURA 8.18 - Menor caminho para a Transportadora C	68
FIGURA 8.19 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	69
FIGURA 8.20 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	69
FIGURA 8.21 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	70

FIGURA 8.22 - Menor caminho para a Transportadora D	71
FIGURA 8.23 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para R. Rocha Pombo (mão dupla).....	71
FIGURA 8.24 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Rocha Pombo (mão dupla).....	72
FIGURA 8.25 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Rocha Pombo (mão dupla).....	72
FIGURA 8.26 - Menor caminho para a Transportadora E.....	73
FIGURA 8.27 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).....	74
FIGURA 8.28 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).....	74
FIGURA 8.29 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).....	75
FIGURA 8.30 - Menor caminho para a Transportadora F.....	76
FIGURA 8.31 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).....	76
FIGURA 8.32 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).....	77
FIGURA 8.33 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).....	77
FIGURA 8.34 - Menor caminho para a Transportadora G	78
FIGURA 8.35 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	79

FIGURA 8.36 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	79
FIGURA 8.37 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla)	80
FIGURA 8.38 - Conversão do caminhão leve da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé (mão dupla).....	80
FIGURA 8.39 - Conversão do caminhão médio da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé (mão dupla).....	81
FIGURA 8.40 - Conversão do caminhão pesado da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé (mão dupla).....	81
FIGURA 8.41 - Menor caminho para os veículos combinados	82
FIGURA 8.42 - Conversão do Romeu e julieta da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Av. Raimundo Corrêa (mão dupla)	83
FIGURA 8.43 - Conversão do Rodotrem da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).....	83
FIGURA 8.44 - Conversão do Treminhão da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).....	84
FIGURA 8.45 - Conversão do Romeu e julieta da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).....	84
FIGURA 8.46 - Conversão do Rodotrem da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).....	85
FIGURA 8.47 - Conversão do Treminhão da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).....	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Principais personagens e suas preocupações em relação ao MUC.....	9
TABELA 3.2 - Programas de Simulação.....	18
TABELA 8.1 - Rota nº 1.....	59
TABELA 8.2 - Rota nº 2.....	66
TABELA 8.3 - Rota nº 3.....	68
TABELA 8.4 - Rota nº 4.....	71
TABELA 8.5 - Rota nº 5.....	73
TABELA 8.6 - Rota nº 6.....	76
TABELA 8.7 - Rota nº 7.....	78
TABELA 8.8 - Rota nº 8.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	- <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASCE	- <i>American Society of Civil Engineers</i>
AutoCAD	- Programa aplicativo de <i>Computer Aid Design</i>
AutoTURN	- Programa de simulação de arraste a baixa velocidade
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
CET - SP	- Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo
CGIS	- <i>Canadian Geographic Information System</i>
CONTRAN	- Conselho Nacional de Trânsito
DNER	- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
GPS	- <i>Global Position System</i>
MUC	- Movimento urbano de carga
NAVSTAR	- <i>Navigation Satellite Timing and Ranging System</i>
NDCDB	- <i>National Digital Cartographic Data Base</i>
RTAC	- <i>Road and Transportation Association of Canada</i>
SAE	- <i>Society of Automotive Engineers</i>
TransCAD	- Sistema de Informações Geográficas de Transporte
TRB	- <i>Transportation Research Board</i>
TIGER	- <i>Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing</i>

UMTRI	- <i>University of Michigan Transportation Research Institute</i>
UTM	- <i>Universal Transverse Mercator</i>
WGS - 84	- <i>World Geodetic System, 1984</i>
WHI	- <i>Western Highway Institute</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

OT	- arraste máximo num dado raio de giro;
WB	- distância entre eixos;
TR	- raio da curva em relação a roda dianteira externa;
HT	- bitola do eixo dianteiro dividido por 2.
$OT_{\max}$	- arraste máximo;
R	- raio de giro;
ΣL^2	- somatória dos quadrados dos espaçamentos entre eixos.

LISTA DE FÓRMULAS

$$OT = \sqrt{WB^2 + \left(\sqrt{TR^2 - WB^2}\right) - HT^2} - \sqrt{TR^2 - WB^2} + HT \quad (1)$$

$$OT_{max} = R - \sqrt{\left(R^2 - \sum L^2\right)} \quad (2)$$

Resumo

COSTA, E. E. S. (1997). *Análise da compatibilidade do gabarito de caminhões com a geometria das interseções urbanas numa cidade de médio porte*. São Carlos, 1997. 134p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho tem a finalidade de analisar a compatibilidade do gabarito dos caminhões brasileiros com a geometria das interseções urbanas de uma cidade de médio porte. Foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas para a elaboração de rotas de menor caminho, dentro da área de estudo. Foram realizados levantamentos de campo para a reconstituição da geometria das interseções. Em seguida, através de um programa de simulação cada conversão necessária foi analisada para saber se havia a possibilidade de realização da manobra, dentro das rotas de menor caminho.

Palavras-chave: gabaritos de caminhões; interseções; rotas de menor caminho.

ABSTRACT

COSTA, E. E. S. (1997). *Analysis of template compatibility of trucks with the urban intersections geometry in a medium-sized city*. São Carlos, 1997. 134p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

This work has the objective of analyzing the template compatibility, of Brazilian trucks with the urban intersections geometry in a medium-sized city. It was used a Geographic Information System to elaborate the shortest path within the study area. Field data were carried out for reconstitution of the intersections geometry. Next, each necessary conversion was analyzed, through a simulation program in order to know if the trucks were able to negotiate the curves in the shortest path routes.

Keywords: trucks template; intersections; shortest path routes.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a grande urbanização das cidades brasileiras, que muitas vezes ocorre de maneira desordenada, sem planejamento, leva as cidades a crescerem, porém falta infra-estrutura para suprir as necessidades da população, que precisa, entre outras coisas, de um sistema de distribuição de cargas. Estes problemas precisam ser resolvidos de maneira a evitar transtornos durante a movimentação urbana de caminhões.

O movimento urbano de carga é realizado por diversos tipos de veículos, desde utilitários até caminhões de grande porte, a sua escolha depende do tipo e da quantidade de carga a ser transportada. Os caminhões leves e médios, cujas características operacionais se assemelham aos veículos de passageiros, conseguem um bom desempenho na corrente de tráfego. Isso já não acontece com os caminhões pesados, cujas características operacionais são inferiores a maioria dos veículos em circulação, e que necessitam de um espaço maior para o seu movimento. Como consequência, os veículos de grande porte provocam problemas no tráfego, tais como acidentes, congestionamentos, etc.

O projeto geométrico de interseções de vias, de canalizações de tráfego e de outros espaços destinados aos veículos, é elaborado de acordo com o desenvolvimento de curvas horizontais definidas pelos raios mínimos de giro dos veículos.

Os gabaritos dos veículos apresentam trajetórias para diversos ângulos de conversão, onde os veículos-tipo escolhidos representam as condições mais desfavoráveis, com objetivo de prever problemas que possam vir a acontecer. Existem programas que determinam tanto o raio mínimo quanto a sobrelargura dos veículos. Um deles é o

AutoTURN que é capaz de simular as trajetórias de veículos com baixas velocidades em curvas, além de permitir que o usuário defina as dimensões dos mesmos, em função das quais o programa mostra a trajetória do veículo ao longo da curva.

O crescente avanço tecnológico na informática, permitiu o desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de gerenciar uma grande quantidade de informações de forma rápida. Para os dados georreferenciados esses sistemas são denominados sistemas de informação geográfica - SIGs. Sendo que eles têm se tornado um importante instrumento de auxílio para agilizar os procedimentos de planejamento, gestão, operação, tomadas de decisão e análise de sistemas de transportes. Neste setor são conhecidos como SIG - T (sistemas de informação geográfica de transportes).

1.1 Problema

O que acontece em muitas áreas urbanas das cidades brasileiras são problemas que ocorrem nas interseções, pois os motoristas de caminhão ao realizarem uma conversão, muitas vezes encontram dificuldades. Percebe-se que, devido às restrições de geometria, o motorista precisa realizar várias manobras até realmente conseguir fazer a conversão, provocando atrasos. Como consequência, pode acontecer a invasão da faixa adjacente, as rodas traseiras podem passar por cima do meio-fio, danificando-o e colocando em riscos os pedestres que porventura estejam passando pelo local.

1.2 Objetivo

Devido aos problemas relacionados, este trabalho tem por objetivo analisar a compatibilidade da geometria das interseções de uma área urbana com gabaritos de vários tipos de caminhões brasileiros, tendo como ponto de partida as rotas de menor caminho, numa área de estudo de uma cidade de porte médio.

1.3 Justificativa

Esta pesquisa se faz necessária devido aos seguintes fatores:

- A importância de uma boa fluidez no tráfego de veículos;
- Pela questão da segurança viária;
- Para evitar gastos com a reconstrução do meio-fio de interseções, onde o problema é crítico;
- Para prevenir acidentes provocados pelas restrições geométricas das interseções; e
- Contribuir com estudos e pesquisas, que venham preencher a lacuna existente nesta área.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi estruturado em 9 capítulos, que são descritos a seguir:

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Inclui uma visão geral do trabalho, o problema, o objetivo, a justificativa e a estrutura como foi feito.

CAPÍTULO 2 - MOVIMENTO URBANO DE CARGA (MUC)

Neste capítulo são apresentados os objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para caminhões, as diretrizes para o fornecimento do acesso urbano a grandes combinações de caminhões em áreas urbanas, e os aspectos e problemas relacionados ao movimento urbano de carga.

CAPÍTULO 3 - CONVERSÃO E ARRASTE DE VEÍCULOS

Apresenta as características das conversões de caminhões, os métodos de determinação do arraste de veículos e um método de elaboração do gabarito de raio mínimo de giro de veículos da CET - SP.

CAPÍTULO 4 - VIAS URBANAS, INTERSEÇÕES E REDES

Neste capítulo é apresentada a hierarquia das vias urbanas, os tipos e características das interseções, as redes de transportes e o problema do menor caminho.

CAPÍTULO 5 - AUTOTURN - UMA APLICAÇÃO DE CAD PARA A SIMULAÇÃO DE CONVERSÕES DE VEÍCULOS

Inclui uma descrição do *software*, aplicações, suas vantagens e limitações.

CAPÍTULO 6 - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Apresenta a definição, as características dos SIGs, os métodos de obtenção de dados geocodificados e descreve a potencialidade do TransCAD, que foi o SIG - T utilizado nesta pesquisa.

CAPÍTULO 7 - PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE VEÍCULO x VIA

Neste capítulo são descritas as etapas que foram necessárias para a realização deste trabalho.

CAPÍTULO 8 - RESULTADOS

Inclui os resultados obtidos nas simulações, realizadas para avaliar as rotas de menor caminho para os caminhões e a compatibilidade dos gabaritos dos caminhões com a geometria das interseções estudadas.

CAPÍTULO 9 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Apresenta as conclusões extraídas da pesquisa e algumas propostas que poderão ser abordadas em trabalhos futuros.

2. MOVIMENTO URBANO DE CARGA (MUC)

2.1 Aspectos gerais

O movimento urbano de carga é essencial para a civilização urbana moderna. O verdadeiro conceito de urbanização requer um sistema de distribuição de bens para sustentá-lo. Uma vez que urbanização significa que um grande número de pessoas estão reunidas numa área distante de sua fonte de alimentação, matéria prima para as fábricas e locais para depositar seus resíduos sólidos, uma área urbana não teria condições de existir sem um fluxo intenso, sustentável e seguro de bens de, para e dentro dela. Em qualquer área urbana devem ser fornecidas facilidades para a movimentação de bens. Por isso, deveria se dada ao transporte de carga uma grande importância na política de transporte urbano, planejamento e projeto de facilidades.

2.2 Objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para caminhões

Segundo OGDEN (1991), os objetivos do gerenciamento de tráfego orientado para os caminhões são:

Eficiência

A carga é uma demanda derivada, uma vez que resulta da necessidade que a mercadoria tem de ser movida como parte do processo de produção; o transporte por si só não adiciona um valor ao produto, apenas possibilita que outros setores da economia o façam. Por isso não existe um preço para o movimento urbano de carga, e sim um método do menor custo total, tendo em vista cada parâmetro de serviço como confiabilidade, tempo em trânsito e segurança.

No contexto de gerenciamento de tráfego, a principal preocupação é com o custo de congestionamento. Isto envolve dois aspectos: (1) o custo que o sistema de transporte de passageiros impõe para o movimento de bens; e (2) o custo que o sistema de movimentação de bens impõe para a movimentação das pessoas.

As cargas e o tráfego de passageiros, incluindo veículos e pedestres, podem interagir em qualquer caminho ou terminal que eles compartilhem, sendo este processo, na maioria das vezes, prejudicial. A interação entre as cargas e veículos de passageiros ocorre em vias urbanas, onde caminhões, carros, ônibus e pedestres competem por espaço e prioridade. Os caminhões, por serem maiores do que os veículos de passageiros, reduzem a capacidade das vias. Além disso, os caminhões aceleram lentamente em relação aos automóveis, e frequentemente estão envolvidos no carregamento e descarregamento ao lado do meio-fio. Estas características retardam o tráfego de passageiros, ou o impede totalmente. O grau de interação entre as cargas e os passageiros depende de fatores como geometria, largura e capacidade das vias e passeios e o tamanho e performance dos veículos de carga.

Contribuição para a economia regional e nacional

Uma meta que vem ganhando reconhecimento para o sistema de movimentação de bens é a possibilidade de benefícios advindos da economia nos custos do frete urbano. Qualquer redução neste custo pode ajudar a economia regional, ao contrário se a movimentação da carga for dificultada.

A movimentação de bens dentro e entre localidades está ligada a economia regional e nacional. O resultado conjunto da ineficiência de movimentos separados e gargalos que ocorrem de uma região para outra produz impactos negativos na produtividade e crescimento nacional. Logo, melhorias para redes de movimentação regionais de bens irão não somente trazer benefícios para a região, seus negócios e indústrias, mas também (direta ou indiretamente) para a economia nacional.

Proteção Ambiental

O movimento urbano de bens afeta o meio ambiente de várias formas: poluição do ar, barulho, vibrações, ameaça percebida pelos outros usuários da via devido um grande volume de caminhões, etc. O impacto ambiental é um custo imposto para a comunidade como resultado da movimentação de cargas. Estes impactos podem ser reduzidos, tendo um pequeno ou grande alcance, através de regulamentações e restrições.

Segurança

A segurança da população é a maior preocupação da comunidade no que se refere ao movimento urbano de cargas. No ano de 1988 nos EUA, 31 % de veículos envolvidos em acidentes rodoviários fatais foram caminhões. Muitos destes foram caminhões leves, por terem características similares aos automóveis, já os caminhões médios e pesados registraram 2,1 e 7,3 % respectivamente de acidentes fatais.

Forma urbana

Alguns dos fatores que afetam a localização de indústrias e de depósitos são as facilidades e os custos do acesso para caminhões. Portanto, o fornecimento ou não de facilidades pode ser usado como uma ferramenta para influenciar nesta localização.

2.3 Planejamento do acesso urbano para grandes combinações de caminhões

As principais diretrizes para o fornecimento do acesso urbano para grandes combinações de caminhões, observadas no estudo feito por HANSEN *et al.* (1988) foram as seguintes:

- Os terminais localizados em áreas distantes de zonas industriais devem se tornar acessíveis. Estas zonas industriais são geralmente localizados perto de alças ou anéis viários externos, numa distância de 5 a 8 km de trevos rodoviários;

- Os acessos rodoviários localizados dentro de zonas industriais devem ser desenvolvidos com padrões geométricos que satisfaçam os veículos superdimensionados;
- Fornecer acessos para terminais urbanos dispersos através das rotas de caminhões existentes, pode não ser uma solução prática. Pois, muitas rotas urbanas são passíveis de problemas de segurança ou quebras para os veículos superdimensionados.

2.4 Aspectos e Problemas relacionados ao MUC

Segundo ASCE (1989) existe uma grande quantidade de aspectos e problemas relacionados ao MUC. Contudo, os impactos e implicações destes problemas dependem das partes envolvidas ou personagens, incluindo os setores públicos ou privados.

Setor privado:

- Expedidores e receptores de cargas;
- Transportadoras;
- Motoristas de caminhão.

Setor público:

- Motoristas de veículos de passageiros;
- Pedestres;
- Moradores;
- Departamentos de transportes;
- Planejadores urbanos e engenheiros;
- Governo estadual e municipal.

Cada personagem tem uma percepção própria do processo e dos seus problemas. Tendo diferentes pontos de vista e reações para a prática do movimento urbano de cargas. A Tabela 2.1 apresenta um resumo das principais preocupações de cada personagem envolvido no processo.

TABELA 2.1 - Principais personagens e suas preocupações em relação ao MUC

Personagens	Principais preocupações
Expedidores e receptores	Custo e qualidade/conveniência dos serviços, custo do fornecimento de facilidades para a emissão e recepção e os danos a carga resultantes do transporte.
Transportadoras	Custos e atrasos devido ao congestionamento, localização dos expedidores e receptores, limitações para os horários de operação, projeto geométrico e controle de tráfego das vias, restrições de rotas e regulamentações, oposições da comunidade e os danos a carga resultantes do transporte.
Motoristas de caminhão	Limitações para os horários de operação, estacionamento ilegal de automóveis em zonas de carga e descarga, restrições geométricas das vias e interseções para veículos grandes e os danos a carga resultantes do transporte.
Motoristas de veículos de passageiros	Atrasos e distância de visibilidade reduzida em decorrência da presença dos caminhões na corrente de tráfego e bloqueio de faixas pelos caminhões no momento do carregamento/descarregamento e o tamanho dos caminhões.
Pedestres	Redução da visibilidade provocada pelos caminhões, o seu tamanho, poluição do ar e o barulho provocado por eles.
Departamentos de Transporte	Os danos e a deterioração do pavimento decorrente do peso dos caminhões, segurança da via e acidentes provocados.
Planejadores urbanos e engenheiros	Movimentos eficientes e seguros de pessoas e bens, impactos negativos dos caminhões e terminais.
Governo municipal e estadual	Crescimento econômico e taxas em cada região, qualidade ambiental e reclamações da comunidade.

Fonte: ASCE (1989)

Pode-se perceber, claramente, que as preocupações dos participantes do processo estão interrelacionadas, mas é importante que haja a distinção dos personagens para a identificação dos aspectos e avaliação do impacto das modificações operacionais para o sistema de transporte e a criação de novas políticas. Seria essencial, no momento de se buscar soluções para o MUC, que os planejadores e engenheiros ouvissem todas as partes envolvidas, para que ficasse claro os pontos de vista ou posições a respeito do problema. Se este procedimento for ignorado, pode ser que alguns aspectos importantes para a resolução do problema passe despercebido.

Para se tornar possível o roteamento de veículo de carga é preciso considerar todos os aspectos do problema, incluindo impactos ambientais e suas implicações para a população, as transportadoras, os expedidores, os receptores e o governo local. Na determinação de rotas apropriadas para caminhões as características da geometria das vias são importantes considerações que afetam significativamente a segurança e operação do tráfego. Os fatores críticos do projeto geométrico que influenciam diretamente o roteamento de caminhões incluem desobstruções verticais e laterais, limites de peso e raio de giro. Os padrões utilizados para o projeto de muitas vias urbanas são inadequados para o tráfego diário de caminhões longos.

3. CONVERSÃO E ARRASTE DOS VEÍCULOS

3.1 Características das Conversões dos Caminhões

/Devido a grande distância entre eixos, quando um caminhão necessita fazer uma conversão acontece um fenômeno chamado arraste (termo utilizado como tradução de *offtracking*), onde suas rodas traseiras seguem um caminho diferente das rodas dianteiras. O arraste varia diretamente com a distância entre eixos de uma unidade e inversamente com o raio de giro. Sua magnitude é afetada pela combinação do número e locais de articulações, pelo comprimento do arco e o tipo de curva, pela velocidade e dirigibilidade dos eixos. Outro fenômeno observado é o *swing out*, que é o desvio da extremidade traseira do veículo em sentido oposto ao da conversão.

A curva de arraste crítica (*swept path*) pode ser definida como a medida de arraste mais a largura do caminhão, além disso, pode ser também a diferença no caminho da roda dianteira externa e a roda traseira interna do veículo que faz uma conversão a baixa velocidade (FAMBRO *et al.*, 1988).

Segundo RUSSO (1995) a curva de arraste é representada pela trajetória do centro do eixo traseiro da última composição quando um veículo faz uma conversão e, é diferente da curva de arraste crítica. Quando o objetivo é a determinação de sobrelarguras, é preferível analisar a curva de arraste crítica (*swept path*), pois esta determina a largura total de ocupação do veículo ou ocupação máxima. Este valor é relativo ao ponto na curva onde o veículo produz a maior quantidade de arraste.

Grandes caminhões podem provocar um problema significativo em vias estreitas com faixa dupla, quando é feita uma conversão em curvas fechadas. Duas características de operação causam problemas particulares. Primeiro, os motoristas de grandes caminhões podem ter dificuldade em dirigir no centro da faixa, e segundo, os grandes caminhões precisam de um espaço muito grande quando fazem uma conversão, devido ao arraste ou o deslocamento lateral da parte traseira do reboque (TRB, 1989).

Segundo CHRISTIE (1985) os veículos longos articulados diferem muito de carros e pequenos caminhões, que compõe a maior parte do tráfego nas vias, não somente no que diz respeito ao comprimento, mas também no espaço necessário para executar manobras. Embora os projetistas tentem fornecer condições para que os veículos longos operem eficientemente e com segurança, a previsão nem sempre é completa, devido as exigências conflitantes, como falta de espaço ou custo de construção elevado.

As deficiências de projeto provocam condições e comportamentos anormais de tráfego. Estas, em conversões provocam atrasos no tráfego e em alguns casos perigo. Os problemas discutidos incluem o seguinte:

- Os veículos longos articulados não podem se manter inteiramente dentro da curva de entrada em algumas rotatórias, onde a largura das faixas foram reduzidas, para que seu número aumente, por razões de capacidade.
- Em centros urbanos a tolerância da geometria das vias, para veículos longos, é mínima, a ponto de se tornarem uma preocupação. Por isso, suas condições de operação são tidas como difíceis, não havendo possibilidade de se permitir o estacionamento de veículos, na área onde a conversão é feita, para evitar que ocorram atrasos e danos ao meio-fio.

Se a largura da curva de arraste crítica for menor que a largura da faixa, o veículo vai invadir a faixa adjacente ou o acostamento ao fazer a conversão. De outro modo, as rodas traseiras podem passar sobre o meio-fio e causar prejuízos. Os caminhões podem bater em postes localizados perto do meio-fio enquanto estão fazendo a conversão. O arraste é mais acentuado em baixas velocidades, onde ocorre um

deslocamento dos eixos traseiros para o lado interno da curva. Em velocidades acima de 16 km/h, o efeito oposto acontece, a aceleração lateral desenvolvida pelo veículo, quando ele faz a curva, cria um efeito dinâmico que faz com que o eixo traseiro se desloque para o lado externo da curva.

A Figura 3.1 apresenta os componentes que definem a ocupação de um caminhão em uma curva.

FIGURA 3.1 - Esquema de componentes de uma conversão
Fonte: RUSSO (1995)

3.2 Métodos de Determinação do Arraste de Veículos

Segundo MILLAR e WALTON (1985) diversos métodos podem ser usados para determinar o arraste de um veículo para uma dado raio de giro. Eles são:

- Observação de veículos em escala real;
- Formulações matemáticas;
- Modelos em escala reduzidas; e
- Simulação com modelos computacionais

3.2.1 Observação de Veículos em escala real

Os testes que utilizam veículos em escala real são muito difíceis de serem realizados devido a grande variedade de configurações de veículos e geometria das vias, que devem ser avaliadas e pelos seus custos elevados.

3.2.2 Formulações Matemáticas

Encontrar o arraste máximo de um veículo para um dado raio de giro é mais fácil através do uso de formulação matemática. Embora, a equação exata seja de difícil manejo. Aproximações podem ser usadas com facilidade e são bem satisfeitas, para se fazer comparações de diferentes veículos ou conversões. Infelizmente, a formulação dada não indica a forma das curvas ou onde ao longo da curva o arraste máximo irá ocorrer.

A *Society of Automotive Engineers* (SAE) tem publicações que fornecem formulações matemáticas para descrever o arraste. A fórmula geral para veículos unitários é:

$$OT = \sqrt{WB^2 + \left(\sqrt{TR^2 - WB^2}\right) - HT^2 - \sqrt{TR^2 - WB^2} + HT} \quad (1)$$

onde:

OT = é o arraste máximo num dado raio de giro;

WB = é a distância entre eixos;

TR = é o raio da curva em relação a roda dianteira externa;

HT = é a bitola do eixo dianteiro dividido por 2.

Fórmulas similares para veículos combinados são mais complexas e de difícil manejo. O *Western Highway Institute* (WHI), desenvolveu uma equação que se aproxima da equação da SAE e se aplica tanto para veículos unitários como, para veículos combinados:

$$OT_{max} = R - \sqrt{(R^2 - \sum L^2)} \quad (2)$$

onde:

OT_{max} = é o arraste máximo;

R = é o raio de giro;

$\sum L^2$ = é a somatória dos quadrados dos espaçamentos entre eixos.

3.2.3 Modelos em Escala Reduzida

Os modelos em escala reduzida requerem mais trabalho do que equações, mas em compensação, produzem uma representação mais completa do arraste do veículo, podendo ser usados para qualquer veículo e para qualquer raio de giro. O arraste pode ser medido em qualquer lugar da curva. Este método deu origem aos desenhos de curvas de arraste dos quais os gabaritos de conversões foram desenvolvidos.

O *Tractrix Integrator*, que é mostrado na Figura 3.2 é o modelo mais conhecido e empregado para simular o arraste de veículos. Este modelo considera apenas as distâncias longitudinais, desprezando as larguras das composições e dos pneus.

FIGURA 3.2 - Tractrix Integrator
Fonte: HEALD (1986)

3.2.4 Simulação com Modelos Computacionais

Os modelos computacionais desenvolvidos até o momento utilizam a teoria da curva tractrix. Sendo esta a teoria básica para os programas de simulação que representam o arraste de baixa velocidade.

3.2.4.1 Curva Tractrix Verdadeira

Em GARLICK¹ *apud* RUSSO (1995) é descrito o procedimento geométrico utilizado para gerar uma curva tractrix verdadeira. Sendo w a distância entre eixos **A** e **B** são respectivamente os eixos dianteiro e traseiros dos veículos. Avançando **A** a passos pequenos, as curvas de **A** e **B** não se distanciam além do tamanho de cada passo. Considerando-se **A** uma curva qualquer, para se determinar a curva **B**, sendo **B** rebocado a uma distancia fixa w em relação à **A**, temos:

¹ GARLICK, G. S.; KANGA, D. N.; MILLER, G. G. (1993). *Vehicle Offtracking: a Globally Stable Solution*. British Columbia Ministry of Transportation and Highways. ITE Journal, vol. 63, no. 3. Victoria University, British Columbia, Canadá.

1. Passos idênticos são marcados ao longo da curva a , indicados por A_0, A_1, A_2, A_3 e A_4 , de maneira que a distância em linha reta entre eles tenha o mesmo ΔA ;
2. A posição inicial de B é colocada a uma medida w de A_0 , marcada como B_0 ;
3. Desenha-se uma linha reta entre A_0 e B_0 ;
4. Com um compasso aberto a uma medida w , fixando-se em A_1 , localiza-se B_1 , na linha B_0A_0 ;
5. Mantendo-se o compasso aberto com uma medida w , prossegue-se com a localização dos pontos B_{i+1} , na linha B_iA_1 , a uma distância w de A_{i+1} .

FIGURA 3.3 - Método gráfico de construção da curva tractrix verdadeira
Fonte: GARLICK *et al.* (1993)

Os pontos resultantes B_0 e B_1 , constam da envoltória externa da curva. A curva verdadeira, segundo a formulação matemática aplicada, encontra-se dentro da envoltória da curva, cujo procedimento descreve-se a seguir:

- Repetem-se os passos 1, 2 e 3 acima;
- Com o compasso aberto com uma medida w , fixando-se em A_1 , localiza-se b_1 sobre a linha B_0A_1 ;

- Com o compasso aberto com uma medida w , continua-se a localização dos pontos b_{i+1} sobre a linha $b_i A_{i+1}$, a distâncias w de A_{i+1} .

Os pontos resultantes B_0 , b_1 , b_2 e b_3 , fazem parte da envoltória interna da curva verdadeira.

A Tabela 3.1 apresenta alguns programas de simulação utilizados em pesquisas anteriores, para a obtenção da curva tractrix, curvas de arraste e larguras de ocupação de veículos.

TABELA 3.1 - Programas de Simulação

Nome	Aplicação	Autor	Data
Tractrix Integrator	Modelo de escala variável, traça curvas tractrix para veículos combinados	SAE	1962
Truck Offtracking Model (TOM)	Gera curvas de arraste de veículos unitários e articulados	UMTRI (EUA)	1979
SHLEPP 18	Gera curvas de arraste de veículos unitários e articulados	Universidade de Stuttgart (Alemanha)	1984
Modelo Holandês	Calcula larguras de ocupação de veículos combinados, baseando-se na dinâmica de veículos	TNO Road-Vehicles Research Institute	1986
VEHICLE/PATH	Calcula larguras de ocupação e gera curvas de arraste de veículos simples e combinados	Queensland Main Road Department (Austrália)	1988
PathTracker	Gera curvas de arraste de veículos simples e combinados	Ministry's Planning Services Branch (Canadá)	1990
AutoTURN	Simula conversões de veículos simples e combinados em traçados específicos	Transoft Solutions	1993
TRUCKSIM	Extensa gama de simulações de veículos	UMTRI	1994
AUTOSIM	Gera programas de simulação de veículos específicos	UMTRI	1990
Low-Speed Offtracking Model	Prevê trajetórias seguidas por veículos simples e combinados	UMTRI	1990

Fonte: Russo (1995)

3.3 Método de Elaboração do Gabarito de Veículos da CET - SP

Como relata o boletim técnico da CET (1978b), os projetos geométricos de interseção de vias, de canalizações de tráfego e de outros espaços destinados aos veículos são elaborados de acordo com o gabarito de desenvolvimento de curvas horizontais definido pelos raios mínimos de giro dos veículos.

Atualmente, no Brasil, têm sido utilizados os gabaritos desenvolvidos pela AASHTO, baseados nos veículos produzidos nos EUA, cujas dimensões são geralmente maiores que as nacionais. O DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, por exemplo, propôs para sua norma de projetos geométricos três tipos de veículos que são correspondentes aos gabaritos americanos.

Dessa forma, com intuito de se adaptar os projetos aos modelos de veículos produzidos no país, foram apresentados: os gabaritos de desenvolvimento de curvas horizontais para projetos geométricos de vias urbanas e os veículos tipo de projetos selecionados.

Tais propostas foram desenvolvidas a partir de:

- Classificação dos veículos nacionais;
- Escolha dos veículos para execução de testes práticos, analisando-se as especificações dos diversos modelos fabricados no país, com as suas dimensões fixadas pela legislação;
- Execução de testes de campo de raio mínimo de giro, correspondente a cada veículo anteriormente selecionado.
- Análise dos resultados obtidos a partir dos testes e definição dos veículos tipo de projeto;
- Elaboração dos referidos gabaritos de desenvolvimento de curvas horizontais, para cada veículo de projeto.

Estas características técnicas referem-se as dimensões de: comprimento total, entre eixos, balanços dianteiro e traseiro, largura, bitolas dianteira e traseira e raio mínimo

de giro. Analisando-se estes dados, classificaram-se, inicialmente, os veículos em três categorias, a saber:

- Veículo de passeio, para efeito de análise e seleção do veículo tipo, subdividiu-se esta classificação em: automóvel pequeno, médio, grande e utilitários;
- Veículo de carga, esta categoria abrange todos os caminhões com dois eixos, cujo o PBT é menor ou igual a 15 toneladas. Dada a diversificação de capacidade de carga destes veículos optou-se pela divisão das categorias: veículo leve de carga e microônibus, veículo médio de carga;
- Ônibus urbano, embora as suas dimensões sejam semelhantes ao do caminhão de 15 toneladas, seu comportamento para manobras requer espaços maiores.

A partir da análise detalhada das especificações que determinam os raios de giro e a disponibilidade de equipamento, selecionaram-se os veículos mais característicos para a execução dos testes práticos.

Os efeitos de força centrífuga, do coeficiente de atrito e da característica do motorista foram minimizados pela velocidade baixa e constante com que forem executados os testes de raio de giro mínimo. Assim a velocidade assumida para as manobras foi de ordem de 15 km/h.

Este foi o único método brasileiro, encontrado, que trata dos gabaritos de raio mínimo de giro. Mas, é do ano de 1978 e os veículos considerados, já se encontram tecnologicamente ultrapassados.

4. VIAS URBANAS, INTERSEÇÕES E REDES

4.1 Hierarquia de vias urbanas

Segundo o DNER (1974) a classificação hierárquica das vias urbanas, referente as suas características físicas e ao seu tipo de uso, é:

- Vias expressas;
- Vias arteriais;
- Vias coletoras;
- Vias locais.

4.1.1 Vias expressas

As vias expressas se dividem em vias expressas primárias e secundárias. As vias expressas primárias são vias de elevada capacidade e altas velocidades, com controle de acesso total e interseções em desnível, correspondentes às *freeways* americanas. As vias expressas secundárias são vias de grande capacidade e velocidade restrita em alguns casos, em decorrência de interseções em nível e alguns acessos limitados a determinados usos de solo.

4.1.2 Vias arteriais

As vias arteriais também se dividem em vias arteriais primárias e secundárias. As vias arteriais primárias são vias de capacidade e velocidades menores, sem as características de uma via expressa, com traçado sensivelmente contínuo e interseções

predominantemente em nível, atendendo ainda principalmente à mobilidade do tráfego. Redistribui o tráfego das vias expressas para os seus destinos, até o nível das arteriais secundárias. As vias arteriais secundárias completam e se interconectam as vias do sistema arterial principal; seu traçado tem menor grau de continuidade, com níveis de serviço inferiores e maior ênfase na função de distribuir o tráfego e dar acesso às propriedades adjacentes.

4.1.3 Vias coletoras

As vias coletoras são aquelas que coletam o tráfego e o canalizam para as vias arteriais, com pequena proporção de tráfego direto; sua função é principalmente distribuir o tráfego com destino aos diversos usos de solo próximos.

4.1.4 Vias locais

As vias locais possuem a função exclusiva de dar acesso às propriedades ao nível interno das comunidades urbanas. Elas não atendem ao tráfego direto.

4.2 INTERSEÇÕES

Segundo CET (1978a) a eficiência de uma rede viária depende em larga escala da operação das interseções em nível. O número de conflitos possíveis nas interseções é muito alto, constituindo, portanto, áreas de grande potencial de acidentes.

As condições que definem, de maneira geral, as características de uma interseção são a sua área total, seus limites exteriores e a forma na qual está distribuída e ordenada sua superfície. Em geral, a capacidade de uma interseção aumenta com a sua superfície, mas depende também de sua forma. A forma ideal corresponde àquela em que se provêm espaços livres para as conversões à direita.

O DNER (1974) define interseção como, sendo, o local onde se interceptam ao mesmo nível, o traçado de duas ou mais vias, que é diferente de interconexão, que é uma interseção onde os cruzamentos dos traçados se fazem em desnível.

4.2.1 Elementos básicos considerados no projeto de uma interseção

Segundo AASHTO (1994), os elementos básicos considerados no projeto de uma interseção, são os seguintes:

1. Fatores Humanos:

- Os hábitos dos motoristas;
- A habilidade de tomar decisões;
- A experiência dos motoristas;
- O tempo de percepção e reação;
- Aceitação dos “caminhos naturais” dos movimentos;
- Usos e hábitos dos pedestres;
- Usos e hábitos dos ciclistas.

2. Considerações sobre o tráfego:

- Projeto e capacidade atual;
- Tamanho e características operacionais dos veículos;
- As variedades dos movimentos (divergentes, convergentes, entrelaçamento e cruzamento);
- A velocidade dos veículos;
- A composição do tráfego;
- Os dados sobre acidentes;
- Os movimentos executados pelos ciclistas.

3. Elementos físicos:

- O tipo das edificações vizinhas;
- Os alinhamentos verticais a interseção;
- A distância de visibilidade;

- O ângulo da interseção;
- A área de conflito;
- A velocidade das faixas de conversão;
- As características geométricas;
- Os instrumentos de controle de tráfego;
- Os equipamentos de iluminação;
- As condições de segurança;
- A existência de ciclovia;
- Os fatores ambientais.

4. Fatores econômicos:

- O custo de melhorias
- Os efeitos do controle para determinados movimentos, em áreas residenciais ou comerciais, onde existem restrições para veículos;
- O consumo de energia.

4.2.2 Movimentos Executados nas Interseções

Em cada interseção em nível, são possíveis quatro tipos de manobra:

- a. Divergência
- b. Convergência
- c. Entrelaçamento
- d. Cruzamento

A severidade relativa dos potenciais de conflito em cada manobra aumenta na ordem da Figura 4.1:

Elementos de Operações em Interseções
Tipos de Manobras

Divergentes

Convergentes

Entrelaçamento

Cruzamento

Figura 4.1 - Tipos de Movimentos

Fonte: CET (1978a)

4.2.3 Objetivo do Projeto de uma Interseção

O objetivo do projeto de uma interseção é reduzir a severidade do potencial de conflitos enquanto aumenta a conveniência, a facilidade e o conforto dos motoristas ao efetuarem as manobras necessárias. O projeto deve "encaixar-se" perfeitamente às trajetórias naturais de transição e às características dos motoristas e veículos. O alinhamento dos elementos da interseção e os greides devem ser suaves e contínuos.

As distâncias de visibilidade devem ser suficientes para possibilitar aos motoristas se prepararem e evitar potenciais de conflito. Ainda mais, é importante dar uma consideração especial à aparência da interseção.

4.2.4 Tipos Básicos

Os tipos de interseções são determinados pelos seguintes fatores: número de aproximações, topografia, padrão de tráfego e tipo de movimento desejado. Dentro de uma variedade de formas e características das interseções existe uma série de tipos entre os quais se ajustam a maior parte dos casos reais. Sendo que os principais são os seguintes:

- Interseções com 3 aproximações, em T ou Y;
- Interseções com 4 aproximações;
- Interseções com múltiplas aproximações;
- Interseções canalizadas;
- Rotatórias.

4.2.4.1 Interseções com Três Aproximações

Uma interseção com três aproximações é chamada de interseção em T ou Y. Quando duas aproximações formam uma via contínua e são interceptadas por uma terceira aproximação num ângulo entre 70° e 110°, tem-se uma interseção em T. Se o ângulo

for menor do que 70° ou maior do que 110° , tem-se uma interseção em Y. A Figura 4.2 ilustra estes tipos de interseção.

FIGURA 4.2 - Interseções Y e T

4.2.4.2 Interseções com Quatro Aproximações

Uma interseção com quatro aproximações pode ser perpendicular, oblíqua ou com duas aproximações separadas. Se o ângulo de interseção for menor do que 70° ou maior do que 110° , tem-se uma interseção oblíqua. Se o ângulo estiver compreendido entre 70° e 110° , tem-se uma interseção perpendicular. Uma interseção com duas

aproximações separadas, onde o eixo das aproximações opostas não se encontram na área da interseção, é chamada interseção assimétrica. A Figura 4.3 ilustra estes tipos de interseção.

FIGURA 4.3 - Interseções com quatro aproximações

4.2.4.3 Interseção com Múltiplas Aproximações

O termo interseções com múltiplas aproximações é aplicado para descrever junções com cinco ou mais aproximações, como ilustra a Figura 4.4.

FIGURA 4.4 - Interseção com múltiplas aproximações

4.2.4.4 Interseções Canalizadas

Interseções canalizadas são aquelas onde três ou mais aproximações foram modificadas com o objetivo de aumentar a capacidade, segurança e flexibilidade dos movimentos de conversão. Geralmente, isso é conseguido com o uso de ilhas, cantoneiras centrais e sinalização horizontal. A Figura 4.5 ilustra um exemplo de interseção canalizada.

4.2.4.5 Rotatórias

Rotatória é uma interseção na qual o tráfego se move no sentido anti-horário ao redor de uma ilha central, como ilustra a Figura 4.6.

Como todas as soluções, este tipo oferece certas vantagens - a circulação é contínua e podem ser admitidos todos os giros, mas apresenta também inconvenientes consideráveis, tais como: pouca capacidade em relação à área ocupada, percursos muito longos, entrelaçamento e dificuldades sérias para os pedestres.

FIGURA 4.5 - Interseção canalizada

FIGURA 4.6 - Interseção rotatória

Em certas circunstâncias a rotatória pode ser a solução mais indicada, como por exemplo:

- interseções com cinco ou mais aproximações e com intensidade de tráfego aproximadamente igual em todas as aproximações;
- os movimentos de conversão mais importantes chegam a superar o movimento direto;
- áreas extensas e planas;
- pouco movimento de pedestres; e
- distâncias suficientemente grandes entre as aproximações para permitir o entrelaçamento.

4.2.5 Análise das Interseções Urbanas

Segundo o artigo da ASCE (1989), a geometria da maioria das interseções urbanas não são adequadas para acomodar o raio de giro de grandes caminhões e o arraste de suas rodas traseiras. O raio de giro em muitas interseções são pequenos para caminhões grandes. Além disso, curvas fechadas podem provocar danos a carga, a menos que, haja uma redução de velocidade, bem abaixo dos veículos de passageiros que se encontram na corrente de tráfego.

Devido as limitações de espaço e velocidades de operação reduzidas em áreas urbanas, o raio de giro das interseções são menores do que normalmente se encontra nas rodovias (área rural). A curvatura para acomodar as conversões dependem do número e dos tipos de veículos frequentes no local.

O manual da AASHTO (1994) relata que na maioria das cidades, o raio de giro das interseções são de 1,5 a 9 m, muitos dos quais ficam entre 3 a 4,5 m. Os veículos de passageiros que trafegam em baixas velocidades, em faixas de 3 m de largura, conseguem fazer uma conversão para a direita em uma interseção com o raio de giro de 4,5 m , com poucas possibilidades de invasão da faixa adjacente. Contudo, o tráfego destes veículos em altas velocidades, ou de veículos de grandes dimensões em baixas velocidades, normalmente, resulta numa invasão substancial da faixa adjacente.

Para assegurar uma operação de tráfego eficiente em vias arteriais, que possuem um volume intenso de veículos, é necessário fornecer raios de giro de 4,5 a 7,5 m em locais onde o tráfego de veículos de passageiros é maior, e de 9,0 a 15,0 m em locais onde é freqüente o tráfego de caminhões e ônibus. Onde grandes combinações de caminhões convergem com freqüência, raios maiores se tornam necessários.

Os grandes caminhões não são normalmente envolvidos em distribuições locais, mas necessitam trafegar em áreas urbanas até chegarem nos terminais ou depósitos de carga. De preferência, estes terminais ou depósitos deveriam ser localizados próximos as facilidades rodoviárias, que são projetadas para acomodá-los.

Se for necessário fazer o roteamento destes caminhões em ruas locais, para que eles cheguem até os terminais, é necessário que seja dada atenção especial para a rede que vai ser utilizada. A princípio, esta rede não deve incluir ruas estreitas, que tenham interseções de raios pequenos ou que seja permitido estacionamento de veículos de passageiros.

O raio de giro das interseções de ruas de mãos duplas tem pequeno efeito em conversões para o lado esquerdo, onde a largura das vias arteriais é equivalente a quatro ou mais faixas. Nestes casos, geralmente não existe problema de invasão de faixas adjacentes.

A maioria das interseções de vias na área urbana não requer uma geometria especial para caminhões, devido ao pequeno número de caminhões que transitam nestes locais. Porém, na maioria das áreas urbanas existem locais específicos com grande concentração de caminhões grandes, e estas precisam de um reconhecimento e tratamento especial.

4.3 Redes

O termo “rede”, segundo SHEFFI (1985), é normalmente utilizado para descrever uma estrutura, que pode ser tanto física (por exemplo, ruas e interseções, linhas de telefones, etc.) como conceitual (linhas de informação ou pessoas, estações de

televisão, etc.). Cada uma destas redes incluem dois tipos de elementos: pontos e segmentos. Esta informação leva a uma definição matemática de rede, como sendo um conjunto de pontos (ou nós) e segmentos (ou arcos) conectados.

FIGURA 4.7 - Exemplo de uma rede

A Figura 4.7 representa uma rede com 5 nós conectados por 10 arcos. Cada arco nesta rede está associado a uma direção de fluxo. Por exemplo, o arco 5 representa o fluxo do nó 3 para o nó 2, enquanto que o arco 6 representa o fluxo reverso, $2 \rightarrow 3$.

Cada arco de uma rede, normalmente é associado a algum tipo de penalidade que afeta o fluxo que o arco possui. As unidades de medida de penalidade dependem da natureza da rede e fluxo de cada arco. A penalidade num arco de uma rede pode representar distância, custo, tempo e qualquer outra utilidade de medida relevante. A rede da Figura 4.7 é conectada, em outras palavras, é possível ir de qualquer nó para os outros, seguindo um caminho (ou rota) na rede. Um caminho é a sequência lógica de arcos direcionados que leva de um nó a outro. A penalidade ao longo do caminho é a soma das penalidades dos arcos que formam o caminho. Um par de nós pode ser conectado por mais de um caminho. Por exemplo, na Figura 4.7 para ir do nó 2 até o

4.3.1 O Problema do Menor Caminho

Segundo PHILLIPS *et al.*(1976), problemas de menor caminho são os mais comuns de serem encontrados no estudo de redes de transportes. Eles aparecem ao se tentar determinar o menor, mais barato ou mais confiável caminho entre dois ou mais nós em uma rede.

Seja N um conjunto de n nós $(1, 2, \dots, n)$. Cada nó é conectado a todos os demais por arcos (i, j) , onde i e j pertencem a N e i é diferente de j . Correspondendo a cada arco (i, j) existe associado um número não negativo c_{ij} que reflete a penalidade de se percorrer diretamente o arco entre i e j . É importante notar que c_{ij} se refere ao arco direto entre i e j . Caso não seja possível ir de i diretamente a j , fazemos $c_{ij} = \infty$. É possível que c_{ij} seja diferente de c_{ji} . O problema é encontrar o menor caminho entre o nó de saída e o nó de chegada.

4.3.2 Algoritmo de Dijkstra

Segundo CALIPER (1992), o algoritmo utilizado pelo TransCAD para se chegar ao menor caminho é o Dijkstra. Este algoritmo é muito conhecido na Pesquisa Operacional, e garante a otimização do trajeto calculado, ou seja, garante que não existe resultado melhor do que o encontrado, embora possam existir outros resultados igualmente bons.

PHILLIPS *et al.*(1976) mostra que considerando c_{ij} dados, o algoritmo começa por associar um estado (que pode ser temporário ou permanente) e um valor $p(k)$ a cada nó k . O estado temporário de um nó qualquer k significa que $p(k)$ representa um limite superior para a penalidade total do nó. Já um estado permanente significa que $p(k)$ representa a menor penalidade total possível.

4.3.2.1 Passos do Algoritmo

Passo 1: Inicialmente associamos ao nó de partida um estado permanente e $p(m) = 0$.

A cada um dos outros nós, associamos estados temporários $p(k) = \infty$.

Passo 2: Escolhe-se o nó temporário de menor $p(k)$ para se tornar permanente. Este nó se torna o nó m .

Passo 3: Compara-se cada um dos $p(k)$'s dos nós temporários com a soma de $p(m)$ com cada c_{mk} . O menor destes será o novo valor de $p(k)$.

Passo 4: Caso todos os nós já sejam permanentes, termina-se o algoritmo. Caso contrário retorna-se ao Passo 2.

5. AutoTURN - UMA APLICAÇÃO DE CAD PARA A SIMULAÇÃO DA CONVERSÃO DE VEÍCULOS

5.1 Aspectos Gerais

Segundo CARRASCO (1995) o projeto de uma facilidade de transporte, tal como uma interseção ou um terminal de caminhão é influenciado pela capacidade de giro de um ou mais projetos de veículos e suas curvas de arraste críticas.

Até a década de 70, o processo típico de projeto incluía o uso de gabaritos plásticos de giro dos veículos, para determinar as curvas de arraste críticas de projeto dos veículos. Os projetistas colocavam manualmente os gabaritos plásticos para determinar a localização das características de projeto apropriadas, tal como meio-fio, valeta, ilhas, largura e marcação de faixas e outras características físicas.

O advento dos computadores pessoais (*PC's*) e de *softwares* de projeto e desenho ajudado por computador (*CAD*), causou um grande impacto em todas as áreas da engenharia. Estes sistemas permitem um processo de projeto e desenho integrados.

5.2 Características do AutoTURN

O AutoTURN é um *software* gráfico de “CAD - Computer Aided Design” (desenho com auxílio do computador), e é escrito na linguagem de programação C. Ele é processado no AutoCAD, onde a área gráfica do programa é um plano cartesiano em relação a uma origem (0,0,0). Há duas maneiras de se acessar os comandos: digitando o nome do comando na área correspondente, situado no rodapé da tela, ou através dos diversos menus que o AutoCAD possui. Esta capacidade o torna ideal para se

realizar projetos de facilidades de transporte, pois a determinação da trajetória e curva de arraste crítica são importantes elementos nos ajustes e avaliações do projeto de cada facilidade. O ambiente *CAD* é ideal para estes tipos de projeto devido a precisão de suas coordenadas. Como resultado ele permite a total automação do processo de projeto e desenho.

O *AutoTURN* permite que se estabeleça as exigências necessárias para a manobra dos veículos e a finalização do desenho no mesmo ambiente de trabalho. Esta vantagem é realçada posteriormente pela sua capacidade interativa, porque o usuário pode rapidamente refazer uma simulação e comparar as trajetórias de outros veículos.

Segundo o manual da *TRANSOFT SOLUTIONS* (1992), o *AutoTURN* produz um processo interativo para a definição do veículo a ser estudado, da representação da curva de arraste crítica (*swept path*) e das trajetórias dos pneus dos veículos. Os valores de largura de ocupação das configurações são determinados pelo programa somando-se o arraste, a largura do veículo e um coeficiente de segurança.

O *AutoTURN* determina a localização e a orientação do veículo na via, ao longo de uma trajetória pré-definida. Essa trajetória representa a mudança de posição do centro do eixo direcional dianteiro do veículo, e é desenhada pelo usuário no *AutoCAD*, através do uso de uma combinação de arcos circulares e linhas retas.

O programa possui um conjunto completo de veículos adotados pela AASHTO - *American Association of State Highways and Transportation Officials* e RTAC - *The Road and Transportation Association of Canada*. Mas, existe também um conjunto de veículos onde o usuário pode alterar as medidas. O programa gera gráficos estáticos e animados, resumos de dados de entrada e saída, e gráfico dos ângulos dos veículos.

O *AutoTURN* trabalha com as unidades métricas e britânicas. As dimensões do veículo e a sua trajetória podem ser definidas em milímetros, metros, polegadas e pés, sendo que elas podem ter unidades diferentes.

As simulações feitas com o *AutoTURN* empregam um método de análise incremental (de curva tractrix), através de avanços constantes da unidade tratora. Não são

considerados atrito de pneus e condições da superfície da via. Os resultados mostrados pelo *AutoTURN* foram verificados em relação às medidas de campo e métodos analíticos, e mostraram-se adequados e compatíveis.

A lógica de como funciona o programa dentro do *AutoCAD* é ilustrada na Figura 5.1.

FIGURA 5.1 - Lógica do *AutoTURN*

Fonte: CARRASCO (1995)

O programa possui três fases distintas que são: entrada de dados, execução e resultados. A entrada de dados é processada no ambiente CAD. Primeiramente, as dimensões dos veículos são editadas, depois a trajetória do veículo é desenhada. Após a entrada de dados o arquivo é preparado para a execução, esta fase é processada na linguagem C, onde é realizado os cálculos das coordenadas geométricas; as

coordenadas são calculadas através de pontos incrementais da trajetória e dos eixos dos veículos. Os resultados são escritos no arquivo PATH.DXB, sendo este uma base de dados que é importada para dentro do ambiente CAD, para a preparação do desenho final.

Como não é possível para o usuário simular o que realmente acontece na prática, pois os motoristas tem maior liberdade para escolher o ponto onde eles vão iniciar a conversão, a trajetória adotada e o ângulo de direção, etc., foi adotada a condição de que o motorista não posiciona o veículo na via a fim de maximizar o raio de conversão.

5.3 Vantagens

Este programa tem como vantagens:

- Devido a operação direta no ambiente CAD, ele elimina a necessidade de importar a simulação, como acontece em alguns programas e a verificação manual da curva de arraste crítica.
- O programa realça a capacidade de automação de CAD, pois trabalha diretamente na base do projeto (i.e., no projeto do desenho), produz trajetórias que podem ser avaliadas, e permite que mudanças sejam feitas como requer o projeto.
- Pode ser usado para avaliar manobras de conversão de veículos que estão em fase de desenvolvimento.
- Diferente de gabaritos de conversões, que são geralmente fornecidos para um único raio de giro, o *AutoTURN* pode simular qualquer trajetória geométrica de direção, consistindo de curvas circulares e seções tangentes.
- É fácil de operar e produz saídas relativamente rápidas.
- Pode determinar a trajetória dos pneus e a curva de arraste crítica.
- O programa pode identificar manobras em que limitações de giro são provavelmente excedidas.

- Pode operar com qualquer unidade de medida, desde que sejam métricas ou britânicas.

5.4 Limitações

Em JENSEN¹ *apud* CARRASCO (1995) contudo, é mostrado que existem limitações em potencial para modelos cinemáticos como o *AutoTURN*, para simular veículos fora dos padrões, como os que possuem múltiplos reboques, veículos onde a configuração dos eixos produzam efeitos de fricção significantes para o tamanho do arraste, etc. O programa não é indicado para modelar pavimentos de superfícies escorregadias e geladas, que possam afetar o arraste. Uma limitação adicional do programa é o efeito da velocidade e o resultado de forças centrífugas que agem na conversão de um veículo com alta velocidade. Estes efeitos tendem a produzir valores menores de arraste do que em manobras com baixas velocidades.

¹ Jesen, L. G. A Mathematical Model for the Low-Speed Offtracking of Articulated Vehicles That Includes Tire Mechanics. Tese de Mestrado, Universidade de Calgary, Out. 1987 *apud* Carrasco, M. S. E. Turning Vehicle Simulation: Interactive Computer-Aided Design and Drafting Application. Transp. Res. Rec., 1500, 1995.

6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

6.1 Aspectos Gerais

O primeiro sistema que reuniu as características básicas de um SIG foi o Canadian Geographic Information System (CGIS), implementado no Canadá em 1964. Ele foi aplicado para a análise dos dados de inventários de terras. Este sistema auxiliou a resolução de problemas ambientais, pois foi utilizado no desenvolvimento e planejamento de reabilitação de terras agrícolas canadenses. Em seguida foram desenvolvidos os sistemas New York Information System em 1967 e o Minnesota Land Management Information System em 1969. A aplicação destes SIGs restringiu-se às agências federais e estaduais do governo americano e canadense, devido ao custo elevado e os problemas de implementação.

Nas décadas seguintes ocorreram avanços significativos em equipamentos e *softwares*, possibilitando assim o desenvolvimento de sistemas mais potentes e novas aplicações. Além disso, os novos equipamentos tiveram redução em seus custos, tornando os SIGs uma tecnologia de rápida difusão e aceitação.

A tecnologia de SIG é utilizada por milhares de organizações em todo o mundo, para uma grande variedade de aplicações e trabalhos de diferentes áreas e profissões. Este campo tem crescido de 25 a 40 % por ano; os rendimentos da indústria do SIG provavelmente excederá um bilhão de dólares nos próximos dois ou três anos, e se os negócios continuarem neste ritmo, mais de um milhão de pessoas estarão utilizando esta tecnologia até o ano 2000 (Dangermond, 1992).

Apesar dos SIGs já existirem há mais de três décadas, a literatura relacionada ao seu desenvolvimento é bastante escassa e dispersa, e na sua maioria relata o progresso alcançado pelos países desenvolvidos. No Brasil, poucas empresas se destacam pela produção técnica nesta área, e quando isto ocorre existe sempre um vínculo com instituições públicas, sejam elas universidades ou institutos de pesquisa. Sendo esta uma das razões para praticamente não existir literatura em língua portuguesa sobre o assunto (Teixeira et al., 1995).

6.2 Definição e Características

Um SIG pode ser definido como uma coleção organizada de *hardware*, *software* e dados geográficos desenvolvidos para capturar, armazenar, atualizar, manipular, avaliar e mostrar de modo eficiente todas as formas de informação referenciadas geograficamente.

Um SIG pode armazenar dados referenciados geograficamente num formato raster (dados espaciais expressados por uma matriz de células ou pixels) ou vetorial (dados posicionados na forma de coordenadas x, y), como pontos (nós), linhas (arcos) e polígonos (limitados por arcos, fechando uma área). Os SIGs modernos armazenam a topologia (posição e a sua relação de vizinhança ou de conexão com outros elementos) dos dados mapeados. As informações pertencentes às várias características espaciais (como propriedades, tipo de solo ou vegetação, logradouro, distâncias, etc.) são armazenadas como atributos em tabelas numa base de dados. Um SIG é caracterizado por sua capacidade de integrar camadas de dados orientados espacialmente através de aproximações que permitem compartilhar informações para a resolução de problemas.

Os SIGs específicos para transportes são conhecidos como SIG-T, e eles possuem várias aplicações:

- Planejamento e operação de rodovias ou trânsito;
- Gerenciamento de facilidades e sistemas de cadastro;

- Análise e relatório de acidentes;
- Gerência de pavimentos;
- Planejamento de manutenção;
- Previsão e modelagem da demanda;
- Análise de mercado;
- Avaliação do impacto ambiental;
- Análise de política e regulamentação;
- Planejamento de distribuição, roteamento e programação de veículos;
- Gerenciamento de serviços de emergência.

Segundo ABKOWITZ (1990) as vantagens dos SIG-T, entre outras são:

- A fácil atualização dos dados;
- A descoberta de informação obtida através de interações entre os atributos de transporte;
- O processamento de uma grande quantidade de dados para avaliação espacial;
- A habilidade de mudança de escala e projeção, remoção de distorções;
- A análise de relações espaciais através de aplicações de modelos empíricos e quantitativos.

6.3 Métodos de obtenção dos dados geocodificados

Um SIG requer dados digitais com coordenadas geográficas. DILDINE (1988) lista os métodos de se obter os dados geocodificados:

- Uso de dados digitais já existentes - Nos EUA existe uma quantidade de arquivos disponíveis nos departamentos federais e companhias particulares. Estes arquivos incluem o *U.S. Geological Survey*, que é um programa de mapeamento americano, que produz mapas digitais em grande, média e pequena escala para os EUA. Sendo

que a principal fonte de dados é a *National Digital Cartographic Data Base* (NDCDB) e o *US Bureau of Census TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)*, preparado no censo de 1990 que contém todas as ruas e lotes dos EUA.

- Uso de scanner - o scanner faz uma leitura eletrônica do mapa e o converte para uma imagem raster (de pontos). Como o formato raster não pode representar uma rede conectada, o mapa deve ser editado, convertido para o formato vetorial de arcos e nós através do processo de vetorização, e depois faz-se uma nova edição. Este processo tem um melhor resultado quando o mapa que foi “escaneado” tem um bom desenho.
- Uso de GPS - o *Navigation Satellite Timing and Ranging System* (NAVSTAR) mais conhecido como sistema global de posicionamento, é um sistema de satélites desenvolvido pelo departamento de defesa americano. Atualmente, uma constelação de 26 satélites está em órbita, sendo que 24 estão em funcionamento e 2 são de reserva, numa cobertura de 24 horas diárias. Estes satélites fornecem informações tridimensionais precisas, dentro de um sistema elipsoidal geocêntrico, definido pelo sistema WGS - 84. Para o uso de tais informações, as coordenadas deverão ser transformadas para um sistema plano, que permita trabalhar na superfície topográfica, como o sistema UTM, que é utilizado pelo *software* TransCAD. Esta tecnologia tem o potencial de oferecer uma velocidade até 6 vezes maior do que a digitalização manual.
- Uso da fotogrametria - as técnicas de fotogrametria fornecem um alto grau de precisão, mas elas não são necessariamente mais econômicas do que a digitalização manual. Esta tecnologia pode ser utilizada efetivamente para atualização de bases de mapas.
- Digitalização manual - este método é o mais lento para a entrada de dados numa base cartográfica. Ele é apropriado quando não existe potencial de automação, normalmente devido a documentos com uma base inferior ou quando o projeto é de pequeno porte.

6.4 O TransCAD

O TransCAD 3.0 é um sistema de informação geográfica, que roda em ambiente *Windows* e auxilia os profissionais, as empresas, e as instituições a armazenar, mostrar, gerenciar e analisar dados de transportes. Ele possui aplicações em níveis internacional, nacional, regional, e local e pode ser usado para todos os modos de transporte.

A configuração mínima necessária é:

- Sistema Operacional Windows 3.1, Windows 3.11, Windows NT, ou Windows 95;
- Processador 80486 ou Pentium;
- 16 MB de memória RAM
- De 30 a 60 MB de espaço disponível no disco rígido

6.4.1 Aplicações em Roteamento

O SIG é uma poderosa ferramenta na análise e projeto de rotas, pois ele permite mostrar não somente diferentes rotas, mas também a sequência em que elas são construídas, facilitando a compreensão da lógica do projeto de roteamento. Um SIG adiciona um nível de inteligência e sofisticação para uma base de dados de transporte. Para um segmento de via, um SIG conhece que rotas as cruzam e se existe uma interseção. Em vez de se limitar a perguntas textuais, é capaz de responder questões de aspecto geográficos diretamente, ajustadas intuitivamente. O analista pode perguntar sobre uma série de questões geobaseadas e obter as respostas rapidamente de um modo fácil de entender, codificadas em cores mostradas na tela.

O TransCAD encontra rotas através de redes de transporte, calcula distâncias, tempo de viagem e ainda suporta outras análises e aplicações de modelagem. Uma rede é uma estrutura de dados especial do TransCAD, que guarda importantes características de sistemas de transportes e facilidades.

Uma rede é a representação simplificada de um sistema de transporte. O TransCAD permite que sejam colocados no mapa atributos, de maneira que a representação fique mais realista possível, permitindo assim que restrições, penalidades e atrasos sejam representados, quando são feitas conversões entre ramos de tipos diferentes de uma rede. Existe diversos tipos de ocasiões onde esta ferramenta é útil:

- Quando existem conversões proibidas, por restrições geométricas ou por lei;
- Quando existem barreiras intermediárias, que obstruem o avanço do veículo de um lado para outro de uma rodovia;
- Quando interseções sinalizadas ou congestionadas, resultam no atraso para o tráfego em uma ou mais direções;
- Quando ocorrem atrasos devido a transição para um outro tipo de ramo (exemplo: acessos para rodovias ou praças de pedágio ou túneis).

6.4.1.1 Menor caminho

O TransCAD resolve o problema do menor caminho, partindo de um ponto de origem até o destino, com qualquer número de pontos intermediários. Como foi mostrado no item 4.3.2, o TransCAD utiliza, para encontrar o menor caminho, o algoritmo de Dijkstra.

Quando um problema de menor caminho é resolvido, o TransCAD mostra automaticamente o resultado em quatro diferentes modos:

- O caminho é desenhado no mapa;
- O caminho é adicionado a um sistema de rotas, de maneira que ele aparece numa camada diferente do mapa;
- O custo de cada caminho é mostrado na tela;
- Um roteiro, descrevendo o nome das ruas por onde passa o caminho encontrado, é mostrado num arquivo *Windows Notepad*.

7. PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE VEÍCULO x VIA

Os procedimentos propostos a seguir foram definidos com base numa pesquisa realizada na cidade de São Carlos, que está situada no centro do estado de São Paulo, possui aproximadamente 170.000 habitantes e dista 230 km da cidade de São Paulo.

7.1 Etapas

A sequência adotada para a abordagem do problema é apresentada a seguir:

1. Determinação da área de estudo;
2. Escolha dos caminhos;
3. Desenho das rotas de menor caminho
4. Levantamentos de campo;
5. Desenho das interseções;
6. Simulação das conversões;
7. Análise da compatibilidade.

Vargas e São Carlos, possui 274 interseções e uma área total de 2,15 km². Devido ao decreto nº164 de 19 de outubro de 1994 da Prefeitura Municipal de São Carlos, dentro desta área só é permitido o tráfego de caminhões na avenida São Carlos, sem restrições, entre a rua Raimundo Corrêa e a avenida Getúlio Vargas. E na rua Dona Alexandrina, o tráfego de caminhões é proibido em toda a extensão pertencente a área de estudo.

FIGURA 7.1 - Mapa de São Carlos, mostrando a área de estudo

FIGURA 7.2- Área de estudo

A área escolhida possui um grande movimento de caminhões, pois nela se encontra um grande número de depósitos, transportadoras, fábricas entre outros serviços. Além disso, a avenida Getúlio Vargas é uma das vias de acesso para os veículos oriundos da cidade de São Paulo.

7.1.2 Escolha dos caminhões

Os caminhões escolhidos para serem estudados foram os seguintes: caminhão leve, caminhão médio, caminhão pesado, romeu e julieta, rodotrem e treminhão, como mostra a Figura 7.3 e 7.4:

Caminhão Leve: comprimento máximo - 9,15 m

largura máxima - 2,60 m

Caminhão Médio: comprimento máximo - 13,20 m

largura máxima - 2,60

FIGURA 7.3 Caminhões

Caminhão pesado: comprimento máximo - 20,60 m

largura máxima - 2,60 m

FIGURA 7.3 Caminhões

Romeu e Julieta: comprimento máximo - 18,60 m

largura máxima - 2,60 m

Treminhão: comprimento máximo - 28,80 m

largura máxima - 2,60 m

FIGURA 7.4 - Veículos combinados longos

Rodotrem: comprimento máximo - 27,20 m

largura máxima - 2,60 m

FIGURA 7.4 - Veículos combinados longos

Segundo LAZZARI & WITTER (1991) o Artigo 81 do Código Nacional de Trânsito, que apresenta as dimensões autorizadas para os veículos, cita apenas largura, altura e comprimento máximo. Assim como, a Resolução 631/84 do CONTRAN, que trata dos veículos articulados com mais de duas unidades. Somente estas dimensões não são suficientes para a utilização do *AutoTURN*. Por isso, as dimensões dos caminhões leve e médio foram conseguidas na área de estudo, com auxílio de uma trena, e as dimensões dos outros veículos foram retiradas de RUSSO (1995).

Dos seis tipos de caminhões, os dois primeiros vistos na Figura 7.3 são freqüentemente encontrados no perímetro urbano, o terceiro é um semi-reboque de três eixos, normalmente utilizado para o transporte de cargas de baixa densidade, que necessita de autorização especial para o seu tráfego, pois o seu comprimento excede o máximo permitido pelo CONTRAN, que é de 19,80 m. Os três últimos caminhões vistos na Figura 7.4, apesar, de não serem tão freqüentes, em algumas cidades do interior do estado de São Paulo, existe o movimento urbano destes veículos, devido:

- A existência de cidades que são circundadas por usinas de açúcar e álcool (por exemplo, Piracicaba, Sertãozinho, Américo Brasiliense, etc.);
- A existência de cidades, em locais por onde passam diversas rodovias, sendo que essas cidades não possuem anel viário (por exemplo, Piracicaba).

7.1.3 Desenho das Rotas de Menor Caminho

Nesta etapa foram traçadas as rotas de menor caminho para os caminhões, com auxílio do TransCAD. Foi utilizada uma base de dados da cidade de São Carlos, que foi digitalizada por alunos da pós-graduação do Departamento de Transporte da Escola de Engenharia de São Carlos - USP. Onde foi necessária a colocação dos nomes dos logradouros.

O ponto de origem de todas as rotas foi o primeiro nó pertence a Av. Getúlio Vargas, localizado no lado direito e inferior do mapa. Para os caminhões leve, médio e pesado, os pontos de destino foram as transportadoras localizadas na área de estudo. Foi utilizada a lista telefônica da cidade de São Carlos para a identificação das transportadoras. No total foram localizadas 7 transportadoras na área de estudo, como é mostrado na Figura 7.5. Após a identificação foram feitas ligações para cada transportadora, com o objetivo da confirmação dos seus endereços. Em seguida, as transportadoras foram visitadas, para se obter a posição de cada uma delas, em relação a quadra onde elas estão localizadas.

FIGURA 7.5 - Localização das transportadoras

Para os veículos combinados (romeu e julieta, treminhão e rodotrem) o ponto de destino foi a interseção das ruas São Paulo e 7 de Setembro, como mostra a Figura 7.6. Sendo portanto esta, uma situação onde foi criada uma rota hipotética, caso estes veículos necessitassem atravessar a área de estudo. A Figura 7.7 ilustra um exemplo de rota de menor caminho encontrada pelo TransCAD.

FIGURA 7.6 - Pontos de origem e destino da rota para os veículos combinados longos

Transportadora A

FIGURA 7.7 - Exemplo de uma rota de menor caminho

7.1.5 Levantamentos de Campo

De posse das rotas de menor caminho, foram feitos levantamentos de campo nas interseções, onde os caminhões necessitavam fazer conversões, além de outras que estavam localizadas em áreas onde havia movimento de veículos de carga, ou que apresentavam padrões e configurações diferentes das demais, totalizando 31 interseções. A Figura 7.8 mostra as interseções pesquisadas.

FIGURA 7.8 - Interseções pesquisadas

Os levantamentos de campo foram executados com a TC 400 (teodolito eletrônico), da *Wild*, que tem precisão angular de $6''$ e, para os cálculos das distâncias $5 \text{ mm} \pm 5 \text{ ppm}$ (parte por milhão = 1 mm por km), até a distância de 700 m. As interseções foram levantadas pelo método das irradiações, onde as medidas são tomadas através de um EDM (medidor eletrônico de distância) que emprega o laser com comprimento de onda conhecido, para a determinação do número completo de ciclos e suas frações, através da reflexão em um prisma óptico devidamente calibrado (LEICA, 1995).

Partia-se de um ponto com visibilidade total sobre a área levantada. As leituras foram executadas de maneira a proporcionar o desenho das interseções, através de retas e concordâncias em arcos, dentro da precisão exigida pelo AutoCAD. Na equipe de campo trabalharam, além do operador, que executava as leituras e anotações de

ângulos de distâncias horizontais, um auxiliar de topografia que desempenhava a função de porta prisma.

7.1.6 Desenho das Interseções

As interseções foram desenhadas com os dados levantados no campo, utilizando o AutoCAD, versão 11. Mesmo sabendo da existência da versão 13, utilizado para a edição final das interseções, foi necessário o uso de uma versão anterior, pois o *AutoTURN*, que foi o programa utilizado para se fazer as simulações das conversões é processado no MS-DOS, e a versão 11 é a última versão do AutoCAD que possui esta característica, pois ambos necessitam estar no mesmo ambiente.

Para o desenho das interseções foram criadas 2 camadas, no AutoCAD, a primeira foi chamada de IRRADIAÇÕES, pois nela foram traçadas linhas com as distâncias e ângulos horizontais de cada ponto em relação ao teodolito, que aparece com linhas tracejadas na Figura 7.9. A segunda camada recebeu o nome de FINAL, nela foram feitas as concordâncias entre retas e arcos, que aparece com linhas cheias na Figura 7.9.

FIGURA 7.9 - Desenho das interseções

7.1.7 Simulação das Conversões

Uma vez que todas as interseções estavam desenhadas no AutoCAD e observando as rotas de menor caminho, foram escolhidas as interseções onde as simulações precisavam ser feitas no AutoTURN, para cada tipo de veículo. Para a realização das simulações é necessário que se desenhe a trajetória do veículos. Por isso, primeiramente foram observados os sentidos de direção das vias que formam as interseções estudadas, para que todas as manobras fossem simuladas levando em consideração a segurança. Como resultado, além do desenho da trajetória do veículo, pode-se ver o local onde se encontra a maior largura de ocupação do veículo, no momento da conversão. A Figura 7.10 mostra um exemplo de simulação.

FIGURA 7.10 - Exemplo de simulação

7.1.8 Análise da Compatibilidade

Nesta etapa foram agrupadas todas as simulações necessárias, para cada rota, e através de um exame visual, foi dado um parecer sobre a possibilidade de execução da rota de menor caminho, para cada tipo de veículo de carga. Isto é apresentado em detalhe no capítulo 8.

8. RESULTADOS

Neste capítulo encontram-se todos os resultados obtidos para as rotas de menor caminho e as simulações necessárias. Como foi descrito no capítulo 7, para os caminhões leve, médio e pesado é mostrado qual seria o menor caminho da entrada da área de estudo até as transportadoras localizadas nesta área, junto com as respectivas simulações. E para os veículos combinados é mostrada uma rota de menor caminho hipotética, caso estes veículos necessitassem atravessar a área de estudo, e as simulações dos mesmos.

8.1 Transportadora A

Os resultados podem ser visualizados através das Figuras 8.1 a 8.13:

FIGURA 8.1 - Menor caminho para a Transportadora A

TABELA 8.1 - Rota nº 1

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0.04 km	0.04 km
Conversão a direita	Oeste na R. Raimundo Corrêa	1.09 km	1.13 km
Conversão a direita	Norte na R. Major Manoel Antônio de Mattos	0.72 km	1.85 km
Conversão a esquerda	Norte na Av. Comendador Alfredo Maffei	0.16 km	2.00 km
Conversão a direita	Norte na R. Marcolino Lopes	0.20 km	2.20 km

A medida indicada nas figuras representa o local onde o veículo tem a maior ocupação no momento da manobra.

FIGURA 8.2 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.3 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.4 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.5 - Conversão do caminhão leve da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla).

FIGURA 8.6 - Conversão do caminhão médio da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla).

FIGURA 8.7 - Conversão do caminhão pesado da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla).

FIGURA 8.8 - Conversão do caminhão leve da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla).

FIGURA 8.9 - Conversão do caminhão médio da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla).

FIGURA 8.10 - Conversão do caminhão pesado da R. Maj. Manoel A. de Mattos (mão dupla) para a Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla).

FIGURA 8.11 - Conversão do caminhão leve da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla).

FIGURA 8.12 - Conversão do caminhão médio da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla).

FIGURA 8.13 - Conversão do caminhão pesado da Av. Com. Alfredo Maffei (mão dupla) para a R. Marcolino Lopes (mão dupla).

Nesta rota seriam necessárias 4 conversões, sendo que na interseção da R. Raimundo Corrêa com a R. Maj. Manoel A. de Mattos, como é visto nas Figuras 8.5, 8.6, 8.7, os caminhões passam por cima do meio-fio, quando fazem a manobra. Esta rota não poderia ser realizada, levando em consideração os aspectos de segurança.

8.2 Transportadora B

Os resultados são apresentados através das Figuras 8.14 a 8.17:

FIGURA 8.14 - Menor caminho para a Transportadora B

TABELA 8.2 - Rota n° 2

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0.04 km	0.04 km
Conversão a direita	Oeste na R. Raimundo Corrêa	1.97 km	2.01 km

FIGURA 8.15 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.16 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.17 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Raimundo Corrêa (mão dupla).

Esta rota poderia ser realizada sem o menor problema. Seria necessário apenas uma conversão, onde os veículos não teriam a menor dificuldade, para a realização das manobras.

8.3 Transportadora C

Os resultados são vistos das Figuras 8.18 a 8.21:

FIGURA 8.18 - Menor caminho para a Transportadora C

TABELA 8.3 - Rota nº3

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0,04 km	0,04 km
Conversão a direita	Oeste na R. Raimundo Corrêa	0,35 km	0,40 km

FIGURA 8.19 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.20 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.21 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

Esta rota poderia ser realizada pelos caminhões, visto que na rota nº3 seria necessário apenas uma conversão, onde os caminhões não encontrariam nenhuma dificuldade para a realização das manobras.

8.4 Transportadora D

Os resultados obtidos são apresentados pelas Figuras 8.22 a 8.25:

FIGURA 8.22 - Menor caminho para a Transportadora D

TABELA 8.4 - Rota nº 4

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	1.39 km	1.39 km
Conversão a direita	Norte na R. Rocha Pombo	0.26 km	1.65 km

FIGURA 8.23 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para R. Rocha Pombo (mão dupla).

FIGURA 8.24 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Rocha Pombo (mão dupla).

FIGURA 8.25 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Rocha Pombo (mão dupla).

Como foi visto nas Figuras 8.23, 8.24 e 8.25, nesta rota os caminhões não poderiam realizar as conversões de forma segura, pois seria necessário passar sobre o meio-fio. Por motivo de segurança esta rota não poderia ser feita.

8.5 Transportadora E

Os resultados são visualizados pelas Figuras 8.26 a 8.29:

FIGURA 8.26 - Menor caminho para a Transportadora E

TABELA 8.5 - Rota nº 5

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0.82 km	0.82 km
Conversão a direita	Norte na R. Carlos Fleischman	0.13 km	0.95 km

FIGURA 8.27 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).

FIGURA 8.28 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).

FIGURA 8.29 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Carlos Fleischman (mão dupla).

Para esta rota, somente o caminhão leve consegue realizar a conversão necessária. Os demais encontram problemas e precisam invadir o meio-fio para a realização da manobra.

8.6 Transportadora F

Os resultados são apresentados pelas Figuras 8.30 a 8.33:

FIGURA 8.30 - Menor caminho para a transportadora F

TABELA 8.6 - Rota nº 6

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	1.39 km	1.39 km
Conversão a direita	Norte na R. Amadeu Amaral	0.06 km	1.45 km

FIGURA 8.31 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).

FIGURA 8.32 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).

FIGURA 8.33 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Amadeu Amaral (mão única).

Para esta rota, nenhum caminhão consegue realizar a conversão de maneira segura, pois todos precisam invadir o meio-fio, para a realização da manobra.

8.7 Transportadora G

Os resultados , com base nas Figuras 8.34 a 8.40, foram os seguintes:

FIGURA 8.34 - Menor caminho para a Transportadora G

TABELA 8.7 - Rota nº 7

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0.04 km	0.04 km
Conversão a direita	Oeste na R. Raimundo Corrêa	0.75 km	0.79 km
Conversão a esquerda	Sul na R. José Barnabé	0.11 km	0.90 km

FIGURA 8.35 - Conversão do caminhão leve da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.36 - Conversão do caminhão médio da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.37 - Conversão do caminhão pesado da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.38 - Conversão do caminhão leve da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé(mão dupla).

FIGURA 8.39 - Conversão do caminhão médio da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé (mão dupla).

FIGURA 8.40 - Conversão do caminhão pesado da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. José Barnabé (mão dupla).

Para esta rota, os caminhões não encontrariam nenhuma dificuldade para executar as conversões, sendo portanto perfeitamente possível realizá-las.

8.8 Veículos Combinados

Os resultados são mostrados pelas Figuras 8.41 a 8.47:

Rota para Veículos Combinados

FIGURA 8.41 - Menor caminho para os veículos combinados

TABELA 8.8 - Rota nº 8

Manobra	Direção	Distância	Distância Acumulada
Começo	Oeste na Av. Getúlio Vargas	0.04 km	0.04 km
Conversão a direita	Oeste na R. Raimundo Corrêa	1.67 km	1.72 km
Conversão a direita	Norte na R. São Paulo	1.25 km	2.97 km

FIGURA 8.42 - Conversão do Romeu e julieta da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a Av. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.43 - Conversão do Rodotrem da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.44 - Conversão do Treminhão da Av. Getúlio Vargas (pista de mão única) para a R. Raimundo Corrêa (mão dupla).

FIGURA 8.45 - Conversão do Romeu e julieta da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).

FIGURA 8.46 - Conversão do Rodotrem da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).

FIGURA 8.47 - Conversão do Treminhão da R. Raimundo Corrêa (mão dupla) para a R. São Paulo (mão única).

Esta rota não poderia de ser feita, pois em todas as conversões necessárias os veículos combinados encontram problemas, necessitando invadir o meio-fio para a realização da manobra.

9. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

9.1 Conclusões

- A metodologia empregada no trabalho se mostrou viável, apesar de ser uma primeira tentativa de analisar a compatibilidade dos gabaritos dos caminhões brasileiros com a geometria das interseções urbanas, podendo até ser empregada em áreas maiores, para o auxílio no gerenciamento de tráfego de caminhões que trafegam numa área urbana.
- O *TransCAD*, que foi utilizado para achar rotas de menor caminho para os caminhões estudados, foi uma ferramenta muito útil e de fácil manuseio. Mas, um detalhe muito importante que deve ser ressaltado, é que a rede onde se procura o menor caminho, deve ter os seus arcos e nós conectados. Isso só pode ser observado, utilizando o *zoom*. Dependendo de como foram obtidos os dados geocodificados, pode ser que seja preciso uma reedição de toda a rede.
- O *AutoTURN*, que foi o programa de simulação utilizado na pesquisa, apresentou algumas dificuldades para a sua instalação. A versão utilizada, que é a 2.0, é processada em ambiente MS - DOS, e apresenta incompatibilidade com o sistema operacional Windows 95. Por isso foi necessário desinstalar os demais programas do computador utilizado, deixando apenas o MS - DOS, o *AutoCAD* versão 11, e o *AutoTURN*. Uma vez instalado, não ocorreram problemas para a sua utilização, sendo que as simulações eram feitas rapidamente.
- A etapa de levantamentos de campo foi dificultada devido à necessidade do deslocamento dos equipamentos (teodolito eletrônico e prisma) em várias interseções da área de estudo.

- Em todas as simulações realizadas, houve a preocupação de mostrar o que aconteceria se o motorista, ao realizar a conversão, não invadisse a faixa adjacente. Por isso, onde não havia espaço suficiente para a realização da manobra, obedecendo esta exigência, os caminhões invadiram o meio-fio.
- Analisando as rotas de menor caminho, obtidas através do TransCAD, de um total de 7 rotas, apenas as rotas nº 2, nº 3 e nº 7 podem ser executadas pelos caminhões leve, médio e pesado, e a rota nº 5 somente o caminhão leve consegue realizar. A menor rota encontrada para os veículos combinados, na prática não poderia ser realizada, pois todos os veículos encontram problemas para realizar as conversões necessárias.
- Como as dimensões dos veículos e a geometria das interseções estudadas são reais, e sabendo que existe um grande movimento de caminhões nesta área, com exceção dos veículos longos para os quais foi criada uma rota de menor caminho hipotética, pode-se concluir que, na prática, a maioria das manobras executadas ou invadem a faixa adjacente ou o meio-fio, provocando então uma situação de insegurança no tráfego.
- Foi observado que na área de estudo quase não existe sinalização para auxiliar os motoristas de caminhão. As poucas placas existentes não especificam qual o tipo de caminhão que tem o seu tráfego proibido.
- Foram analisadas 7 rotas para 3 tipos de caminhões, e uma rota para 3 veículos combinados longos, provocando 24 situações. No total 30 conversões foram analisadas. Na verdade, uma infinidade de rotas de menor caminho poderiam ser simuladas, pois a área de estudo possui 274 interseções, porém isso iria requerer equipes de campo e de projeto, necessitando auxílio da Prefeitura ou de empresas especializadas.

9.2 Propostas para Trabalhos Futuros

- Análise das desobstruções verticais para o tráfego de caminhões em áreas urbanas.
- Análise do desempenho de caminhões na corrente de tráfego urbano, visando uma boa fluidez no tráfego.

- Estudo de facilidades para o acesso de caminhões na área urbana.
- Implantação de sinalização restritiva para caminhões na área urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABKOWITZ, M.; WALSH, S.; HAUSER, E; MINOR, L. (1990). Adaption of Geographic Information Systems to Highway Management. *J. Transp. Engrg.*, n. 116, v.3, p. 310-327, May/Jun.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (1994). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.*. Washington, D.C., EUA.
- ASCE COMMITTEE ON URBAN GOODS MOVEMENT (1989). Issues and Problems of Moving Goods in Urban Areas. *J. Transp. Engrg.*, n. 115, v.1, p. 4-19.
- CALIJURI, M. L.; ROHM, S. A. (1993) *Sistemas de Informações Geográficas*. Imprensa Universitária. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 1993.
- CALIPER (1992). *TransCAD Manual Supplement Version 2.1. User's Guide*. Newton, Massachusetts, EUA.
- CALIPER (1996). *TransCAD Version 3.0. User's Guide*. Newton, Massachusetts, EUA.
- CARRASCO, M. S. E. (1995). Turning Vehicle Simulation: Interactive Computer-Aided Design and Drafting Application. TRB, *Transp. Res. Rec.*, n.1500, p. 1-11.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRAFEGO - SP (1978a). Projeto de Interseções em Nível - Canalizações. Boletim Técnico 15. São Paulo.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRAFEGO - SP (1978b). Áreas de Estacionamento e Gabaritos de Curvas Horizontais. Boletim Técnico 33. São Paulo.

- CHRISTIE, A. W. (1985). Problems of Road Layout Arising from the Use of Long Vehicles. *Traffic Engineering & Control*. v. 26, n. 718, p. 354-365.
- DANGERMOND, J (1992). What is a Geographic Information System (GIS)? Geographic Information System (GIS) and Mapping - Practices and Standards. ASTM STP, n.1126. Philadelphia. p. 11 - 17.
- DILDINE, G. (1988). Geographic Information Systems Task Force. *Feasibility Report*. North Carolina Department of Transportation. Division of Highways, Raleigh, N.C.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1974). Normas para o Projeto Geométrico de Interseções de Vias Urbanas.. Diretoria de Planejamento. Rio de Janeiro. 94 p.
- FAMBRO, D. B.; MASON JR., J. M.; CLINE, N. S. (1988). Intersection Channelization Guidelines for Longer and Wider Trucks. TRB, *Transp. Res. Rec*, n.1195, p.48-63.
- HANSEN, J. C. S.; PALMER, S. L.; KHAN, M. (1988). Planning Urban Access for Large Combination Trucks. TRB, *Transp. Res. Rec*, n.1166, p.22-30.
- LAZZARI, C.F.; WITTER, I. R.R. (1991). Nova Coletânea de Legislação de Trânsito. 6ª ed. Porto Alegre, Sagra.
- LEICA (1995). *TC 400 User's Manual*. Heerbrugg, Suíça.
- MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. (1991). *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. Longman Scientific and Technical. Essex, Inglaterra.
- MILLAR, D. S.; WALTON, C. M. (1985). Offtracking of the Larger Combination Commercial Vehicles. TRB, *Transp. Res. Rec*, n.1026, p.62-65.
- O'DAY, J.; KOSTYNIUK, L. P. (1985). Large Trucks in Urban Areas: A Safety Problem? *J. Transp. Engrg.*, ASCE, n.111, v.3, p. 303-317.
- OGDEN, K. W. Truck Movement and Access in Urban Area. *J. Transp. Engrg.*, ASCE, n.117, v.1, p. 71-90.

- PHILLIPS, D. T., RAVIDRAN, A., SOLBERG, J. J.(1976). Operations Research: Principles and Praticce. John Wiley & Sons. USA. ✓
- RUSSO, M. R. A. (1995). *O Impacto de Manobras de Veículos Combinados sobre a Geometria Horizontal de Interseções Rodoviárias*. 162p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo.
- SHEFFI, Y. (1985). Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- TEIXEIRA, A. L. *et al.* (1995). A História dos SIGs. *FATOR GIS - A Revista do Geoprocessamento*, n.10, Ed. Sagres, p. 21- 26.
- TEIXEIRA, A. L.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. (1992) Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica. Rio Claro, Edição do autor, 80p.
- TRANSOFT SOLUTIONS (1992). *AutoTurn User's Manual*. Richmond, B.C.,USA.
- TRB (1989). Provinding Acess for Large Trucks. *Transportation Research Board*. TRR. Special Report 223. National Research Council . Washington, D. C.

APÊNDICE - GEOMETRIA DAS INTERSEÇÕES

INTERSEÇÃO 1

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 1		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	7.71 m
2	06°00'12"	7.56 m
3	140°48'09"	7.02 m
4	23°06'42"	6.01 m
5	29°18'08"	4.92 m
6	177°24'42"	11.99 m
7	150°42'46"	16.58 m
8	74°33'31"	10.43 m
9	66°48'42"	11.27 m
10	62°54'27"	12.68 m
11	65°02'56"	14.64 m
12	70°25'16"	17.47 m
13	67°08'10"	31.59 m
14	47.19'57"	20.51 m
15	44°05'03"	19.56 m
16	39°27'19"	19.28 m
17	36°10'31"	19.87 m
18	33°38'58"	21.30 m
19	23°28'30"	33.51 m
20	09°39'47"	34.21 m
21	12°00'57"	19.86 m
22	11°47'53"	16.98 m
23	09°36'47"	15.92 m
24	05°30'20"	15.56 m
25	359°35'15"	15.67 m

INTERSEÇÃO 2

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 2		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	27.47 m
2	353°12'53"	18.98 m
3	318°48'44"	10.29 m
4	308°11'06"	9.13 m
5	299°17'59"	8.00 m
6	294°53'07"	7.29 m
7	134°07'06"	17.21 m
8	157°47'53"	19.98 m
9	254°15'25"	11.94 m
10	255°54'17"	12.88 m
11	254°11'59"	14.48 m
12	248°55'58"	16.72 m
13	223°45'48"	35.01 m
14	234°39'27"	38.99 m
15	262°07'26"	24.73 m
16	274°31'56"	23.00 m
17	279°34'25"	22.98 m
18	282°30'27"	23.69 m
19	285°49'24"	25.27 m
20	296°56'22"	48.00 m
21	306°57'12"	57.40 m
22	304°41'12"	24.60 m
23	306°37'23"	22.34 m
24	310°09'24"	20.85 m
25	318°15'23"	20.74 m
26	336°23'57"	25.00 m
27	351°47'57"	44.36 m

INTERSEÇÃO 3

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 3		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	18.65 m
2	316°57'24"	4.13 m
3	285°54'58"	2.70 m
4	201°18'72"	1.75 m
5	159°28'47"	2.29 m
6	106°42'46"	18.80 m
7	137°51'12"	16.43 m
8	182°43'55"	10.00 m
9	195°24'35"	10.47 m
10	202°55'02"	12.41 m
11	203°13'22"	14.87 m
12	196°32'05"	30.68 m
13	210°49'09"	32.12 m
14	229°14'17"	17.94 m
15	235°49'49"	16.88 m
16	243°28'26"	17.15 m
17	248°48'30"	18.71 m
18	262°52'19"	32.13 m
19	277°02'55"	30.44 m
20	273°45'28"	16.02 m
21	276°16'08"	13.08 m
22	284°38'06"	11.68 m
23	297°25'03"	11.75 m
24	340°18'56"	22.45 m

INTERSEÇÃO 4

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 4		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	14.10 m
2	305°28'47"	2.28 m
3	243°26'10"	1.88 m
4	200°02'26"	2.15 m
5	160°22'55"	2.85 m
6	108°15'41"	14.84 m
7	135°05'47"	17.40 m
8	180°45'53"	10.57 m
9	190°23'37"	10.89 m
10	195°51'02"	12.07 m
11	196°42'49"	13.97 m
12	192°32'14"	28.25 m
13	207°56'23"	29.27 m
14	223°06'05"	17.27 m
15	228°31'51"	16.01 m
16	233°18'51"	15.85 m
17	237°39'39"	16.33 m
18	257°49'39"	30.08 m
19	273°03'58"	27.93 m
20	267°18'15"	12.80 m
21	268°01'29"	11.69 m
22	273°03'53"	10.42 m
23	284°01'11"	9.88 m
24	333°38'25"	17.26 m

INTERSEÇÃO 5

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 5		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	30.14 m
2	183°21'29"	38.86 m
3	194°49'36"	39.13 m
4	215°02'37"	15.88 m
5	220°31'09"	14.18 m
6	227°36'42"	13.52 m
7	237°12'37"	14.13 m
8	276°18'35"	28.75 m
9	289°44'06"	21.24 m
10	283°00'54"	14.38 m
11	281°45'53"	12.34 m
12	284°40'43"	10.93 m
13	295°55'00"	9.91 m
14	310°39'03"	11.14 m
15	345°58'07"	31.77 m

INTERSEÇÃO 6

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 6		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	26.40 m
2	328°27'55"	3.58 m
3	166°55'20"	2.60 m
4	117°05'37"	6.24 m
5	89°06'55"	9.94 m
6	66°11'16"	11.01 m
7	28°42'04"	24.65 m
8	71°51'59"	18.97 m
9	79°16'54"	19.80 m
10	81°25'24"	21.31 m
11	78°15'32"	29.37 m
12	92°34'32"	31.06 m
13	135°08'10"	13.67 m
14	128°53'59"	13.10 m
15	161°09'48"	14.61 m
16	167°06'37"	19.06 m
17	161°46'50"	54.46 m
18	170°16'43"	54.76 m
19	175°38'26"	37.57 m
20	178°06'34"	35.92 m
21	182°15'38"	36.62 m
22	183°07'46"	38.15 m
23	181°57'17"	60.86 m
24	188°50'42"	60.96 m
25	192°33'48"	43.15 m
26	194°21'29"	40.08 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 6		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	197°40'43"	37.72 m
28	201°32'07"	36.72 m
29	206°57'59"	36.56 m
30	223°46'55"	44.18 m
31	231°27'58"	37.52 m
32	215°42'13"	29.24 m
33	211°07'36"	26.70 m
34	208°10'26"	23.74 m
35	207°45'56"	20.73 m
36	211°34'59"	17.58 m
37	299°43'03"	10.47 m

INTERSEÇÃO 7

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 7		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	17.34 m
2	322°03'34"	2.84 m
3	260°13'38"	2.12 m
4	227°04'30"	2.45 m
5	195°53'29"	2.75 m
6	164°48'53"	3.17 m
7	108°37'53"	14.16 m
8	133°31'00"	18.22 m
9	172°29'57"	11.20 m
10	186°57'59"	10.96 m
11	193°59'42"	11.91 m
12	195°02'43"	13.38 m
13	190°34'04"	30.79 m
14	204°49'50"	31.86 m
15	220°43'47"	17.56 m
16	226°21'54"	15.93 m
17	230°57'30"	15.87 m
18	235°16'48"	16.68 m
19	258°52'03"	35.83 m
20	272°25'57"	33.95 m
21	265°28'09"	13.27 m
22	264°56'12"	11.45 m
23	271°01'39"	9.98 m
24	278°52'38"	9.78 m
25	339°30'11"	21.63 m

INTERSEÇÃO 8

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 8		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	262°21'04"	8.39 m
2	277°39'07"	7.49 m
3	295°45'22"	6.53 m
4	314°40'17"	4.99 m
5	352°38'56"	2.36 m
6	106°59'48"	18.65 m
7	255°35'10"	19.20 m
8	282°51'30"	15.52 m
9	289°58'58"	15.27 m
10	295°47'52"	15.89 m
11	297°30'25"	17.76 m
12	294°56'39"	36.72 m
13	307°08'24"	38.03 m
14	318°29'14"	21.64 m
15	320°33'53"	20.10 m
16	323°56'53"	19.25 m
17	330°15'15"	19.32 m
18	333°18'53"	20.04 m
19	353°10'05"	30.61 m
20	359°25'08"	17.91 m
21	353°49'35"	14.71 m
22	350°00'18"	13.26 m
23	347°56'31"	11.78 m
24	351°12'21"	10.23 m
25	358°37'37"	9.45 m
26	88°40'43"	20.56 m

INTERSEÇÃO 9

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 9		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	44.15 m
2	359°05'22"	30.42 m
3	358°50'35"	27.95 m
4	359°50'10"	25.71 m
5	03°23'22"	24.02 m
6	09°27'53"	23.54 m
7	27°31'23"	25.98 m
8	38°00'23"	20.47 m
9	17°35'57"	17.05 m
10	09°38'13"	16.45 m
11	02°32'42"	15.27 m
12	355°50'52"	12.85 m
13	353°00'29"	9.85 m
14	337°23'35"	3.65 m
15	190°12'41"	10.57 m
16	188°38'20"	11.96 m
17	185°10'41"	12.76 m
18	181°00'46"	13.02 m
19	139°34'09"	17.55 m
20	145°39'58"	23.51 m
21	177°08'00"	19.23 m
22	182°06'51"	19.35 m
23	185°32'35"	20.34 m
24	185°58'30"	21.66 m
25	184°59'27"	32.55 m
26	196°04'11"	40.88 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 9		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	201°42'08"	29.39 m
28	203°20'42"	27.48 m
29	207°00'00"	25.72 m
30	206°57'20"	25.77 m
31	213°51'53"	25.17 m
32	219°19'17"	26.58 m
33	234°45'10"	35.45 m
34	235°56'33"	23.53 m
35	228°32'53"	19.80 m
36	225°21'08"	18.29 m
37	224°07'36"	16.08 m
38	228°47'10"	13.63 m
39	253°50'39"	10.38 m
40	280°28'45"	10.07 m
41	289°55'45"	11.08 m
42	296°43'45"	13.35 m
43	298°57'59"	18.33 m
44	289°49'10"	27.92 m
45	300°06'14"	29.68 m
46	313°09'16"	20.26 m
47	319°34'28"	14.64 m
48	330°36'02"	18.87 m
49	300°52'13"	30.04 m
50	311°04'08"	36.35 m
51	328°54'45"	27.57 m
52	335°31'42"	26.62 m
53	339°56'08"	27.52 m
54	342°25'27"	29.40 m
55	347°36'52"	39.62 m

INTERSEÇÃO 10

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 10		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	21.40 m
2	33°44'17"	4.98 m
3	62°08'31"	3.11 m
4	122°46'33"	2.42 m
5	179°42'34"	3.94 m
6	228°35'12"	10.60 m
7	215°23'43"	21.41 m
8	158°31'31"	11.70 m
9	152°40'07"	12.28 m
10	148°07'15"	13.67 m
11	147°37'13"	14.69 m
12	151°46'51"	22.66 m
13	135°10'44"	26.87 m
14	120°01'19"	17.37 m
15	115°40'39"	16.84 m
16	111°01'06"	17.44 m
17	89°26'27"	33.30 m
18	75°46'53"	30.50 m
19	80°07'05"	18.10 m
20	77°05'06"	15.82 m
21	69°13'17"	13.88 m
22	57°19'58"	13.32 m
23	26°35'13"	20.35 m

INTERSEÇÃO 11

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 11		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	14.14 m
2	343°00'15"	3.27 m
3	219°06'09"	2.19 m
4	214°35'48"	4.22 m
5	226°57'31"	7.61 m
6	233°29'13"	8.85 m
7	243°01'39"	11.46 m
8	230°41'26"	22.37 m
9	224°40'37"	21.10 m
10	217°40'56"	21.15 m
11	208°36'10"	24.03 m
12	200°39'33"	32.51 m
13	186°28'13"	30.71 m
14	189°28'16"	21.90 m
15	188°55'18"	18.01 m
16	183°42'55"	15.53 m
17	173°02'34"	14.15 m
18	155°35'36"	15.27 m
19	123°46'56"	24.78 m
20	106°59'07"	17.57 m
21	112°49'38"	13.02 m
22	114°04'09"	10.48 m
23	108°55'41"	8.25 m
24	94°30'38"	6.88 m
25	30°42'58"	15.42 m

INTERSEÇÃO 12

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 12		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	19.59 m
2	330°23'01"	2.59 m
3	242°03'31"	0.75 m
4	136°26'57"	3.25 m
5	119°23'08"	4.64 m
6	82°36'54"	19.05 m
7	102°04'12"	22.89 m
8	171°40'58"	11.41 m
9	182°30'25"	12.14 m
10	188°05'55"	13.38 m
11	189°36'26"	15.80 m
12	186°52'53"	32.01 m
13	199°41'22"	32.65 m
14	214°21'37"	17.38 m
15	223°55'46"	14.78 m
16	235°02'01"	14.46 m
17	215°15'14"	15.95 m
18	260°55'45"	32.08 m
19	273°41'25"	23.31 m
20	273°41'25"	15.37 m
21	276°56'17"	12.20 m
22	289°44'06"	10.12 m
23	306°57'21"	10.38 m
24	342°49'46"	23.75 m

INTERSEÇÃO 13

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 13		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	10.67 m
2	333°13'42"	2.97 m
3	273°47'29"	1.20 m
4	122°17'14"	2.89 m
5	107°24'43"	10.00 m
6	126°37'37"	24.51 m
7	177°36'08"	9.33 m
8	190°16'07"	9.41 m
9	197°47'20"	10.94 m
10	197°26'39"	13.40 m
11	194°00'29"	25.75 m
12	210°41'44"	27.26 m
13	226°07'35"	16.44 m
14	237°43'25"	14.35 m
15	253°33'04"	16.79 m
16	258°12'23"	21.39 m
17	255°21'39"	28.20 m
18	246°47'36"	36.19 m
19	254°38'00"	40.40 m
20	350°24'25"	34.21 m
21	331°08'52"	18.11 m
22	294°26'18"	18.46 m
23	286°09'50"	17.56 m
24	282°01'47"	14.97 m
25	285°04'36"	11.48 m
26	301°07'57"	10.57 m

INTERSEÇÃO 14

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 14		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	18.07 m
2	281°10'18"	3.44 m
3	235°45'39"	3.25 m
4	180°37'52"	3.34 m
5	98°32'01"	11.98 m
6	84°40'18"	20.42 m
7	65°20'01"	34.59 m
8	72°03'14"	41.93 m
9	122°49'46"	21.61 m
10	129°20'59"	22.59 m
11	132°38'02"	25.74 m
12	131°47'33"	50.29 m
13	141°36'35"	50.09 m
14	179°23'28"	14.04 m
15	192°02'09"	14.38 m
16	195°42'47"	16.92 m
17	193°02'50"	19.16 m
18	185°09'42"	29.01 m
19	194°52'51"	31.71 m
20	216°55'27"	17.41 m
21	223°05'21"	16.83 m
22	230°28'22"	18.50 m
23	246°54'18"	37.31 m
24	258°02'57"	31.82 m
25	253°34'25"	14.82 m
26	260°45'50"	10.38 m
27	273°20'18"	9.52 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 14		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
28	346°32'32"	22,95 m

INTERSEÇÃO 15

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 15		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	28.45 m
2	359°07'16"	21.86 m
3	00°56'45"	19.79 m
4	06°11'53"	18.60 m
5	06°15'35"	11.35 m
6	358°13'56"	10.84 m
7	353°06'21"	9.19 m
8	192°15'22"	10.19 m
9	180°30'14"	32.72 m
10	188°02'53"	35.65 m
11	198°38'06"	22.31 m
12	203°53'55"	21.07 m
13	209°07'03"	21.54 m
14	211°44'43"	22.87 m
15	219°16'09"	31.66 m
16	233°40'31"	30.35 m
17	231°07'30"	18.00 m
18	231°35'52"	14.70 m
19	245°24'03"	12.01 m
20	259°54'02"	12.81 m
21	309°20'00"	52.11 m
22	318°41'38"	51.29 m
23	313°46'25"	19.78 m
24	316°54'49"	17.50 m
25	324°57'20"	16.99 m
26	331°51'19"	18.28 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 15		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	338°15'50"	22.62 m

INTERSEÇÃO 16

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 16		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	7.84 m
2	324°05'22"	3.36 m
3	287°16'48"	2.23 m
4	216°55'54"	1.83 m
5	159°18'45"	2.82 m
6	113°21'48"	13.13 m
7	139°21'48"	16.39 m
8	170°09'15"	10.61 m
9	177°36'51"	10.25 m
10	185°24'08"	10.78 m
11	188°38'31"	12.34 m
12	193°49'55"	21.06 m
13	209°57'49"	21.84 m
14	217°34'15"	13.90 m
15	221°56'41"	12.61 m
16	229°40'34"	12.34 m
17	234°06'12"	13.14 m
18	255°20'12"	21.75 m
19	276°04'11"	22.28 m
20	274°03'31"	16.88 m
21	274°46'20"	14.40 m
22	281°50'02"	11.77 m
23	293°19'44"	10.79 m
24	329°26'07"	13.67 m

INTERSEÇÃO 17

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 17		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	13.97 m
2	285°14'02"	2.45 m
3	247°49'54"	2.86 m
4	227°22'16"	3.58 m
5	202°49'39"	3.63 m
6	112°36'47"	15.47 m
7	135°59'38"	19.39 m
8	179°59'39"	11.61 m
9	191°31'26"	12.05 m
10	197°01'40"	13.61 m
11	198°00'45"	15.96 m
12	194°11'07"	30.58 m
13	208°46'37"	32.13 m
14	220°50'06"	20.27 m
15	225°25'06"	18.03 m
16	230°55'30"	17.04 m
17	237°34'56"	17.56 m
18	241°52'27"	18.90 m
19	257°49'34"	31.04 m
20	272°39'39"	29.03 m
21	266°05'43"	15.12 m
22	263°07'55"	12.57 m
23	263°05'01"	11.28 m
24	270°51'55"	10.59 m
25	287°34'01"	10.69 m
26	331°55'23"	17.24 m

INTERSEÇÃO 18

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 18		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	359°59'06"	8.75 m
2	314°47'31"	3.11 m
3	277°08'49"	2.78 m
4	246°46'42"	3.25 m
5	225°14'42"	3.08 m
6	125°24'40"	9.22 m
7	157°59'01"	12.33 m
8	185°09'27"	9.76 m
9	197°44'12"	9.53 m
10	206°41'25"	10.47 m
11	209°38'27"	12.12 m
12	208°13'52"	13.70 m
13	203°13'59"	26.68 m
14	220°08'05"	28.82 m
15	234°32'54"	18.25 m
16	237°57'55"	16.95 m
17	244°12'15"	15.68 m
18	249°40'40"	16.46 m
19	263°57'21"	25.35 m
20	282°04'46"	22.37 m
21	279°08'08"	14.49 m
22	278°07'00"	13.02 m
23	279°35'29"	11.70 m
24	291°10'54"	10.92 m
25	336°28'57"	16.47 m

INTERSEÇÃO 19

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 19		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	20.78 m
2	308°47'13"	3.16 m
3	261°31'44"	2.84 m
4	237°59'23"	2.86 m
5	219°09'17"	2.67 m
6	104°46'58"	18.81 m
7	123°21'22"	21.95 m
8	179°07'55"	9.39 m
9	189°53'20"	9.35 m
10	196°10'17"	9.93 m
11	200°23'36"	11.74 m
12	191°06'30"	42.61 m
13	202°03'47"	43.22 m
14	224°59'00"	17.90 m
15	230°23'51"	16.62 m
16	236°53'26"	16.37 m
17	242°03'49"	16.79 m
18	246°04'10"	18.31 m
19	261°56'44"	35.54 m
20	273°38'42"	33.95 m
21	267°39'13"	13.59 m
22	266°48'29"	11.93 m
23	271°07'49"	10.91 m
24	347°15'35"	31.28 m

INTERSEÇÃO 20

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 20		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	20.98 m
2	308°38'36"	2.81 m
3	267°03'28"	2.26 m
4	212°36'45"	2.30 m
5	182°39'22"	2.74 m
6	106°14'14"	16.86 m
7	128°18'22"	19.31 m
8	177°39'57"	10.20 m
9	187°28'45"	10.15 m
10	195°15'44"	11.25 m
11	196°39'09"	12.94 m
12	190°50'13"	30.96 m
13	205°05'06"	31.89 m
14	224°52'01"	16.37 m
15	229°49'59"	14.79 m
16	231°46'44"	14.60 m
17	233°43'16"	14.85 m
18	254°03'30"	26.19 m
19	271°13'03"	27.99 m
20	265°01'23"	13.49 m
21	267°38'20"	10.85 m
22	273°20'54"	10.17 m
23	334°26'56"	19.12 m

INTERSEÇÃO 21

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 21		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	36.19 m
2	12°04'11"	20.95 m
3	19°34'29"	18.48 m
4	26°54'48"	18.05 m
5	34°23'37"	19.46 m
6	53°45'44"	35.22 m
7	67°43'13"	32.19 m
8	59°34'16"	14.91 m
9	58°29'47"	12.75 m
10	61°39'17"	11.29 m
11	73°17'04"	9.73 m
12	107°84'98"	11.73 m
13	118°02'41"	13.96 m
14	125°48'07"	17.70 m
15	132°09'03"	28.03 m
16	138°39'16"	71.53 m
17	145°56'02"	70.93 m
18	147°19'00"	49.47 m
19	148°05'13"	42.19 m
20	149°02'15"	41.18 m
21	150°40'49"	41.19 m
22	151°25'50"	41.81 m
23	156°50'42"	69.65 m
24	163°37'59"	65.29 m
25	161°50'54"	24.98 m
26	162°53'40"	22.54 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 21		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	165°14'44"	21.74 m
28	169°40'30"	22.88 m
29	166°34'39"	66.23 m
30	173°37'42"	66.57 m
31	328°04'05"	35.67 m
32	341°48'43"	30.01 m
33	336°49'42"	12.61 m
34	341°31'03"	11.54 m
35	349°02'30"	12.86 m
36	346°27'51"	34.61 m

INTERSEÇÃO 22

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 22		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	46.73 m
2	290°54'17"	14.67 m
3	40°45'17"	13.29 m
4	50°25'44"	13.39 m
5	59°55'06"	14.88 m
6	65°39'19"	18.06 m
7	73°10'55"	43.56 m
8	84°20'25"	43.22 m
9	92°24'57"	18.36 m
10	98°02'44"	15.38 m
11	109°31'43"	13.66 m
12	121°10'12"	14.08 m
13	126°27'23"	14.86 m
14	153°19'25"	38.91 m
15	165°48'08"	37.34 m
16	170°02'34"	37.30 m
17	182°44'25"	38.71 m
18	227°25'12"	11.50 m
19	235°51'04"	11.30 m
20	243°42'08"	12.77 m
21	246°03'23"	13.98 m
22	253°44'39"	42.02 m
23	265°02'14"	42.77 m
24	282°58'56"	13.16 m
25	287°49'15"	12.23 m
26	293°30'54"	12.19 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 22		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	297°38'41"	12.70 m
28	335°56'12"	46.81 m
29	346°13'15"	46.03 m
30	349°40'27"	46.13 m

INTERSEÇÃO 23

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 23		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	48.95 m
2	33°55'23"	13.73 m
3	41°29'44"	12.81 m
4	49°35'12"	13.15 m
5	56°06'10"	14.11 m
6	71°15'27"	42.10 m
7	82°42'30"	41.94 m
8	90°23'02"	16.24 m
9	94°24'06"	14.58 m
10	105°16'09"	13.04 m
11	114°54'15"	13.08 m
12	125°03'40"	14.29 m
13	155°12'17"	42.76 m
14	166°29'34"	41.19 m
15	170°36'34"	37.25 m
16	181°35'24"	43.35 m
17	222°05'51"	12.28 m
18	230°16'48"	12.14 m
19	236°56'04"	12.62 m
20	243°00'22"	14.13 m
21	254°06'53"	42.06 m
22	265°50'39"	42.10 m
23	280°58'59"	14.35 m
24	288°09'03"	13.15 m
25	294°50'41"	13.00 m
26	304°05'24"	14.14 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 23		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	332°59'42"	36.79 m
28	346°03'37"	33.36 m
29	350°49'51"	32.98 m

INTERSEÇÃO 24

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 24		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	76.11 m
2	02°45'11"	69.14 m
3	01°22'32"	67.53 m
4	00°53'09"	66.33 m
5	00°47'22"	64.76 m
6	12°08'06"	30.71 m
7	121°04'12"	14.65 m
8	126°13'12"	16.76 m
9	126°52'06"	18.32 m
10	124°36'30"	20.26 m
11	122°49'46"	21.11 m
12	121°14'40"	21.72 m
13	121°34'36"	33.94 m
14	127°41'28"	30.61 m
15	130°30'28"	29.68 m
16	134°30'27"	29.17 m
17	138°35'27"	29.83 m
18	162°18'37"	50.65 m
19	169°38'41"	47.92 m
20	157°33'24"	30.76 m
21	155°16'51"	28.16 m
22	157°16'12"	24.57 m
23	164°32'32"	23.00 m
24	170°43'11"	23.67 m
25	204°09'58"	43.44 m
26	214°21'18"	39.34 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 24		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	171°01'28"	14.36 m
28	162°24'56"	12.94 m
29	152°49'52"	10.85 m
30	149°30'07"	9.92 m
31	106°53'48"	4.32 m
32	79°37'29"	3.53 m
33	327°22'00"	42.06 m
34	326°08'46"	45.26 m
35	324°02'35"	48.30 m
36	321°08'13"	50.60 m
37	318°13'11"	52.18 m
38	315°20'38"	53.10 m
39	295°29'28"	59.54 m
40	298°54'51"	67.04 m
41	346°03'08"	57.14 m
42	354°30'26"	54.29 m
43	358°41'40"	27.85 m
44	354°19'43"	25.40 m
45	348°20'28"	27.33 m
46	338°42'15"	43.29 m

INTERSEÇÃO 25

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 25		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	48.88 m
2	13°55'41"	22.24 m
3	19°46'48"	21.44 m
4	24°34'20"	22.08 m
5	26°58'00"	23.84 m
6	31°32'17"	52.60 m
7	38°27'44"	52.66 m
8	53°02'44"	11.56 m
9	58°26'50"	10.32 m
10	69°11'46"	9.59 m
11	93°32'15"	9.98 m
12	104°21'33"	11.56 m
13	109°00'13"	13.92 m
14	119°23'15"	44.84 m
15	127°04'31"	44.07 m
16	129°09'10"	25.74 m
17	131°04'44"	23.76 m
18	139°33'57"	23.22 m
19	146°12'17"	24.72 m
20	158°07'49"	50.30 m
21	167°30'04"	48.68 m
22	165°35'44"	20.81 m
23	169°36'28"	19.58 m
24	173°03'25"	21.28 m
25	170°26'45"	56.85 m
26	178°33'26"	56.38 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 25		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	195°45'28"	22.52 m
28	200°14'34"	21.50 m
29	205°23'35"	22.18 m
30	207°17'37"	23.85 m
31	210°27'13"	41.03 m
32	219°46'36"	40.94 m
33	229°17'37"	14.25 m
34	230°16'35"	13.12 m
35	236°29'36"	11.69 m
36	249°33'27"	10.24 m
37	282°33'47"	11.07 m
38	292°32'29"	12.78 m
39	296°09'09"	14.95 m
40	298°56'01"	17.26 m
41	301°50'43"	38.63 m
42	310°49'37"	38.27 m
43	315°11'48"	22.80 m
44	318°01'42"	21.45 m
45	321°08'50"	21.78 m
46	337°22'22"	49.67 m
47	346°38'19"	46.56 m
48	343°30'58"	18.84 m
49	348°30'24"	17.30 m
50	352°00'26"	18.77 m
51	350°02'28"	48.23 m

INTERSEÇÃO 26

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 26		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	33.84 m
2	106°13'02"	12.29 m
3	111°54'34"	14.20 m
4	112°17'16"	16.22 m
5	110°56'13"	17.50 m
6	94°36'46"	38.67 m
7	103°57'58"	45.11 m
8	125°28'44"	24.47 m
9	132°24'52"	23.74 m
10	136°02'23"	24.34 m
11	138°26'01"	25.16 m
12	150°22'04"	49.03 m
13	160°05'41"	45.80 m
14	157°19'07"	20.20 m
15	160°48'11"	18.87 m
16	164°43'31"	19.98 m
17	163°28'35"	49.37 m
18	173°01'25"	50.49 m
19	185°15'04"	24.47 m
20	190°16'07"	22.48 m
21	197°58'47"	21.51 m
22	234°40'06"	23.68 m
23	234°46'51"	16.46 m
24	227°37'37"	15.61 m
25	220°58'42"	13.92 m
26	219°59'10"	11.75 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 26		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	222°46'31"	10.77 m
28	326°48'23"	34.96 m
29	340°45'40"	32.24 m
30	168°54'24"	7.77 m
31	159°34'24"	9.13 m
32	149°11'11"	7.98 m
33	345°41'07"	31.89 m

INTERSEÇÃO 27

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 27		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	41.30 m
2	52°26'12"	10.84 m
3	69°53'93"	11.17 m
4	78°06'01"	13.03 m
5	80°11'11"	15.13 m
6	83°51'04"	49.46 m
7	93°03'03"	49.51 m
8	108°46'15"	16.64 m
9	114°28'22"	15.30 m
10	122°44'13"	15.24 m
11	128°20'37"	16.27 m
12	150°58'58"	37.92 m
13	163°45'05"	35.87 m
14	168°03'27"	35.99 m
15	181°19'04"	36.89 m
16	332°48'00"	42.08 m
17	344°14'32"	39.37 m
18	348°18'14"	39.06 m

INTERSEÇÃO 28

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 28		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	13.51 m
2	87°31'01"	4.62 m
3	101°51'07"	5.07 m
4	119°34'08"	4.93 m
5	136°09'36"	5.27 m
6	237°26'22"	20.27 m
7	218°11'51"	22.62 m
8	152°51'02"	12.29 m
9	146°53'35"	12.80 m
10	144°15'20"	14.05 m
11	145°29'10"	16.10 m
12	153°53'26"	33.46 m
13	139°20'43"	36.50 m
14	122°32'54"	21.85 m
15	118°09'31"	20.40 m
16	111°45'35"	20.03 m
17	106°16'23"	21.08 m
18	102°32'09"	23.06 m
19	91°46'16"	33.84 m
20	78°54'04"	32.96 m
21	84°47'22"	19.36 m
22	85°57'33"	17.00 m
23	83°08'56"	14.87 m
24	72°05'36"	13.65 m
25	25°49'08"	19.48 m

INTERSEÇÃO 29

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 29		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	11.15 m
2	274°11'59"	3.08 m
3	248°28'13"	3.68 m
4	226°48'48"	3.92 m
5	207°59'00"	4.58 m
6	120°45'18"	17.03 m
7	140°09'02"	21.61 m
8	181°17'36"	12.77 m
9	194°49'56"	12.78 m
10	204°38'45"	14.70 m
11	205°14'44"	17.76 m
12	201°05'36"	31.06 m
13	214°52'18"	33.39 m
14	227°55'28"	20.75 m
15	232°01'18"	19.12 m
16	240°00'51"	18.62 m
17	246°33'41"	20.10 m
18	264°43'04"	36.16 m
19	276°13'50"	28.97 m
20	268°43'04"	15.87 m
21	268°34'59"	14.01 m
22	272°24'27"	12.08 m
23	281°23'08"	11.30 m
24	340°04'50"	19.40 m

INTERSEÇÃO 30

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 30		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	161°27'59"	42.66 m
2	151°56'23"	26.80 m
3	145°55'04"	24.78 m
4	141°13'52"	25.44 m
5	138°06'05"	26.08 m
6	125°57'45"	32.03 m
7	98°19'40"	29.41 m
8	104°00'07"	16.50 m
9	104°26'15"	17.80 m
10	102°49'35"	13.08 m
11	94°53'15"	11.13 m
12	84°33'23"	10.65 m
13	75°09'20"	10.90 m
14	67°36'28"	13.10 m
15	68°30'06"	14.81 m
16	71°39'34"	16.91 m
17	81°55'00"	32.83 m
18	67°46'22"	36.01 m
19	40°49'15"	19.05 m
20	36°59'11"	18.35 m
21	31°24'48"	18.47 m
22	28°19'15"	19.76 m
23	13°46'26"	34.23 m

INTERSEÇÃO 31

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 31		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
1	0°	31.82 m
2	03°03'00"	19.16 m
3	03°00'47"	16.83 m
4	355°13'19"	14.72 m
5	347°10'42"	14.74 m
6	307°05'06"	22.41 m
7	288°13'15"	17.67 m
8	335°01'34"	7.03 m
9	349°17'44"	6.63 m
10	02°05'42"	6.13 m
11	18°41'28"	5.27 m
12	35°05'52"	3.95 m
13	90°43'45"	2.52 m
14	124°14'09"	2.89 m
15	151°40'05"	3.39 m
16	176°11'30"	3.76 m
17	210°25'15"	4.54 m
18	253°37'38"	16.85 m
19	233°42'15"	20.96 m
20	209°59'07"	13.56 m
21	205°34'04"	13.25 m
22	202°17'12"	13.78 m
23	203°50'46"	15.54 m
24	222°43'54"	20.34 m
25	210°29'44"	25.90 m
26	186°45'23"	21.47 m

LEVANTAMENTO DE CAMPO		
INTERSEÇÃO 26		
PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL
27	180°25'22"	21.13 m
28	174°53'20"	21.69 m
29	171°06'31"	23.17 m
30	169°57'14"	25.93 m
31	172°10'06"	41.41 m