



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS PONTA GROSSA

DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - PPGE

JOSÉ AGUILAR PILON

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO DO TRANSPORTE
COLETIVO POR ÔNIBUS NA CIDADE DE VITÓRIA-ES**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2009

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

JOSÉ AGUILAR PILON

**SISTEMA DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO DO TRANSPORTE
COLETIVO POR ÔNIBUS NA CIDADE DE VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração Gestão Industrial, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR.

Orientador: Prof. Luciano Scandelari, Dr.

PONTA GROSSA

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

P643

Pilon, José Aguilar

Sistema de informação ao usuário do transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória - ES. / José Aguilar Pilon. -- Ponta Grossa: [s.n.], 2009.

120 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Scandelari

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2009.

1. Transporte coletivo. 2. Sistema de Transporte Inteligente (ITS). 3. Sistemas de Informação. I. Scandelari, Luciano. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. III. Título.

CDD 658.5



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



TERMO DE APROVAÇÃO

Título de Dissertação Nº 107/2009

**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO AO USUÁRIO DE TRANSPORTE COLETIVO POR
ÔNIBUS NA CIDADE DE VITÓRIA-ES**

por

Jose Aguilar Pilon

Esta dissertação foi apresentada às **19 horas e 30 minutos de 13 de fevereiro de 2009** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, linha de pesquisa em **Gestão do Conhecimento e Inovação**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Thalm de Paiva Coelho Junior
(CEFETES)

Prof. Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR)

Profª. Drª. Isaura Alberton de Lima (UTFPR)

Prof. Dr. Luciano Scandelari (UTFPR) -
Orientador

Visto do Coordenador:

João Luiz Kovaleski (UTFPR)
Coordenador do PPGEP

AGRADECIMENTOS

Ao meu Querido Deus, pela realização de um sonho.

Ao meu orientador, professor Dr. Luciano Scandelari, que soube nortear meus passos nesta pesquisa.

Aos meus familiares, que suportaram e compreenderam os momentos de ausência; especialmente à minha esposa Simone e aos meus filhos Bruno e Sarah.

À Funcefetes, pelo apoio financeiro à pesquisa.

Aos professores e servidores do Ifes, pelo incentivo e companheirismo.

*“... e assim chegar e partir são só dois lados da mesma viagem;
o trem que chega é o mesmo trem da partida...”*

Milton Nascimento

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo implementar um sistema de informação capaz de prever e disponibilizar ao usuário, nos pontos de parada, o horário de passagem dos ônibus pertencentes ao sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES. Para a realização do trabalho, foi selecionado um determinado trecho composto de 23 pontos de parada, em uma linha de ônibus. Para a previsão do horário de passagem nos pontos de parada, foram determinados tempos médios a partir de 252 viagens realizadas na linha de ônibus 101, no mês de agosto de 2008. Nesse estudo dos tempos médios e do registro de rastreamento dos ônibus durante sua viagem, foram encontradas diferenças de, aproximadamente, um minuto entre o horário previsto pelo sistema de informação e o horário realizado pelos ônibus, nos três dias de validação. Os resultados alcançados demonstraram a perfeita integração entre as tecnologias da informação e da comunicação utilizadas na previsão e na disponibilização de informações aos usuários de transporte coletivo por ônibus.

Palavras-chave: Transporte coletivo urbano. Sistema de Transporte Inteligente (ITS). Sistema de informação.

ABSTRACT

The objective of this research is the implementation of an information system, available at the bus stop, which will predict and tell the user the time that the buses from the public transportation system covering the city of Vitória-ES will arrive. In order to carry out this research, a bus line was selected and, within this line, a route which covers 23 bus stops was chosen. During the month of August, 2008, 252 trips were analyzed so as to predict the average time the buses would arrive at the bus stops. Having established the average trip time of the buses and their tracking records, differences between the time predicted by the information system and the actual time the buses arrived were below one minute over the three days of validation. The results show a perfect integration between the technologies of the information and the communication used in the prediction and the availability of the information to the users of the bus system.

Keywords: Urban public transportation. Intelligent Transportation System (ITS). Information system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão modal do transporte urbano de passageiros no Brasil	25
Figura 2 – Impactos da transferência de viagens entre modos de transporte	28
Figura 3 – Número de passageiros transportados por mês no modo ônibus urbano.....	30
Figura 4 – Categorias dos sistemas ITS	40
Figura 5 – Sistema de Informações ao Usuário na cidade de Oregon, EUA.....	45
Figura 6 – Comparação dos serviços disponíveis nas gerações de sistemas móveis	48
Figura 7 – Definição de geoprocessamento.....	53
Figura 8 – Características do fuso de projeção no sistema UTM	58
Figura 9 – Relações geométricas envolvidas no posicionamento por GPS	63
Figura 10 – Configuração básica de um SIG	68
Figura 11 – Modelo conceitual do sistema de informação ao usuário	76
Figura 12 – Área de cobertura da rede municipal de transporte.....	78
Figura 13 – Componentes eletrônicos do sistema AVL	88
Figura 14 – Instalação do módulo AVL	89
Figura 15 – Disponibilidade dos satélites GPS em 12/09/2008.....	91
Figura 16 – Resultado do processamento geodésico da linha 101	94
Figura 17 – Planos de informação PI_1 , PI_2 e PI_3	97
Figura 18 – Registros de rastreamento por ponto de parada	99
Figura 19 – Polígonos gerados a partir da análise de corredores	100
Figura 20 – Tempo Médio acumulado PP0 – PP22	108
Figura 21 – Sistema de informação SIU-VIX	110
Figura 22 – Viagem 33 realizada pelo veículo 557 no dia 25/11/2008	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Indicadores comparativos de eficiência dos modos de transporte de passageiros .	27
Tabela 2	– Tipos de sistemas AVL	42
Tabela 3	– Implantações de APTS no exterior	52
Tabela 4	– Caracterização dos sistemas de referência geodésicos adotados no Brasil	55
Tabela 6	– Acurácia planimétrica e altimétrica por meio do posicionamento absoluto	64
Tabela 7	- Descrição do Sistema Municipal de Transportes da cidade de Vitória	77
Tabela 8	– Veículos que operaram na linha 101 no mês de agosto de 2008	80
Tabela 9	– Descrição do registro de rastreamento dos ônibus	85
Tabela 10	– Coordenadas da estação 93960 em SIRGAS2000	92
Tabela 11	– Coordenadas e distâncias planas UTM dos pontos de parada.....	94
Tabela 12	– Criação da faixa horária 5 a partir dos registros de rastreamento	101
Tabela 13	– Interpolação entre pontos de parada.....	103
Tabela 14	– Cálculo do tempo médio entre PP0 e PP1 na faixa horária 10h às 11h	104
Tabela 15	– Comparação entre tempos medidos e calculados	106
Tabela 16	– Desvio Padrão por faixa horária	107
Tabela 17	– Medições do primeiro dia de validação	112
Tabela 18	– Medições do segundo dia de validação	113
Tabela 19	– Medições do terceiro dia de validação	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos modos de transporte urbano de passageiros.....	24
Quadro 2 – Horários previstos referentes ao ponto inicial da linha 101.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM/FM	<i>Automated Mapping/Facility Management</i>
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone Service</i>
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
APTS	<i>Advanced Public Transportation System</i>
ASCII	<i>American Standard Code II</i>
ATIS	<i>Advanced Traveler Information System</i>
ATMS	<i>Advanced Transportation Management System</i>
AVCS	<i>Advanced Vehicle Control Systems</i>
AVL	<i>Automatic Vehicle Location</i>
BD	Banco de Dados
BHTRANS	Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A.
C/A	<i>Coarse Acquisition</i>
CADD	<i>Computer Aided Draft and Design</i>
CCC	Central de Comutação e Controle
CDV	Companhia de Desenvolvimento de Vitória
Cefetes	Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo
CEPT	<i>Conférence Européene dès Postes et Télécommunications</i>
CERTU	<i>Centre d'études sur les Réseaux de Transporte et l'Urbanisme</i>
CITFOR	Controle Integrado de Transportes de Fortaleza
COM	<i>Component Object Model</i>
CVO	<i>Commercial Vehicle Operations</i>
DGPS	<i>Differential GPS</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
ERB	Estação Rádio Base
ETC	<i>Electronic Toll Collection</i>
FDD	<i>Frequency Division Duplex</i>
FTA	<i>Federal Transit Administration</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GIS	<i>Gegraphical Information System</i>
GLONASS	<i>Global Orbiting Navigation Satellite System</i>

GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ifes	Instituto Federal do Espírito Santo
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITS	<i>Intelligent Transportation Systems</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LIS	<i>Land Information System</i>
NAVSTAR-GPS	<i>Navigation System with Timing And Ranging – Global Positioning System</i>
NTU	Associação Brasileira das Empresas de Transporte Urbano
P	<i>Precise or Protected</i>
PD	Pseudodistância
PPS	<i>Precise Positioning Service</i>
PRN	<i>Pseudo Random Noise</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange</i>
SA	<i>Selective Availability</i>
SAAT	Sistema Automatizado de Arrecadação Tarifária
SAD 69	<i>South American Datum 1969</i>
SAO	Sistema de Ajuda à Operação
SCA	Sistemas de Controle Ativo
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIM	Sistema Integrado de Monitoramento
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SIU	Sistema de Informação ao Usuário
SMTc	Sistema Municipal de Transporte Coletivo
SPS	<i>Standart Positioning Service</i>
SPTrans	São Paulo Transportes S.A.
SQL	<i>Structure Query Language</i>

TDMA	<i>Time Division Mutiple Access</i>
TX/RX	<i>Transmit/Receive</i>
UM	Unidade Móvel
UTM	Universal Transversa de Mercator
UTRB	<i>Urban Transportation Research Branch of Transport Canada</i>
WGS 84	<i>World Geodetic System 1984</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2 TEMA E OBJETO DO ESTUDO	19
1.3 JUSTIFICATIVA	19
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.5 HIPÓTESE	20
1.6 OBJETIVOS	21
1.6.1 Objetivo geral	21
1.6.2 Objetivos específicos:	21
1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 TRANSPORTE URBANO	23
2.2 TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS	28
2.2.1 Evolução do transporte coletivo urbano	30
2.2.2 Regulamentação do transporte coletivo urbano	31
2.2.3 Sistema de transporte coletivo urbano por ônibus	32
2.2.3.1 Classificação das linhas	34
2.2.3.2 Pontos de parada	35
2.3 TECNOLOGIAS AVANÇADAS APLICADAS AO TRANSPORTE COLETIVO URBANO	37
2.3.1 Sistemas de transporte inteligente	38
2.3.2 Categorias dos Sistemas de Transporte Inteligente	39
2.3.3 Sistemas avançados de transporte público - APTS	41
2.3.3.1 Sistemas de Informação ao Usuário - SIU	43
2.3.4 Sistemas móveis de telecomunicações e transmissão de dados	45
2.3.5 Aplicações de APTS	48
2.3.5.1 Implantações no Brasil	48
2.3.5.2 Implantações no exterior	51
2.4 GEOPROCESSAMENTO	52
2.4.1 Sistema de referência	53
2.4.1.1 Sistemas de referência geodésicos adotados no Brasil	55
2.4.1.2 Sistema de referência associado ao GPS	56
2.4.1.3 Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM	57
2.4.2 Posicionamento aplicado ao ITS	59
2.4.2.1 Sistema de posicionamento e navegação por satélite GPS	60
2.4.3 Banco de dados	65
2.4.3.1 Dado e informação geográfica	66
2.4.4 Sistema de informações geográficas	67
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	71
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	71
3.1.1 Método de abordagem	71
3.1.2 Natureza da pesquisa	72
3.1.3 Forma da pesquisa	72
3.1.4 Objeto da pesquisa	73
3.1.5 Procedimentos técnicos	73
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	77
3.2.1 Sistema municipal de transporte coletivo na cidade de Vitória-ES	77
3.2.1 Caracterização da linha 101	79

3.2.2 Caracterização do ponto de parada PP22	82
4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO SIU-VIX	84
4.1 RASTREAMENTO DOS ÔNIBUS DA LINHA 101	84
4.1.1 Características técnicas do sistema AVL	86
4.2 LEVANTAMENTO GEODÉSICO DA LINHA 101	89
4.2.1 Planejamento do levantamento.....	90
4.2.2 Coleta dos dados espaciais	91
4.2.3 Processamento e análise dos resultados	92
4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS MÉDIOS ENTRE PONTOS DE PARADA DA LINHA 101	96
4.3.1 Importação dos dados espaciais no SIG	96
4.3.2 Análise espacial dos dados.....	98
4.3.2.1 Análise de proximidade.....	98
4.3.2.2 Análise de corredores	100
4.3.3 Determinação dos tempos médios.....	101
4.3.3.1 Levantamento do tempo de viagem entre pontos de parada.....	105
4.3.3.2 Análise estatística dos tempos médios	107
4.4 ROTINA DE CÁLCULO “TEMPO DE ESPERA”	108
4.5 VALIDAÇÃO DO SISTEMA SIU-VIX	110
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	115
5.1 CONCLUSÕES DE CARÁTER GERAL.....	115
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	117
REFERÊNCIAS.....	118
APÊNDICE A	124
Solicitação do PPGE – UTFPR à Prefeitura Municipal de Vitória-ES	124
APÊNDICE B	125
Caminhamento e Pontos de Parada da Linha 101	125

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A distribuição espacial da população brasileira transformou-se nos últimos cinquenta anos, passando de predominantemente rural a urbana. O último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, no ano de 2006, revelou que a porcentagem da população da área urbana em relação à população total é de 83,3%, praticamente o dobro, se comparada ao ano de 1960 (IBGE, 2007a).

O aumento acelerado da taxa de urbanização, aliado ao crescente número de veículos nas vias urbanas, trouxe sérios problemas para o deslocamento diário de pessoas e produtos. Desde então, o transporte urbano, responsável por facilitar esses deslocamentos, passou a ser tratado pelos pesquisadores como um problema de urbanismo. No entender de Melo (2000), o forte crescimento do tráfego nas cidades não pode ser solucionado apenas com obras de infraestrutura; é preciso pensar na capacidade das vias em termos de fluxo de pessoas e não somente do fluxo de veículos.

Na visão de Ferraz e Torres (2004), o transporte coletivo, público ou de massa, no qual várias pessoas são transportadas juntas em um mesmo veículo, é essencial à vida nas cidades modernas, pois socializa e democratiza o acesso de toda a população ao transporte. Além disso, reduz a poluição ambiental, os acidentes de trânsito, os altos investimentos em infraestrutura e o consumo desordenado de energia. Os modos utilizados com maior frequência no transporte coletivo urbano são: ônibus, bonde, pré-metrô, metrô e trem suburbano.

Vasconcelos (2000), em seu estudo voltado para o transporte urbano nos países em desenvolvimento, afirma que, quanto ao transporte coletivo motorizado, o meio mais utilizado é, indiscutivelmente, o ônibus e suas variações, independentemente da região. Apesar de sua importância, o número de passageiros transportados por ônibus nas principais cidades brasileiras sofreu forte declínio, a partir de 1995. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Transporte

Urbano – NTU, as principais razões que levaram a essa queda foram: a redução da renda dos brasileiros; o aumento das tarifas e surgimento de concorrência, principalmente o transporte clandestino; e o transporte individual motorizado por automóveis e motos (NTU, 2007).

Para reverter esse quadro, possibilitando a movimentação de maior quantidade de pessoas por área ocupada na via pública, é preciso que a atenção central na produção do serviço de transporte coletivo urbano esteja voltada para a principal razão de sua existência: o usuário (ANTUNES *et al*, 2000). Uma das formas que as empresas operadoras e os órgãos gestores estão encontrando para atrair e fidelizar usuários é a utilização de tecnologia aplicada ao transporte.

Essa tecnologia vem sendo conduzida mundialmente por programas denominados ITS – *Intelligent Transportation Systems*, que permitem, por meio da integração das tecnologias da informação e da comunicação, melhorar o nível de serviço prestado. De acordo com Silva (2000), uma das categorias dos ITS são os Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS), que podem, quanto às aplicações, ser divididos em três categorias: Sistema de Informação ao Usuário (SIU), Sistema de Ajuda à Operação (SAO) e Sistema Automatizado de Arrecadação Tarifária (SAAT).

No Brasil, a primeira geração dos ITS aplicada ao transporte coletivo urbano foi voltada à bilhetagem eletrônica, por meio de sistemas automatizados de arrecadação, presente hoje em boa parte das médias e grandes cidades. A segunda geração, que ora se inicia, pretende atuar em sistemas de informação ao usuário e em sistemas de ajuda à operação (NTU, 2007). Segundo Cutolo (2003), as principais barreiras que levam o usuário a não optar pela utilização do transporte coletivo urbano são a ausência de informação relativa ao serviço e/ou sua baixa qualidade.

Experiências internacionais mostram que a implantação de modernos sistemas de transporte dotados de informações aos usuários, como por exemplo, na cidade de Los Angeles, Estados Unidos, trouxe ganhos anuais na demanda de até 6,7% (SCHWEIGER, 2003). No entender de Schein (2003), a informação que traz mais benefícios é o horário atualizado e confiável nos pontos de parada. Essa informação aumenta a tolerância do usuário aos contratempos e melhora a sua mobilidade.

1.2 TEMA E OBJETO DO ESTUDO

O tema deste trabalho é o sistema de informação ao usuário de transporte coletivo por ônibus. O objeto de estudo será a implementação de um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar o horário de passagem dos ônibus em um ponto de parada. O estudo utilizará a linha 101 (Praia do Canto – Rodoviária), pertencente ao Sistema Municipal de Transporte Coletivo (SMTTC) da cidade de Vitória-ES. Nessa linha, o serviço é oferecido de segunda a sábado por meio de micro-ônibus. O ponto de parada escolhido para disponibilizar a informação está localizado em frente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), antigo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (Cefetes).

1.3 JUSTIFICATIVA

Na cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, o SMTTC emprega exclusivamente o modo de transporte ônibus. Em recente pesquisa realizada pela Companhia de Desenvolvimento de Vitória (CDV), constatou-se que, no período de dezembro de 1995 a julho de 2005, houve uma queda de 31% no número de passageiros transportados, seguindo a forte tendência nacional. Um dos motivos apresentados para essa queda acentuada pode ser atribuído à massificação do uso do automóvel, que elevou a taxa de motorização em 32%, no período de 2001 a 2006 (PLANO, 2007).

A ocupação urbana na cidade de Vitória-ES teve incremento significativo a partir de 1960, em consequência da mudança do eixo da economia capixaba, que passou da monocultura cafeeira difusa no interior do Estado para a produção industrial concentrada na região metropolitana. Sua população estimada, conforme a contagem da população em 2007, é de 314.042 habitantes (IBGE, 2007b). A área territorial da cidade de Vitória-ES corresponde a 93 Km². Desse total, 50% é inadequado à expansão da malha viária, devido à topografia marcada pelo mar e pelas montanhas (PLANO, 2007).

Diante desse cenário de altas taxas de urbanização e motorização, aliadas à topografia imprópria para a expansão viária, a pesquisa proposta se justifica como alternativa para a elevação da demanda pelo transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória-ES. Com isso, pretende-se reduzir a poluição ambiental, os congestionamentos, os acidentes de trânsito, as necessidades de investimentos públicos em obras viárias de grande porte e o consumo desordenado de energia.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa consiste em responder ao seguinte questionamento: quais tecnologias da informação e da comunicação devem ser integradas no desenvolvimento de um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar, nos pontos de parada, o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES?

1.5 HIPÓTESE

Os dados espaciais gerados a partir do rastreamento dos ônibus empregando o Sistema de Posicionamento e Navegação por Satélite (GPS), quando enviados a um Banco de Dados (BD) por telefonia móvel (GSM-GPRS), permitem realizar análises capazes de determinar o tempo médio entre os pontos de parada por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). A partir do tempo médio e dos registros de rastreamento on-line, é possível desenvolver um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar nos pontos de parada o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo geral

Implementar um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar, nos pontos de parada, o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES, por meio da integração de tecnologias da informação e da comunicação.

1.6.2 Objetivos específicos:

- extrair do banco de dados da Prefeitura Municipal de Vitória os registros de rastreamento dos ônibus da linha 101 em um determinado período;
- realizar levantamento geodésico dos pontos de parada e do caminhamento da linha 101 empregando o sistema GPS no modo relativo;
- analisar os registros de rastreamento dos ônibus da linha 101, em um determinado período, para a determinação dos tempos médios entre pontos de parada, por meio do sistema SIG;
- desenvolver rotina de cálculo para a previsão do horário de passagem dos ônibus no ponto de parada, com base nos registros de rastreamento enviados on-line e nos tempos médios determinados entre pontos de parada;
- exibir a previsão do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada localizado em frente ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), antigo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (Cefetes);
- validar o sistema de informação ao usuário, comparando o horário de passagem previsto com o horário de passagem real.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

O trabalho está assim organizado: o capítulo 1 contém a introdução, na qual são apresentados a contextualização, o tema e o objeto de estudo, a justificativa, o problema de pesquisa, a hipótese e os objetivos geral e específicos.

O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, que se inicia com a importância do transporte coletivo urbano. Nesse contexto é dada maior ênfase ao sistema de transporte coletivo urbano realizado pelo modo ônibus. A seguir, são abordadas as tecnologias avançadas aplicadas ao transporte coletivo urbano, assim como ao conjunto de técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial dedicadas à coleta, ao armazenamento e à análise.

O capítulo 3 discorre sobre os procedimentos metodológicos que delineiam a pesquisa, dividindo-a em: classificação da pesquisa quanto ao método, à natureza, ao objeto e aos procedimentos técnicos; o modelo conceitual adotado para a solução do problema de pesquisa e a caracterização da área de estudo.

O capítulo 4 apresenta a implementação do sistema de informação ao usuário por meio da integração de tecnologias da informação e comunicação. Primeiramente, são apresentados o rastreamento dos ônibus e o levantamento geodésico da linha estudada; logo após, são determinados os tempos médios entre pontos de parada a partir de análises de proximidade. A seguir, é construída a rotina de cálculo capaz de prever e disponibilizar o horário de passagem dos ônibus da linha estudada em um determinado ponto de parada. Finalmente, são apresentados os resultados obtidos nos três dias de validação do sistema de informação ao usuário de transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória-ES (SIU-VIX).

O capítulo 5 apresenta as conclusões desse estudo com base nos resultados obtidos na pesquisa, como também as recomendações para trabalhos e pesquisas futuras. Por fim, agrupam-se ao trabalho as referências e os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRANSPORTE URBANO

O termo transporte em Física e Geografia está associado à mudança de entes físicos no espaço. Na área de engenharia a denominação é dada ao deslocamento de pessoas e produtos. O deslocamento de pessoas é referido como transporte de passageiros, ao passo que o de produtos é referido como transporte de cargas. Quando os deslocamentos ocorrem no interior das cidades é empregado o termo transporte urbano (FERRAZ e TORRES, 2004).

Para Melo (2000), o transporte está fortemente relacionado à natureza da cidade, influenciando a vida de grande parte da população em seus deslocamentos diários. As cidades brasileiras cresceram em demasia e muito rapidamente nas últimas décadas. Não foi possível realizar um planejamento urbano adequado, capaz de equacionar a elevação da taxa de urbanização com a infraestrutura viária existente. Nesse contexto, Graeml e Graeml (1997, p. 1) afirmam que, mesmo nas cidades brasileiras onde houve um planejamento baseado em projeções futuras, o tráfego urbano também é problemático. De acordo com os autores, “quando Brasília foi projetada esperava-se que por suas ruas viessem a trafegar cem mil automóveis no ano 2000. Em 1996 já havia setecentos mil veículos circulando pelas vias da cidade”.

No entender de Maciel (2008, p. 1), “o tráfego urbano se transformou num dos grandes problemas da humanidade. Afeta todas as classes sociais, as categorias profissionais, a qualidade de vida e gera custos sociais tangíveis e intangíveis”. Segundo o autor, um estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas e divulgado no ano de 2008 estima que os custos sociais, oriundos do transporte urbano, atinjam R\$ 33,5 bilhões por ano: R\$ 27 bilhões que se deixa de produzir e R\$ 6,5 bilhões pela queima desnecessária de combustíveis e pelos problemas gerados na saúde pública.

A solução para melhorar a mobilidade das pessoas não é simples, imediata e muito menos barata. É preciso que haja esforços coordenados e integrados de

vários setores do governo, da sociedade e da indústria (MACIEL, 2008). Na visão de Melo (2000), a abordagem tradicional de gestão do tráfego nas cidades, baseada na expansão da malha viária, levará o problema, mais cedo ou mais tarde, à situação original, isto é, com as vias saturadas pelo tráfego.

A movimentação diária das pessoas nas cidades ocorre em função de diversas necessidades, tais como: trabalho, estudo, compras, lazer e serviço médico, dentre outras. Já a movimentação de produtos ocorre pelas seguintes razões: chegada e saída de insumos e produtos nas indústrias, chegada e saída de mercadorias dos estabelecimentos comerciais, coleta de lixo, movimentação de terra e entulhos etc.

Existem diversos modos empregados na realização do transporte. Segundo Ferraz e Torres (2004, p. 2), “a palavra modo é empregada para caracterizar a maneira como o transporte é realizado”. O Quadro 1 apresenta classes, características e modos comumente utilizados nos deslocamentos diários da população nos centros urbanos das cidades.

Classes	Características	Modos
Privado ou individual	Os veículos são conduzidos por um dos usuários, que pode escolher livremente o caminho e o horário de partida. Há, portanto, total flexibilidade de uso no espaço e no tempo. A capacidade do veículo é pequena e a posse pode ser momentânea.	A pé, bicicleta, motocicleta, carro (incluindo automóvel, perua/van ou camioneta/caminhonete).
Público, coletivo ou de massa	Os veículos pertencem, em geral, a uma empresa e operam em rotas predefinidas e horários fixos. Não há flexibilidade de uso no espaço e no tempo. A capacidade do veículo é grande.	Ônibus, bonde, pré-metrô, metrô e trem suburbano.
Semipúblico	O veículo pertence a uma empresa ou indivíduo e pode ser utilizado por determinado grupo de indivíduos ou por qualquer pessoa, tendo rota e horários adaptáveis aos desejos dos usuários em vários graus.	Táxi, mototáxi, carona programada, lotação, veículo fretado ou alugado.

Quadro 1 – Classificação dos modos de transporte urbano de passageiros

Fonte: Ferraz e Torres (2004), adaptado pelo autor

Na visão de Lauletta (2006), cada modo de transporte tem sua característica própria. As pessoas devem optar por um ou outro que seja mais conveniente à sua necessidade de deslocamento, sendo que, em condições normais de baixo volume de tráfego, todos esses veículos compartilham, de maneira quase harmônica, a utilização do espaço viário.

De acordo com a NTU (2004), os veículos para transporte coletivo urbano podem ser divididos em dois grupos: veículos sobre pneus e veículos sobre trilhos. No primeiro grupo destacam-se a perua ou van, o micro-ônibus, o ônibus convencional, o ônibus padron, o ônibus articulado e o ônibus biarticulado. Esses veículos utilizam energia de origem fóssil ou biológica, com exceção do trólebus, ônibus movido a energia elétrica, presente em algumas cidades brasileiras e em outras partes do mundo. No grupo dos veículos operados sobre trilhos, denominado sistema metroviário, encontramos o bonde ou veículo leve sobre trilho, o metrô e o trem ou trem de subúrbio ou metrô de superfície. Na tração desses veículos podem ser utilizadas energias de origem fóssil, biológica ou elétrica.

A divisão modal do transporte urbano de passageiros no ano de 2007, extraída do sistema de informações da mobilidade urbana publicado pela Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP - para municípios brasileiros com mais de 60 mil habitantes, apresenta dados alarmantes para os gestores públicos. Somente o transporte individual por automóvel equivale à quase totalidade do transporte coletivo em nossas cidades, conforme gráfico apresentado na Figura 1 (ANTP, 2008).

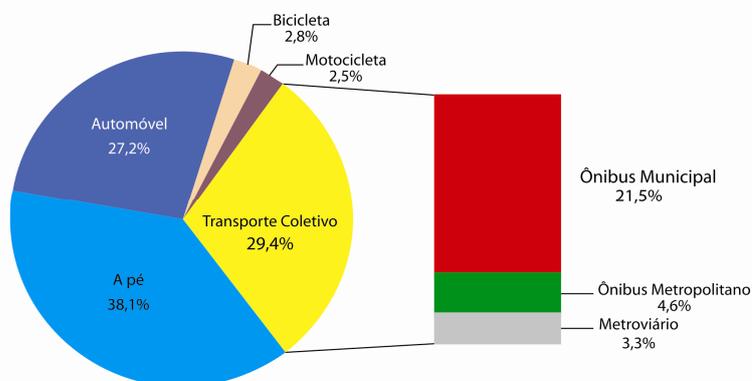


Figura 1 – Divisão modal do transporte urbano de passageiros no Brasil

Fonte: ANTP (2008, p. 7)

Analisando detalhadamente o gráfico da Figura 1, podemos constatar que o transporte individual representou 70,6% dos deslocamentos, dividido entre o transporte individual não motorizado, com 40,9% (a pé e de bicicleta) e o transporte individual motorizado, com 29,7% (automóvel e motocicleta). Já o transporte coletivo contribuiu com apenas 29,4% dos deslocamentos, sendo que desse índice 73% foram realizados por ônibus do sistema municipal.

Na visão de Vasconcelos (2005, p. 13), a predominância do transporte individual sobre o coletivo nas cidades brasileiras pode ser explicada pela reduzida inovação tecnológica aplicada à gestão e aos serviços prestados aos usuários do transporte coletivo. Segundo o autor, “a manutenção de grandes diferenças de qualidade entre o transporte público e o individual estimula o uso do automóvel e da motocicleta, o que é agravado pela facilidade crescente de aquisição desses veículos”.

Ainda de acordo com a ANTP (2008), a evolução da divisão modal do transporte urbano de passageiros no Brasil, apurada nos anos de 2003 e 2007, revela um preocupante indicador relativo à inversão de posições entre o transporte coletivo e o transporte individual motorizado. Em 2003, o transporte coletivo era o segundo modo agregado, com 29,8% do total de viagens, enquanto em 2007 o posto de segundo colocado passou para o transporte individual motorizado, com 29,7%.

Segundo Vasconcelos (2005), caso esse crescimento se mantenha, as condições inadequadas, hoje verificadas na mobilidade de nossas cidades, tais como acidentes, poluição, congestionamento, dentre outras, podem piorar sensivelmente. Um sistema de transporte urbano com predominância de meios coletivos é mais econômico para a sociedade, além de ser ambientalmente mais saudável (MELO, 2000).

Lacerda (2006) considera que o domínio das vias públicas pelos automóveis resulta em um pequeno número de usuários de transporte privado, provocando congestionamentos que atrasam um grande número de usuários de transporte coletivo urbano por ônibus. Segundo a *Internacional Energy Agency* (2002 apud Lacerda, 2006), o espaço da infraestrutura viária ocupado por um automóvel com capacidade para cinco passageiros equivale a 62% do espaço ocupado por um ônibus urbano com capacidade para quarenta passageiros.

Para enfatizar a importância do transporte coletivo frente ao individual motorizado, Vasconcellos (2005) apresenta um quadro comparativo com índices relativos a passageiros por quilômetro. Os indicadores estão descritos na Tabela 1 e foram estimados com dados da utilização real dos modos de transporte, declarados pelas cidades, constantes do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana no ano de 2003 para cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes.

Tabela 1 – Indicadores comparativos de eficiência dos modos de transporte de passageiros

Meios de Transporte	Índices relativos por Passageiro*km ¹			
	Energia ²	Poluição ³	Custo Total	Área de Via
Ônibus	1,0	1,0	1,0	1,0
Motocicleta	1,9	14,0	3,9	4,2
Automóvel	4,5	6,4	8,0	6,4

¹ Ocupação de 50 passageiros por ônibus, 1 por motocicleta e 1,3 por automóvel.

² Base calculada em gramas equivalentes de petróleo (diesel e gasolina).

³ Monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (Nox) e material particulado (MP).

Fonte: Vasconcellos (2005, p. 21)

O mesmo autor apresenta outra forma de salientar a diferença entre o modo coletivo por ônibus e o privado por automóvel ou motocicleta. Nesse caso é feita uma simulação, considerando a transferência de 20% dos deslocamentos urbanos diários entre os respectivos modos. A Figura 2 apresenta os impactos da transferência de viagens entre os respectivos modos de transporte.

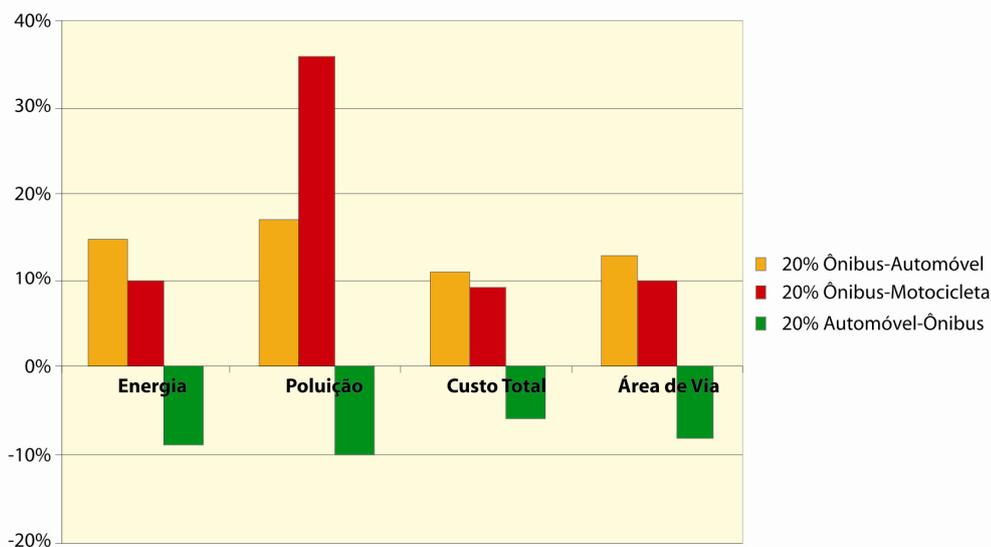


Figura 2 – Impactos da transferência de viagens entre modos de transporte

Fonte: Vasconcelos (2005, p. 22)

Pode-se constatar, a partir da Figura 2, que a transferência de 20% do transporte coletivo por ônibus para o automóvel elevará a poluição em 20% e a área da via em 13%. O impacto da transferência para a motocicleta é menor, salvo no caso da poluição.

Para reforçar a importância do transporte coletivo no cenário de mobilidade urbana em países em desenvolvimento como o Brasil, o especialista americano Jonh Volpe declarou, em 1975, “há 50 anos nós necessitávamos de transporte público em virtude de a maioria dos americanos não possuir automóvel. Hoje nós precisamos ainda mais desse tipo de transporte, devido ao fato de a maioria dos americanos possuir automóvel” (UTRB 1978 apud FERRAZ e TORRES, 2004, p. 87).

2.2 TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS

A divisão modal apresentada na Figura 1 reflete a importância que o modo ônibus possui na mobilidade urbana de pessoas nas médias e grandes cidades brasileiras. Segundo a ANTP (2008), o ônibus municipal, no ano de 2007, foi

responsável por 73% dos deslocamentos de pessoas que utilizaram o transporte coletivo nas cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes, empregando uma frota de 74.860 veículos.

“O aumento da participação e da eficiência do transporte coletivo feito por ônibus, nas áreas urbanas, surge como solução mais simples e não muito onerosa para garantir o acesso das pessoas ao emprego, a serviços, ao lazer e às compras” (MELO 2000, p.35). O autor complementa, afirmando que enfatizar o sistema de transporte urbano na elevação da participação do coletivo frente ao individual assegura o acesso de grande parcela da população às oportunidades que a cidade oferece.

Vários autores, dentre eles Ferraz e Torres (2004), Melo (2000), Vasconcellos (2005) e ANTP (2008), reforçam a necessidade de inversão da matriz de divisão modal recorrente no Brasil nos últimos anos. É preciso que o poder público e as empresas operadoras do serviço de transporte coletivo iniciem um trabalho de melhoria no serviço prestado, a fim de atrair e fidelizar usuários do transporte individual motorizado para o coletivo, principalmente o realizado pelo modo ônibus, diante de sua elevada participação no percentual de deslocamentos.

Segundo a NTU (2007), a perda de passageiros transportados pelo sistema de ônibus urbanos em nove capitais brasileiras pesquisadas sofreu forte declínio na última década. De acordo com a pesquisa, no ano de 1995 eram transportados aproximadamente 473 milhões de passageiro/mês. No ano de 2006, o número de passageiros transportados por mês reduziu a 312 milhões.

A Figura 3 apresenta o gráfico do número de passageiros transportados no período de 1994 a 2006, nos meses de abril e outubro, nas seguintes capitais: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Porto Alegre, Salvador, Fortaleza, Curitiba e Goiânia.

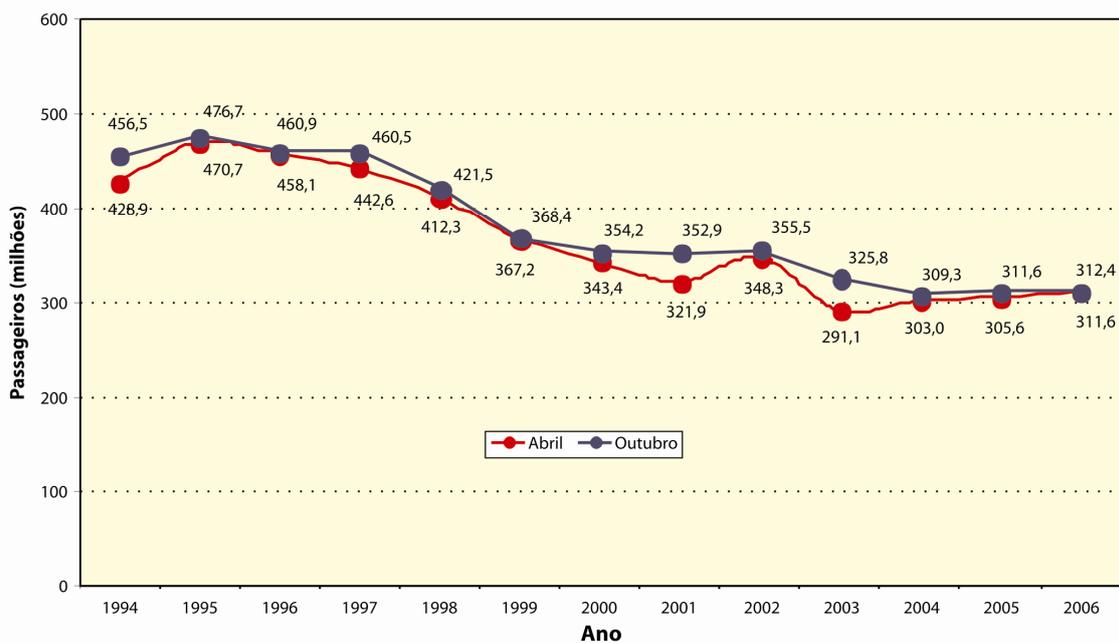


Figura 3 – Número de passageiros transportados por mês no modo ônibus urbano

Fonte: NTU (2007, p. 58)

Analisando o comportamento do gráfico apresentado na Figura 3 e traçando um paralelo com o crescimento demográfico, mais especificamente com a taxa de urbanização, pode-se concluir que a tendência seria exatamente oposta. Com o aumento da população urbana, a demanda por transporte coletivo deveria aumentar; no entanto, o que se observa é o oposto. É necessário, portanto, que se desenvolvam políticas públicas capazes de reverter esse quadro, atraindo e fidelizando usuários para o transporte coletivo, principalmente pelo modo ônibus, presente hoje em todas as cidades brasileiras (NTU, 2007).

2.2.1 Evolução do transporte coletivo urbano

O deslocamento das pessoas, até o início do século XVII, era realizado a pé, por montaria em animal ou em carruagem própria puxada por animais. Os primeiros serviços de transporte coletivo urbano ocorreram nas cidades de Londres, em 1600, e Paris, em 1612, por meio de carruagens de aluguel puxadas por animais. Em 1826, em Nantes, França, foi criada uma linha de transporte coletivo que ligava a cidade a uma casa de banho. “O veículo utilizado era uma carruagem com

comprimento e capacidade superiores aos existentes na época, e que foi denominado omnibus, para todos, em latim” (FERRAZ e TORRES 2004, p. 9).

No Brasil, segundo Silva (2000), o início do transporte coletivo urbano se deu no século XIX, com o surgimento dos bondes a tração animal, seguidos pelos bondes a vapor e elétricos. Com a implantação da indústria automobilística nacional consolidou-se a adoção do modelo norte-americano de transporte urbano de pessoas, baseado no consumo do petróleo. Como resultado, os bondes foram perdendo espaço para os automóveis, sendo, ao mesmo tempo, substituídos pelo ônibus a diesel, até a sua total desativação.

Segundo ANTP (2008), nas cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes, no ano de 2007, foram realizados 55,2 bilhões de viagens. Esse número de viagens corresponde a uma mobilidade média de 1,58 viagem por dia, por habitante. O transporte coletivo representou 29,4% dos deslocamentos, com destaque para o ônibus municipal, 21,5%.

No entender de Schein (2003, p. 26), a utilização massiva do ônibus no transporte coletivo “está relacionada com sua flexibilidade, sua capacidade de adaptar-se às diferentes demandas, sua tecnologia simples e sua facilidade em trocar de rotas”. O autor complementa que o ônibus, comparado a outros modais motorizados, apresenta baixo custo de fabricação, implementação e operação.

2.2.2 Regulamentação do transporte coletivo urbano

O transporte coletivo urbano é um serviço previsto na Constituição Federal, de caráter essencial e de responsabilidade do poder público local, podendo ser operado diretamente por ele ou delegado a terceiros. “Compete aos municípios: organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, inclusive o de transporte coletivo, que tem caráter essencial” (Constituição Federal do Brasil de 1988, artigo 30, inciso V).

Segundo Vasconcelos (2005), a regulamentação do transporte coletivo urbano está baseada no modelo cuja definição dos serviços é feita por meio do Poder Público - itinerários, frequência, tipo de veículo e tarifa. A prestação do serviço é feita, na sua quase totalidade, por contratação da iniciativa privada e por instituições públicas privadas, no caso do sistema metroviário. De acordo com a

NTU (2007), a operação do transporte coletivo urbano de passageiros por ônibus é feita preponderantemente por empresas privadas, sob regime de permissão ou concessão, registrando-se pequena ocorrência de operadoras públicas, como nas cidades de Porto Alegre e Goiânia.

Em relação ao Brasil, Vasconcelos (2005, p. 4) considera que o modelo adotado apresenta dificuldades “para conciliar adequadamente as necessidades de eficiência, de qualidade e de continuidade requeridas para garantir a prestação deste serviço essencial, frente às alterações na dinâmica social, demográfica e econômica do país”. Ainda de acordo com o autor, “a atual estrutura de regulação e contratação dos serviços não incentiva a qualidade, a inovação e a eficiência operacional”.

O regime de regulação e de contratação dos serviços públicos de transporte está baseado na Lei 8.987/95, sancionada em 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão. A concessão corresponde à delegação do serviço é feita pelo poder concedente, mediante licitação, na modalidade concorrência, a pessoa jurídica ou a consórcio de empresas que demonstrem capacidade para seu desempenho. Já a permissão é dada, a título precário, mediante licitação da prestação do serviço, feita pelo poder concedente a pessoa física ou jurídica (NTU, 2007).

Os documentos legais sobre contratação de serviços públicos de transportes existentes no Brasil no ano de 2003 para municípios com população maior que 60 mil habitantes revelaram que, desses municípios, 55% utilizam a permissão, 38% a concessão, 5% concessão e permissão e 2% outras formas legais (VASCONCELOS, 2005). De acordo com a NTU (2007), a forma de delegação adequada para a prestação do serviço de transporte coletivo urbano é a concessão, garantindo maior segurança contratual.

2.2.3 Sistema de transporte coletivo urbano por ônibus

O sistema de transporte coletivo urbano por ônibus pode ser definido como o conjunto de serviços de transporte de passageiros pelo modo ônibus, gerenciado por operadores públicos ou privados dentro de uma área urbana. O objetivo principal desse sistema de transporte é atender às necessidades de deslocamento da

população, entre os diversos setores da cidade, pela oferta de um serviço eficaz, ao menor custo (SILVA e FERRAZ, 1991).

A produção do serviço de transporte coletivo urbano por ônibus envolve diversos atores, que estão direta ou indiretamente envolvidos no sistema: usuários, comunidade, governo, trabalhadores do setor e empresários do ramo. Para alcançar a qualidade do serviço prestado é preciso “que cada um dos atores envolvidos tenha seus objetivos bem definidos, conheça os seus direitos e obrigações e saiba realizar com eficiência e qualidade as suas tarefas e ações” (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 97).

Segundo Melo (2000, p. 26), “a indústria de transporte de passageiros é de capital intensivo, com poucas alternativas de utilização de seus investimentos, e que se diferencia das demais por não poder estocar o resultado de seu trabalho”. Assim sendo, é importante que o órgão gestor, representante do poder público, e as empresas operadoras voltem sua atenção para o usuário, principal razão do sistema.

A realização de uma viagem simples por ônibus, sem mudança de veículo, pode ser traduzida, segundo Melo (2000), em tempo de viagem, com os seguintes componentes: o tempo de acesso, o tempo de espera e o tempo no veículo. No mesmo sentido, Ferraz e Torres (2004, p. 101) consideram que a realização de uma viagem engloba as seguintes etapas: “percurso a pé da origem até o local de embarque no sistema, espera pelo coletivo, locomoção dentro do coletivo e, por último, caminhada do ponto de desembarque até o destino final”.

O tempo de acesso ou acessibilidade é o tempo gasto para chegar ao local de embarque no transporte coletivo, sair do local de desembarque e alcançar o destino final da viagem. Como o acesso ao sistema de transporte coletivo é realizado a pé, importa a distância percorrida pelo usuário. Melo (2000) recomenda uma faixa de até 400 m ou 500 m para cada lado do eixo da via. Para Ferraz e Torres (2004), a acessibilidade menor que 300 m é considerada boa; de 300 m a 500 m, regular; e maior que 500 m, ruim.

Segundo Melo (2000, p. 38), o tempo de espera é “o que mais aborrece o usuário. Depende do intervalo de tempo entre os ônibus, do conhecimento do quadro de horários pelos passageiros e, no caso de serviços de elevada frequência, do espaçamento equilibrado entre os veículos”. O autor admite para o tempo de espera metade do intervalo de tempo que um serviço opera.

Ferraz e Torres (2004, p. 103) consideram que o tempo no veículo ou tempo de viagem “corresponde ao tempo gasto no interior dos veículos e depende da velocidade média de transporte e da distância percorrida entre os locais de embarque e desembarque”. Vários são os fatores que interferem no tempo no veículo: velocidade do veículo, distância entre os pontos de parada, condições do pavimento da via, trânsito e tipo de veículo.

De acordo com Vasconcelos (2000), com relação aos veículos utilizados no transporte coletivo urbano, o ônibus e suas variações são indiscutivelmente o mais empregado. São utilizados o ônibus convencional, com capacidade de até 75 passageiros, e o micro-ônibus, com capacidade de até 35 passageiros. Segundo o autor, na maior parte dos países da América latina, exceto no Brasil, o veículo mais utilizado é o micro-ônibus, com capacidade entre 28 a 35 lugares.

2.2.3.1 Classificação das linhas

Na visão de Schein (2003), “as linhas de transporte coletivo urbano devem passar pelos principais polos de atração das áreas em que são destinadas a atender, bem como proporcionar uma cobertura satisfatória das áreas habitadas”. Melo (2000), Schein (2003) e Ferraz e Torres (2004) classificam as linhas de transporte coletivo urbano segundo o traçado e a função destas

Quanto ao traçado:

- radial – linha que liga a área central aos bairros. Constitui a maior parte das linhas existentes e utiliza os mais importantes corredores das áreas urbanas;
- diametral – linha que conecta duas regiões passando pela zona central;
- circular – linha que liga várias regiões da cidade, formando um circuito fechado;
- perimetral ou interbairros – linha que liga dois ou mais bairros sem passar pelo centro;
- local – linha cujo percurso encontra-se totalmente dentro de uma região da cidade.

Quanto à função:

- convencional – linha que executa simultaneamente as funções de captação dos usuários na região de origem, transporte da origem até o destino e distribuição na região de destino;
- troncal – linha que opera num corredor onde há grande concentração de demanda, com a função principal de realizar o transporte de uma região a outra da cidade;
- alimentadora – linha que opera recolhendo usuários numa determinada região da cidade, deixando-os numa estação/terminal de uma linha troncal e vice-versa;
- expressa – linha que opera com poucas ou nenhuma parada intermediária para aumentar a velocidade operacional, reduzindo, assim, o tempo de viagem;
- especial – linha que funciona apenas em determinados horários ou quando ocorrem eventos especiais;
- seletiva – linha que realiza um serviço complementar ao transporte coletivo convencional, com preço maior e melhor qualidade.

2.2.3.2 Pontos de parada

Os locais de embarque e desembarque de passageiros de ônibus localizados nos passeios públicos são denominados pontos de parada. Quando nesses locais é realizado o controle de acesso ao sistema em instalações apropriadas por meio da cobrança da passagem, a denominação dada é estação ou terminal (MELO, 2000; FERRAZ e TORRES, 2004). De acordo com a ANTP (2002), o ponto de parada é conceituado como o local definido na via pública no qual se realiza a parada do veículo de transporte coletivo para o embarque e/ou desembarque dos passageiros.

Segundo a ANTP (2002), os pontos de parada são de grande importância para a operação e imagem de um serviço de transporte coletivo urbano. É neles que o usuário estabelece o primeiro contato físico com a rede de transporte; seu

espaçamento determinará o desempenho operacional das linhas e influenciará nos custos de operação.

Os pontos de parada podem ser simples, onde todos os ônibus param, ou seletivos, quando em cada ponto só param linhas pré-definidas. A identificação dos pontos de parada se dá com a colocação de placas indicativas afixadas em postes de energia ou de telefonia, com a colocação de um marco específico, geralmente um pequeno poste contendo placa com dizeres ou com a colocação de abrigos (SCHEIN, 2003; FERRAZ e TORRES, 2004).

No entender de Melo (2000, p. 57), os pontos de parada são “elementos críticos no desempenho dos coletivos, por responderem pela maior parte dos retardamentos de linhas urbanas”. De acordo com o autor, os pontos de parada devem receber atenção especial dos gestores do sistema quanto aos seguintes aspectos: localização, espaçamento e desempenho.

- Localização – por razões de segurança e racionalidade, não se deve colocar pontos de parada dos coletivos em curvas, rampas acentuadas, em frente a garagens, muito próximos a cruzamentos etc. “No que tange à posição, os pontos de parada podem estar antes do cruzamento, depois do cruzamento ou no meio da quadra” (FERRAZ e TORRES, 2004, p. 242).
- Espaçamento – “para manter uma boa velocidade de operação, as paradas de ônibus das linhas convencionais devem, de preferência, ser espaçadas em intervalos de até 500 metros” (MELO, 2000, p. 59).
- Desempenho – “a quantidade de ônibus, que pode ser atendida em uma parada, depende do tempo de serviço de cada veículo e do número de posições que oferece para estacionamento” (MELO, 2000, p. 60).

Quanto à posição do ponto de parada em relação à guia da via, podemos ter: guia em posição normal (caso mais comum), guia recuada tipo baía e guia avançada. O posicionamento do ponto de parada em relação à guia da via deve observar os principais aspectos: fluidez do trânsito, quantidade de vagas de estacionamento, comodidade de pedestres e usuários esperando no ponto de parada e facilidade de retorno do ônibus à corrente de tráfego (FERRAZ e TORRES, 2004).

2.3 TECNOLOGIAS AVANÇADAS APLICADAS AO TRANSPORTE COLETIVO URBANO

Para Graeml e Graeml (1997), o congestionamento das vias públicas era considerado pelo usuário do transporte urbano apenas um fator de desagradável e dispendiosa perda de tempo. Segundo os autores, com o passar do tempo outros fatores passaram a ser motivo de preocupação: o aumento sensível nos níveis de poluição e os problemas causados pelo trânsito na saúde das pessoas. Com base nesse cenário, a sociedade organizada, principalmente no hemisfério norte, buscou, na indústria, propostas para a melhoria da mobilidade urbana. A solução apresentada e atualmente implementada em várias cidades foi a utilização de tecnologias de ponta capazes de minimizar os problemas gerados pelo uso indiscriminado do transporte individual por automóvel nas áreas urbanas.

Segundo a Unesco (1982 apud REIS, 2008, p. 31), “tecnologia é o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos diretamente aplicáveis à produção ou à melhoria de bens ou de serviços”. Os avanços tecnológicos de equipamentos eletrônicos e uma verdadeira revolução tecnológica nos meios de comunicação criaram, nos últimos anos, a condição necessária para a melhoria do sistema de transporte coletivo urbano, principalmente no que diz respeito à oferta do serviço.

Esses avanços tecnológicos surgem como oportunidade para que empresas operadoras e órgãos gestores iniciem um processo de revitalização do transporte coletivo nas cidades brasileiras. Segundo Schein (2003), o emprego de tecnologias no transporte coletivo urbano permite oferecer um serviço adequado às expectativas e necessidades do usuário e funciona como estratégia de atração e fidelização. Silva (2000) complementa afirmando que a aplicação e a interação de tecnologias avançadas permitem que o sistema de transporte coletivo urbano opere com maior segurança e eficiência.

O emprego de tecnologias avançadas ao transporte coletivo urbano está se tornando uma realidade em várias cidades no Brasil e no mundo, graças a uma revolução constante nos setores de informática e de telecomunicação. De acordo com Silva (2000), o emprego dessas tecnologias vem sendo coordenado por programas mundialmente conhecidos como ITS – *Intelligent Transportation Systems*.

Para Ferraz e Torres (2004), os sistemas ITS aplicados ao transporte coletivo urbano possibilitam atuar de forma direta e efetiva na melhoria da segurança; na melhoria do controle da operação; no incremento da produtividade; na redução dos atrasos; na redução dos congestionamentos; na redução das emissões de poluentes etc.

2.3.1 Sistemas de transporte inteligente

De acordo com Drane e Rizos (1998, p 1), sistemas de transporte inteligente (ITS) “é a denominação mundial que emprega tecnologias avançadas na melhoria e eficiência dos sistemas de transporte, reduzindo os congestionamentos, a poluição e melhorando a segurança”. Segundo o *Texas Transportation System* (1996 apud SILVA, 2000, p. 4), os ITS integram “programas que envolvem aplicações e interação de um grupo de tecnologias avançadas destinadas a fazer com que os sistemas de transportes operem com maior segurança e eficiência”.

Ferraz e Torres (2004, p. 211) consideram que a denominação genérica de ITS é empregada para designar um conjunto de tecnologias oriundas das aplicações de telemática nos veículos e nos sistemas de transportes. Segundo os autores, os exemplos mais comuns de ITS no transporte coletivo urbano são: “rastreamento de veículo por satélite, sistema de bilhetagem inteligente no transporte coletivo urbano, registro da passagem dos coletivos por locais predeterminados, comunicação em tempo real com os usuários utilizando dizeres em painéis digitais e vozes em alto-falantes etc”.

Os ITS empregam tecnologias de informação e comunicação aplicadas à melhoria do gerenciamento e da operação dos sistemas de transportes, à melhoria da eficiência no uso das vias, à melhoria da segurança viária, ao aumento da mobilidade e à redução dos custos sociais, por meio da redução de tempos de espera e tempos perdidos e dos impactos ambientais (KANNINEN, 1996). Segundo Silva (2000) os ITS devem prover uma ligação inteligente entre os diversos atores envolvidos nos sistemas de transportes, bem como com sua infraestrutura.

De todos os conceitos apresentados, pode-se perceber que a aplicação de tecnologias no transporte urbano por meio de sistemas ITS traz benefícios diretos e

indiretos para os usuários, para as empresas operadoras, para os organismos gestores e para a sociedade em geral.

2.3.2 Categorias dos Sistemas de Transporte Inteligente

Os ITS empregam diferentes tecnologias avançadas nos vários setores dos transportes. Segundo Drane e Rizos (1998), os ITS podem ser categorizados em:

- Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) – representam o uso de tecnologias avançadas na melhoria da segurança, da eficiência e da efetividade dos sistemas de transporte público. Os benefícios advindos para os usuários incluem a minimização dos tempos de espera, a segurança e a facilidade para o pagamento da tarifa, bem como informações precisas e atualizadas sobre itinerários e horários dos ônibus.
- Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego (ATMS) – empregam tecnologias avançadas no gerenciamento do tráfego e da rede de transporte. Visam à redução dos congestionamentos nas vias urbanas e/ou rurais, garantindo-lhes segurança por meio do controle de semáforos e monitoramento, utilizando câmeras de vídeo.
- Sistemas Avançados de Informação ao Viajante (ATIS) – são sistemas que fornecem informações ao viajante sobre a via, as condições ambientais e o trânsito. Incorporam o uso de sistemas de navegação e informação para garantir segurança ao motorista e para minimizar os congestionamentos.
- Operação de Veículos Comerciais (CVO) – envolve o gerenciamento e a operação de veículos comerciais. Emprega tecnologias para melhorar a gerência e o serviço dos transportes de carga e para minimizar as interferências com relação às rotas e aos tempos perdidos, procurando manter um alto nível de segurança. Deve ser projetado de forma a não onerar os custos do sistema como um todo.
- Sistemas Avançados de Controle Veicular (AVCS) – garantem melhoria na segurança viária, permitindo que os veículos auxiliem os motoristas (veículos inteligentes). Os veículos são equipados com tecnologias que

propiciam ao condutor monitorar as condições de dirigibilidade e tomar medidas necessárias para evitar acidentes.

- Coleta Eletrônica de Pedágio (ETC) – utiliza tecnologias avançadas para prover os mais adequados e eficientes métodos de cobrança de pedágio, trabalhando para minimizar tempos perdidos e reduzir congestionamentos.

A Figura 4 apresenta as diversas categorias que compõem os sistemas ITS. Segundo Pereira e Aquino (2003) os principais campos de atuação das aplicações ITS são: segurança viária, aumento da segurança das frotas em movimento, serviço de informação aos condutores dos veículos, contribuição ao controle de tráfego, associação do transporte aos serviços de emergência, controle de velocidade de veículos, compatibilização entre transportes, segurança pública e emergências, dentre outros.

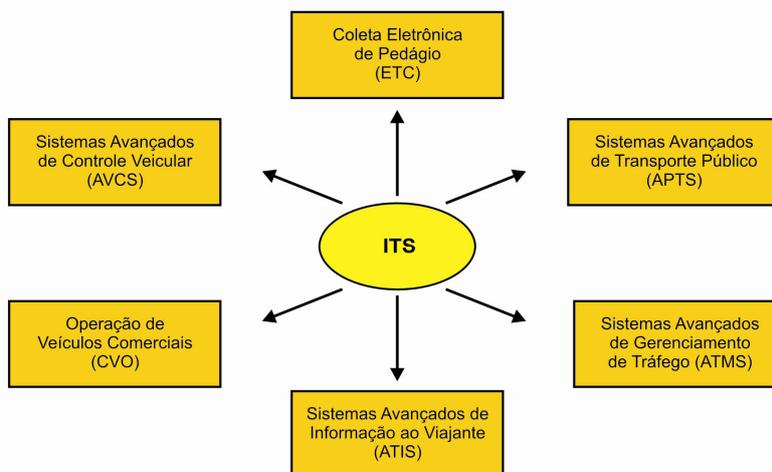


Figura 4 – Categorias dos sistemas ITS

Fonte: Drane e Rizos (1998), adaptado pelo autor

Para Batista (2007), os sistemas ITS são formados por três elementos básicos: a rede de transporte e trânsito, uma aplicação de telemática (informática e telecomunicações) e o usuário (órgão gestor, empresas operadoras e usuário final).

Ressalta-se que o ponto de interesse deste trabalho está na utilização de tecnologias avançadas aplicadas ao transporte coletivo urbano por ônibus (APTS), buscando integrar tecnologias da informação e comunicação necessárias à

implementação de um sistema capaz de prever e disponibilizar informações quanto ao horário de passagem dos ônibus nos pontos de parada.

2.3.3 Sistemas avançados de transporte público - APTS

De acordo com a FTA (2000 apud SCHEIN, 2003, p. 61) “tecnologias APTS são um conjunto de tecnologias que aumentam a eficiência e segurança dos sistemas de transporte coletivo e propiciam grande acesso à informação sobre as operações do sistema”. Na visão de Chowdhury e Sadek (2003), os APTS buscam melhorar a eficiência, a produtividade e a segurança no sistema de transporte. Para os autores, o emprego de APTS permite, ainda, melhorar as condições de trabalho do motorista e o nível de satisfação dos usuários.

Segundo Silva (2000, p. 12), “a introdução de tecnologias avançadas em transporte público, especificamente no modo ônibus, está fortemente relacionada à melhoria da qualidade do serviço, como forma de proporcionar a atração de mais usuários para o sistema”. Para Schein (2003), os sistemas que operam em tempo real possibilitam disponibilizar informações aos usuários com alto nível de precisão, aumentando a sua tolerância com relação aos contratempos e melhorando sua mobilidade.

De acordo com Silva (2000), os sistemas APTS permitem aumentar o controle sobre as viagens, proporcionar alta qualidade de serviço e flexibilidade para poder melhor competir com o modo privado, contribuir para um sistema tarifário integrado, aprimorar o sistema de informação ao passageiro, aumentar a segurança dos passageiros e facilitar o acesso ao serviço multimodal.

Na visão de Saint-Laurent (1997), os sistemas APTS permitem gerenciar o transporte público por meio de um sistema de localização automática de veículos (AVL – *Automatic Vehicle Location*). Segundo o autor, o AVL permite a operação em tempo real, localizando o veículo no tempo e no espaço. Para Chowdhury e Sadek (2003), o sistema AVL possui a função de rastrear o veículo de forma contínua ou discreta e transmitir os dados espacial e temporal à central de controle por meio de um sistema de comunicação.

Drane e Rizos (1998) consideram que atualmente existem vários tipos de sistemas de posicionamento que possibilitam o rastreamento contínuo ou discreto dos veículos. Os autores destacam que os sistemas de posicionamento aplicados

aos sistemas ITS podem ser divididos em três classes: signpost, radionavegação e odômetro com giroscópio. Na primeira classe são empregadas balizas com sensores colocados ao longo da via que detectam a posição do veículo em pontos discretos. A segunda classe emprega a radionavegação, disponível atualmente nos sistemas de posicionamento por satélite. Já a terceira classe utiliza instrumentos que embargados no veículo permitem medir a direção (giroscópio/bússola) e a distância (odômetro/acelerômetro) durante sua viagem a partir de um determinado referencial.

Segundo Drane e Rizos (1998), dos sistemas de posicionamento disponíveis o que traz maior benefício para o transporte coletivo urbano é a radionavegação por meio do sistema de posicionamento por satélite. Essa afirmativa pode ser comprovada por uma pesquisa realizada com diversas agências ligadas ao transporte coletivo urbano na Europa e nos Estados Unidos. A pesquisa demonstra que o tipo de tecnologia encontrada com maior frequência nas agências pesquisadas foi o sistema de global de posicionamento e navegação por satélite. A Tabela 2 apresenta um resumo da pesquisa realizada no ano de 2000.

Tabela 2 – Tipos de sistemas AVL

Agência	Veículos equipados com AVL	Número total de veículos	Classe de posicionamento	Transmissão dos dados (minutos)
City Bus (WilliamSPORT, Pensilvânia)	25	25	GPS ¹	5
Delaware Transit Corporation (Wilmington, Delaware)	189	189	GPS	1
Glendale Beeline (Glendale, California)	20	35	GPS	0,5
King Country Metro (Seattle, Washington)	1.300	1.300	Signpost	1 a 3
ATC Bologna (Bologna, Italia)	450	976	GPS	0,5
Dublin Bus (Dublin, Irlanda)	156	1.062	GPS	0,5
Taipei (Taiwan)	135	3.808	GPS	0,5
Transport for London (Londres)	5.700	6.600	Signpost	0,5
YTV (Helsinki, Finlândia)	340	550	DGPS ² e Signpost	0,5

Fonte: Schweiger (2003, p. 9), adaptado pelo autor

¹ Sistema de posicionamento e navegação por satélite GPS

² Diferencial GPS

Quanto às possíveis aplicações dos sistemas APTS relacionadas aos diversos agentes envolvidos (operadores, órgãos gestores e usuários), Lindau (1997 apud SCHEIN, 2003) identifica três categorias: Sistemas de Ajuda à Operação (SAO), Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária (SAAT) e Sistemas de Informação ao Usuário (SIU).

Ressalta-se que o ponto de interesse deste trabalho está na utilização de tecnologias avançadas no transporte coletivo urbano por ônibus (APTS), buscando integrar tecnologias da informação e comunicação para implementar um sistema capaz de prever e disponibilizar informações quanto ao horário de passagem dos ônibus em um ponto de parada localizado em frente ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), antigo Cefetes, na cidade de Vitória-ES.

2.3.3.1 Sistemas de Informação ao Usuário - SIU

Os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU) constituem uma ferramenta de diálogo entre o operador/gestor e os usuários. Por meio desses sistemas os usuários passam a ter acesso às informações que permitirão satisfazer suas necessidades específicas (tempo de espera no ponto de parada) ou personalizadas (itinerário de determinada linha). Segundo Lee *et al* (2000 apud SCHEIN, 2003, p. 73), gestores e operadores de inúmeras cidades atualmente se preocupam em responder aos usuários, por meio de SIU, a suas perguntas mais frequentes: “a que horas vai passar o próximo veículo?” “Qual é o tempo de espera?” Tais informações são requeridas com maior intensidade entre os usuários, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde os deslocamentos são maiores e mais demorados e as pessoas atribuem um maior valor ao tempo, principalmente ao tempo de espera nos pontos de parada.

Baseados em tecnologias avançadas de comunicação e transmissão dos dados, os sistemas de informação garantem um aumento de qualidade do serviço ofertado aos usuários. Conforme Bradley e James (1996), para o usuário previsões precisas têm o potencial de remover muitas incertezas em torno da viagem realizada pelo transporte coletivo. Silva (2000, p. 20) considera que proporcionar informações quanto a horários, linhas e percursos do ônibus é um serviço de elevada importância

para garantir um nível mínimo de qualidade requerido pelos usuários do transporte coletivo urbano. “A informação permite às pessoas planejarem e definirem seus deslocamentos e é um importante estágio de promoção do transporte coletivo”.

Segundo o CERTU (1998 apud SCHEIN, 2003, p. 79), “a análise de informações ao usuário nas redes de transporte urbano se baseia em quatro questões: o quê? onde? como? quando?”

O quê? Está relacionada à natureza da informação a ser comunicada ao usuário. Nesse aspecto poderemos ter: informações gerais sobre a rede, identificação do serviço, itinerários, horários, tarifas, informações diversas e regras de operação.

Onde? Tradicionalmente a informação pode ser disponibilizada nos pontos de parada ou estações/terminais, nos veículos, em guias ou informativos, em guichês ou em serviços de atendimento ao cliente, como Internet e telefone. O local de acesso à informação está fortemente ligado à tecnologia disponível.

Como? Os mecanismos de suporte utilizados nos sistemas de transportes podem ser classificados em: *estático* (quando reflete aquilo que em teoria deveria acontecer); e *dinâmico* (para os casos de eventuais problemas ou de confirmação estática).

Quando? A informação pode ser difundida antes ou durante a viagem, de forma estática ou dinâmica. A forma estática reflete aquilo que em teoria deveria acontecer. Já a dinâmica, baseada em ITS, permite que as informações sejam enviadas em tempo real e atualizadas constantemente.

Segundo a ANTP (2002), os pontos de parada ou estações/terminais são os locais onde usualmente o usuário estabelece o primeiro contato físico com a rede de transporte. Ferraz e Torres (2004) destacam que, no mínimo, um ponto de parada deve informar de forma estática o nome e o número das linhas que passam no local. Em pontos de maior movimento devem ser disponibilizados horários ou intervalos entre atendimentos.

Os sistemas de informação ao usuário baseados em tecnologias avançadas por meio de ITS/APTS permitem, uma vez interligados a uma central de controle e processamento de dados, fornecer informações precisas e em tempo real relativas aos tempos de espera, horários de partida e chegada dos veículos aos terminais, consultas de itinerários etc. A Figura 5 ilustra um sistema de informação ao usuário baseado em tecnologia avançada na cidade de Oregon, EUA (SCHWEIGER 2003).



Figura 5 – Sistema de Informações ao Usuário na cidade de Oregon, EUA

Fonte: Schweiger (2003, p. 9)

A Figura 5 apresenta informações relativas ao número da linha, destino, tempo previsto de chegada ao ponto de parada e horário previsto de chegada ao destino final. As informações estão disponíveis em um painel eletrônico (LED – *Light Emitting Diode*).

Segundo Vieira *et al* (2000), os principais aportes da implantação de sistemas de informação ao usuário nos países desenvolvidos estão na utilização da informação dinâmica, possibilitando: atualizar a informação de acordo com a situação da rede, permitindo que o usuário tome decisões, mesmo que essas signifiquem mudança do modo de transporte; tornar o usuário integrante do sistema, no sentido de que possa interagir com os órgãos gestores e as empresas operadoras.

2.3.4 Sistemas móveis de telecomunicações e transmissão de dados

Os sistemas de comunicação e transmissão são elementos fundamentais dentro das tecnologias empregadas nos sistemas ITS, permitindo a ligação entre o conjunto veículo/tripulação, central de controle e usuários. Existe uma diversidade

de sistemas de comunicação disponíveis no mercado que permitem realizar a integração entre os agentes envolvidos no transporte coletivo urbano. Neste trabalho será abordado o sistema móvel celular.

Segundo Alencar (2007, p. 301), “um sistema móvel é definido como uma rede de comunicações por rádio que permite mobilidade contínua por meio de muitas células”. Para o autor, uma determinada área geográfica a ser atendida pelo serviço móvel celular é dividida em sub-regiões, denominadas células. Cada célula é iluminada por uma estação radiobase (ERB), dentro da qual a recepção do sinal atende às especificações do sistema.

A primeira geração dos sistemas móveis de telefonia empregava técnicas de sinalização analógica e estava voltada exclusivamente à transmissão de voz (PEREIRA e GUEDES, 2004). Segundo Alencar (2007), a maioria dos sistemas analógicos de telefonia celular em operação, pertencentes à primeira geração, são muito semelhantes e baseiam-se no sistema AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), desenvolvido nos Estados Unidos na década de setenta.

Para Jeszensky (2004), no esquema básico do sistema AMPS são identificados três componentes: unidades móveis (UM) – correspondem aos usuários, na forma de telefones móveis veiculares, transportáveis ou portáteis; estação rádio base (ERB) – localizadas no centro das células, essas estações são equipadas com equipamentos TX/RX e de controle e ficam sob o comando da CCC; central de comutação e controle (CCC) – responsável pelo estabelecimento das interconexões dos terminais móveis com a rede pública e entre terminais móveis.

Por volta de 1980, era evidente que os sistemas de primeira geração, baseados em técnicas de sinalização analógica, já haviam atingido o limite de sua capacidade nas áreas metropolitanas e se tornariam obsoletos. Avanços alcançados na tecnologia de circuitos integrados possibilitaram o início da comunicação digital. Os padrões da segunda geração surgiram no mercado trazendo maior eficiência de utilização do espectro e introduzindo novos serviços, não apenas relacionados à voz, mas também à transmissão de dados (PEREIRA e GUEDES, 2004).

O desenvolvimento de um sistema móvel celular para toda a Europa, empregando tecnologia digital, começou em 1982, com a CEPT (*Conférence Européene des Postes et Télécommunications*), em um grupo de trabalho denominado GSM (*Groupe Spéciale Mobile*). Após sua introdução como serviço comercial na Europa, em 1992, a sigla GSM passou a significar *Global System for*

Mobile Communications. “Atualmente, esse padrão é adotado em toda a Europa, na Austrália, no Brasil, na América e em diversos países asiáticos e africanos” (ALENCAR, 2007, p. 320).

De acordo com Pereira e Guedes (2004), o sistema GSM é baseado em multiplexação por divisão de tempo (TDMA) e duplexação por divisão de frequência (FDD). Com a popularização da Internet e de outras solicitações para a transmissão de dados, via telefonia móvel, foi implementado no sistema GSM o serviço GPRS (*General Packet Radio Service*). “Esse serviço de rádio para pacotes em geral foi desenvolvido para a transmissão de dados no sistema GSM” (ALENCAR, 2007, p. 321).

Segundo Jeszensky (2004), as redes GPRS foram desenvolvidas para suportar os serviços de dados, pois surgiram com o propósito de transmissão por comutação de pacotes, diferentemente das GSM. Os dados são divididos em pedaços (pacotes) e ao chegarem ao receptor são agrupados novamente. “Quando o GPRS quebra os dados em pacotes, não bloqueia os recursos da rede, liberando-os para outras transmissões correntes e, portanto, não necessitando que a ligação seja cobrada por tempo, mas pelos bits transmitidos” (PEREIRA E GUEDES, 2004 p. 4).

O GPRS provê transparência de suporte ao IP e isso permite sua integrabilidade com a Internet. IP é um acrônimo para a expressão inglesa "*Internet Protocol*" (ou Protocolo de Internet), que é um protocolo usado entre duas máquinas em rede para encaminhamento dos dados. Assim, por meio do GPRS, aplicações do tipo WWW, FTP e e-mail poderão ser atendidas por esse serviço (PEREIRA e GUEDES, 2004). Por apresentar algumas características diferenciadoras em relação aos sistemas da segunda geração, o GPRS ficou conhecido como geração 2,5. A Figura 6 compara os serviços disponíveis nas diversas gerações de sistemas móveis.

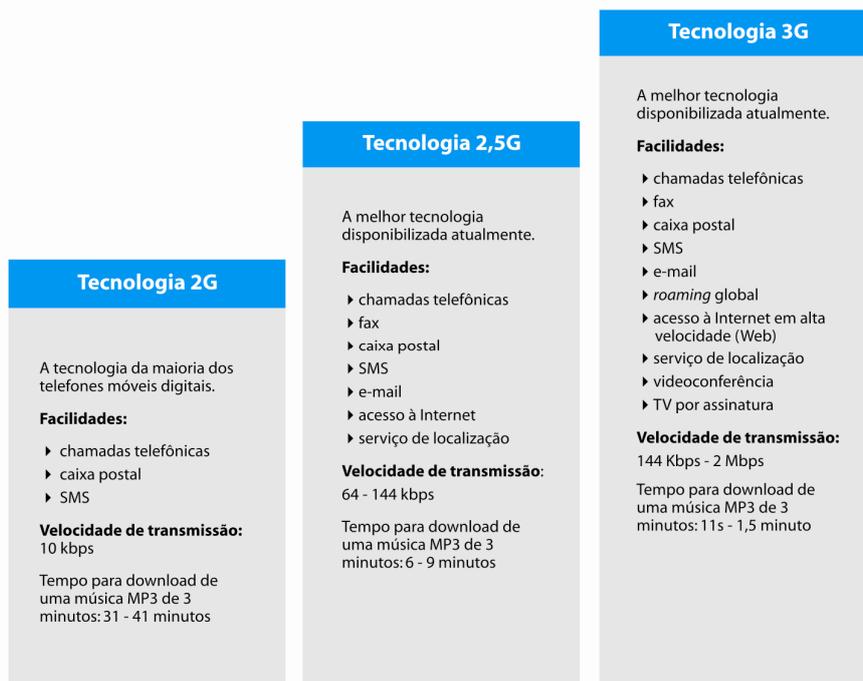


Figura 6 – Comparação dos serviços disponíveis nas gerações de sistemas móveis

Fonte: Pereira e Guedes (2004, p. 5)

2.3.5 Aplicações de APTS

As primeiras aplicações de sistemas baseados em tecnologias avançadas para o auxílio ao transporte coletivo urbano tiveram seu início no final do século passado em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos. Os sistemas foram evoluindo com o avanço tecnológico e hoje é possível atuar em todos os subsistemas englobados pelo APTS. As ferramentas desenvolvidas por meio da telemática possibilitam melhorar as atividades diárias de gestão e operação do transporte coletivo urbano, bem como promover um atendimento diferenciado ao usuário. A seguir são descritos alguns sistemas em operação ou em desenvolvimento no Brasil e no exterior.

2.3.5.1 Implantações no Brasil

No Brasil as primeiras aplicações de ITS no transporte coletivo urbano foram voltadas à automação do processo de arrecadação, por meio de sistemas SAAT, ou, como ficaram conhecidas: bilhetagem eletrônica. Segundo a NTU (2007, p. 43), “o

objetivo inicial da aplicação de sistemas ITS no transporte coletivo esteve voltado ao controle da arrecadação e à redução das fraudes”. Logo a seguir buscou-se melhorar a interface entre o planejamento e a calibragem do sistema, utilizando os resultados na melhoria da gestão da frota. Ainda de acordo com o autor, o próximo passo é o início da segunda geração, “com a aplicação do ITS em tecnologias muito novas que serão usadas na gestão das redes”.

Das diversas cidades brasileiras que estão aplicando tecnologias avançadas no transporte coletivo urbano, por meio de sistemas APTS, serão apresentadas neste trabalho as experiências nas cidades de São Paulo-SP, Belo Horizonte - MG, Fortaleza - CE e Vitória - ES.

São Paulo – por meio da São Paulo Transportes (SPTrans), está em fase de conclusão o Sistema Integrado de Monitoramento (SIM), que permitirá o monitoramento e controle dos terminais, dos corredores e dos veículos empregados no transporte coletivo da cidade. Para os usuários de transporte coletivo por ônibus e trolebus o SIM prevê a implantação do subsistema Olho Vivo. Segundo Moraes (2008), o Olho Vivo estará operacional a partir de 2009 e permitirá fornecer aos usuários nos pontos de parada dos principais corredores da cidade, nos terminais e na Internet informações que permitirão programar melhor sua viagem. Dentre as informações que serão disponibilizadas pelo Olho Vivo estão: mapa de fluidez, pesquisa origem destino e monitoramento da frota.

Nos pontos de parada e nos terminais as informações serão disponibilizadas por meio de painéis com mensagens variáveis, indicando o tempo de chegada dos próximos ônibus, suas linhas e destinos. Na Internet as informações estarão disponíveis no site da São Paulo Transportes – SPTrans, em que será possível acompanhar a situação e a fluidez do transporte coletivo em 247 quilômetros de vias e corredores, com informações da velocidade média dos ônibus e o tempo de percurso atualizados de hora em hora (MORAES, 2008).

Belo Horizonte – a BHTrans, empresa de transporte e trânsito ligada à Prefeitura Municipal, está implantando o sistema de monitoração automatizada da operação dos serviços de transporte coletivo (INFOBUS). O sistema irá disponibilizar informações operacionais para os usuários em tempo real na cidade de Belo Horizonte (BATISTA, 2007). Segundo o autor, o sistema integrado INFOBUS será composto pelos seguintes sistemas: de localização automática dos veículos de transporte coletivo; de controle da operação do transporte coletivo; de circuito

fechado de televisão; de informações em tempo real ao usuário de transporte coletivo; e de comunicações.

As metas traçadas para a implantação do sistema INFOBUS têm como data o ano de 2008. Os benefícios definidos para o usuário, após a implantação do sistema, descrevem: aumento da sensação de segurança nos pontos de parada e terminais; diminuição da sensação de espera dos ônibus nos pontos de parada; aumento da percepção da melhoria dos serviços de transporte coletivo e aumento da confiabilidade nos tempos de viagem (BATISTA, 2007).

Fortaleza – as novas concepções tecnológicas disponíveis para a melhoria da gestão de transporte coletivo dentro dos sistemas ITS levaram a Prefeitura Municipal de Fortaleza a conceber um sistema capaz de atrair um maior número de usuários para o transporte coletivo por ônibus. Foi concebido o sistema CITFOR (Controle Integrado de Transportes de Fortaleza), a ser contratado de forma modular, devendo, inicialmente, ser implantado um projeto piloto (FRANÇA, 2007). De acordo com o autor, a concorrência pública realizada para a contratação do CITFOR previu inicialmente a implantação, a operação e a manutenção do projeto piloto.

A arquitetura proposta para o projeto piloto previa os seguintes sistemas: sistema embarcado; sistema central; sistema de informação ao usuário; sistema de controle de semáforos e sistema de comunicação e transmissão de dados. A implantação do projeto CITFOR não ocorreu na sua totalidade, já que apenas uma linha de ônibus foi contemplada com o projeto piloto. Com a interrupção na sua implantação o projeto caiu no descrédito dos usuários do sistema e dos órgãos administrativos da cidade, pois as mudanças não são perceptíveis (FRANÇA, 2007).

Vitória – a Secretaria Municipal de Transportes contratou, por meio de concorrência pública, empresa especializada para a implantação de um sistema de gestão do transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória. A contratação ocorreu no final de 2007 e atualmente toda a frota de ônibus da cidade é rastreada, com o objetivo inicial de fiscalizar o serviço que está sendo prestado pelas empresas operadoras.

Assim, das implantações de sistemas APTS no Brasil, podemos concluir que parte das empresas privadas que operam os sistemas iniciaram e já concluíram a implantação de sistemas voltados à arrecadação, com o objetivo exclusivo de coibir a evasão de receitas. Por outro lado, os organismos gestores ligados ao poder

público estão iniciando a implantação de sistemas capazes de melhorar a fiscalização da operação e a confiabilidade nos tempos de viagem. Para os próximos anos está prevista a entrada em operação de novos sistemas voltados à melhoria da qualidade do serviço de transporte coletivo urbano, em especial o realizado pelo modo ônibus.

2.3.5.2 Implantações no exterior

A utilização de sistemas capazes de auxiliar a operação do transporte coletivo urbano na Europa e nos Estados Unidos data do final do século passado. Segundo Silva (2000, p. 30), desde o início da década de 80 a França iniciou suas experiências voltadas à implantação de sistemas avançados aplicados ao transporte coletivo urbano. De acordo com o autor “os primeiros sistemas foram evoluindo e, com o avanço tecnológico, hoje é possível não apenas o acompanhamento da frota, mas também a influência sobre a operação para a melhoria do sistema”.

Para Schein (2003, p. 88), “dentro da estrutura do sistema APTS, existe uma inter-relação sinérgica entre o sistema de ajuda à operação (SAO) e o sistema de informação ao usuário (SIU)”. Essa relação ocorre baseada na necessidade de regularidade da prestação do serviço, controlada pelo SAO, para que o SIU possa disponibilizar informações confiáveis relativas aos horários, identificações das linhas nos pontos de parada, locais de integração, dentre outras.

Com relação à implantação crescente de sistemas avançados no transporte coletivo urbano em países desenvolvidos, Vieira *et al* (2000) consideram que o fator preponderante para a sua disseminação está apoiado no emprego cada vez maior de informações dinâmicas. As informações, segundo os autores, deverão ser confiáveis a todo o momento, permitindo que o usuário tome decisões, mesmo que essas signifiquem mudança para outro modo de transporte. A Tabela 3 apresenta alguns sistemas APTS implantados nos Estados Unidos e na Europa a partir do final do século passado. Os autores procuram identificar no estudo realizado o local e a data de implantação, bem como descrever de modo básico o tipo de sistema.

Tabela 3 – Implantações de APTS no exterior

Localidade	Data de Implantação	Tipo de Sistema	Descrição do Sistema
Chicago	1996	SAO, SIU	Localização contínua com transmissão <i>on-line</i>
Cleveland	2003	SAO, SIU, SAAT	Localização automática de veículos - AVL
Los Angeles	1995	SIU	Localização contínua com transmissão <i>on-line</i>
Minneapolis	1994	SIU	Localização contínua
Orlando	1996	SAO, SIU, SAAT	Localização automática de veículos - AVL
Paris	1991	SAO, SIU	Localização contínua com transmissão <i>on-line</i>
Metz	1999	SAO, SIU	Localização discreta com radiotransmissão em tempo real
Southampton	1994	SIU	Localização contínua com transmissão em tempo real
Londres	1993	SIU	Localização discreta com transmissão em tempo real
Madrid	-	SAO, SIU	Caminho ótimo
Barcelona	-	SAO, SIU	Localização contínua com transmissão <i>on-line</i>
Holanda	1992	SAO, SIU	Recuperação da tabela horária e uso de algoritmo de busca

Fonte: Silva 2000; Meyer 2000; Amundsen 2001 (apud SCHEIN, 2003, p. 88)

2.4 GEOPROCESSAMENTO

Segundo Câmara (2004), o termo geoprocessamento é dado à disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. O autor complementa afirmando que sempre que o “onde” aparece dentre as questões e problemas que necessitam de solução, haverá uma oportunidade para a adoção do geoprocessamento. Para Filho (2001, p. 4),

geoprocessamento corresponde ao termo *Geomatics* usado em alguns países. Na visão do autor o geoprocessamento “engloba toda a ciência ou tecnologia relacionada a cadastro, levantamento, mapeamento, sensoriamento remoto e SIG”.

Mora (2003, p. 8), considera “que o termo geoprocessamento, surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra”. Na visão da autora, o termo abriga os instrumentos e técnicas utilizadas na coleta dos dados espaciais, bem como as teorias relacionadas à obtenção das informações espaciais. Dentro desse contexto, a Figura 7 apresenta o conjunto de técnicas englobadas nos diversos subsistemas que formam o geoprocessamento.



Figura 7 – Definição de geoprocessamento

Fonte: FatorGIS. Disponível em: http://fatorgis.com.br/geotecnologias_tecnicas.asp. Acesso em: julho de 2008

2.4.1 Sistema de referência

Segundo Sinton (1978 *apud* SILVA, 2003), os dados espaciais representam a forma coletiva de observar os fenômenos que ocorrem na superfície da terra e podem ser descritos em espacial, temporal e temático. No estudo dos dados espaciais relativos ao problema de pesquisa, é de fundamental importância a definição dos sistemas de referência. Para a representação do dado espacial serão

utilizados sistemas de referência terrestres ou geodésicos capazes de descrever a sua posição sobre a superfície terrestre (IBGE, 1995).

Os sistemas de referência geodésicos ou *datum* estão associados a um sólido geométrico (elipsoide de revolução), cujos parâmetros definidores são o achatamento (f) e semieixo maior (a). Esse sólido, por sua vez, representará de uma maneira aproximada as dimensões da Terra e nele serão desenvolvidos os cálculos. Os modernos sistemas de referências geodésicas adotam o centro do elipsoide coincidente com o centro de massa da Terra (geocêntrico). No Brasil, compete ao IBGE a definição, a implantação e a manutenção do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), de acordo com o Decreto nº 4.740, de 13 de junho de 2003 (IBGE, 2005).

As coordenadas das entidades topográficas, que representam o dado espacial, quando referidas aos sistemas de referência geodésicos são normalmente apresentadas em três formas: cartesianas, geodésicas e planas (IBGE, 1995).

- Sistema de coordenadas cartesianas – o sistema coordenado cartesiano é caracterizado por um conjunto de três retas (X , Y e Z), denominadas eixos coordenados, mutuamente perpendiculares. O eixo X coincide com o plano equatorial, positivo na direção de longitude 0° ; o eixo Y coincide com o plano equatorial, positivo na direção de longitude 90° ; o eixo Z é paralelo ao eixo de rotação da terra e positivo na direção norte. Quando a origem do sistema cartesiano está localizada no centro de massa da terra as coordenadas são denominadas geocêntricas, usualmente utilizadas nos sistemas de posicionamento por satélite.
- Sistema de coordenadas geodésicas – as coordenadas geodésicas na superfície do elipsoide são: latitude geodésica (φ) ângulo contado sobre o meridiano que passa pelo ponto considerado, compreendido entre a normal passante pelo ponto e o plano equatorial; longitude geodésica (λ) ângulo contado sobre o plano equatorial, compreendido entre o meridiano de Greenwich e o ponto considerado; altitude elipsoidal (h) distância vertical do ponto considerado à superfície do elipsoide.
- Sistema de coordenadas planas – as coordenadas planas referidas a um determinado sistema de referência geodésica são representadas por suas componentes Norte (N) e Leste (E) e são o tipo regularmente encontrado em mapas. Para representar as feições de superfície curva

em plana são necessárias formulações matemáticas chamadas projeções. Diferentes projeções poderão ser utilizadas na confecção de mapas. No Brasil a projeção mais utilizada é a Universal Transversa de Mercator (UTM).

2.4.1.1 Sistemas de referência geodésicos adotados no Brasil

Segundo Mônico (2008), o Brasil adotou, ao longo de sua história contemporânea, vários sistemas geodésicos de referência: Córrego Alegre; *South American Datum* (SAD 69) e Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Para o autor, a adoção de um ou outro sistema de referência, bem como de suas diversas realizações, pode causar, para os usuários que não sejam especialistas no assunto, muitas confusões. A Tabela 4 apresenta de forma resumida a caracterização dos sistemas geodésicos de referências adotados no Brasil, indicando os parâmetros geométricos do elipsoide utilizado.

Tabela 4 – Caracterização dos sistemas de referência geodésicos adotados no Brasil

Sistema de Referência Geodésico	Elipsoide	a (m)	f
Córrego Alegre	Hayford, 1924	6.378.388	1/297
SAD 69	Internacional, 1967	6.378.160	1/298,25
SIRGAS2000	Geodetic Reference System 1980	6.378.137	1/298,257222101

Fonte: IBGE (2005) adaptado pelo autor

Com o propósito de dotar o país de um sistema de referência compatível com as modernas técnicas de posicionamento por satélite, bem como disciplinar o seu emprego, o IBGE, por meio da Resolução do Presidente do IBGE 1/2005, publicada em 2 de fevereiro de 2005, estabeleceu “como novo sistema de referência geodésico para o SGB e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano 2000 (SIRGAS2000)”. A mesma resolução estabeleceu um período de transição,

não superior a dez anos, para a concomitância dos sistemas SIRGAS 2000, SAD 69 e Córrego Alegre. Nesse período, os usuários deverão adequar e ajustar suas bases de dados, métodos e procedimentos para o novo sistema (IBGE, 2005, p. 1).

2.4.1.2 Sistema de referência associado ao GPS

O sistema de referência associado ao GPS, quando se empregam as efemérides transmitidas, é o *World Geodetic System 1984* (WGS 84). Para o levantamento com GPS na sua forma convencional as coordenadas cartesianas obtidas dos pontos envolvidos estarão nesse sistema de referência (MONICO, 2008). Segundo IBGE (2008), o sistema de referência associado ao GPS sofreu, ao longo de sua história, três refinamentos. Sua última realização, implementada em 20 de janeiro de 2002, é denominada G1150, onde G está associado ao sistema de posicionamento utilizado nessa nova realização e o número 1150 indica a semana GPS em que a mudança foi efetuada. A Tabela 5 mostra os parâmetros da última realização do sistema de referência WGS 84.

Tabela 5 – Parâmetros do elipsóide WGS 84

Sistema de Referência Geodésico	Elipsoide	a (m)	f
WGS 84	Geodetic Reference System 1980	6.378.137	1/298,257223563

Fonte: Monico (2008, p. 126) adaptado pelo autor

Comparando a Tabela 5 com a Tabela 4, podemos concluir que as diferenças entre os parâmetros geométricos do elipsoide do sistema WGS 84 e do sistema SIRGAS2000 ocorrem apenas no achatamento (f). As coordenadas nos dois sistemas podem ser consideradas iguais com nível de precisão centimétrico. Já os parâmetros de transformações entre SIRGAS2000 e SAD 69 a partir de suas coordenadas cartesianas: $\Delta X = 67,35\text{m}$; $\Delta Y = -3,88\text{m}$; e $\Delta Z = 38,22\text{m}$ (IBGE, 2005).

2.4.1.3 Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM

A forma usual de encontrarmos a representação da superfície topográfica em um mapa só é possível por meio de sistemas de projeção. Essa representação necessita de cuidados especiais, pois a superfície esférica, representada por um elipsoide no qual foram geradas as coordenadas cartesianas ou geodésicas, não é achatável sobre um plano sem dobras ou rachaduras.

Segundo Raisz (1969), são vários os modelos matemáticos ou projeções cartográficas existentes que se propõem a solucionar o problema de representação de um corpo esférico sobre o plano, contudo não se pode afirmar que exista uma projeção melhor que a outra. Para Ramos (1999, p. 3) “não existe nenhum sistema de projeção cartográfica que elimine os efeitos da deformação quando das tentativas de representar, no plano, uma parte da superfície terrestre”. Do ponto de vista matemático, as projeções poderão manter: a relação verdadeira entre as distâncias (equidistante), a equivalência entre as áreas (equivalente) e a reciprocidade entre os ângulos (conforme).

A projeção UTM, bastante difundida no sistema cartográfico nacional, adota o tipo de solução matemática conforme. Segundo Ramos (1999), o sistema proposto por Gerhard Kramer, em 1569, consiste em projetar o elipsoide sobre um cilindro transversal ao equador em amplitudes fixas de longitudes. A projeção UTM divide a terra da latitude 84° Norte à latitude 80° Sul em colunas com largura de 6° de longitude chamadas zonas e numeradas de 1 a 60 no sentido leste, começando no meridiano 180° (MIRANDA, 2005).

Dentre as diversas características técnicas do sistema de projeção UTM, Silva (2003), Miranda (2005) e Silveira (2000) destacam: k_0 – coeficiente de redução de escala no meridiano central do fuso ($k_0=1-1/2500=0,9996$); designação das coordenadas N=latitude e E=longitude; sistema formado por eixos cartesianos ortogonais e constantes adicionados às coordenadas (500.000 m ao valor de E no meridiano central do fuso e 10.000.000 m no equador para o hemisfério sul e 0 m para o hemisfério norte).

Para Miranda (2005, p. 92), o emprego da projeção UTM na representação gráfica é muito comum, pois “permite medidas precisas usando o sistema métrico decimal, aceito por muitos países e pela comunidade científica em geral, na qual a

unidade básica de medida é o metro”. Silva (2003), com relação ao sistema de projeção UTM, recomenda bastante cuidado quando os dados ultrapassarem a amplitude do fuso ou quando parte da área estiver contida em dois fusos. Em ambos correções são necessárias para que as grandezas lineares e angulares correspondam à realidade.

No Brasil, o uso da projeção UTM é normalizada pelo IBGE para escalas entre 1:1.000.000 e 1:10.000; entretanto, esse sistema é utilizado para escalas maiores (SILVA, 2003). A Figura 8 apresenta as principais características do sistema de projeção UTM.

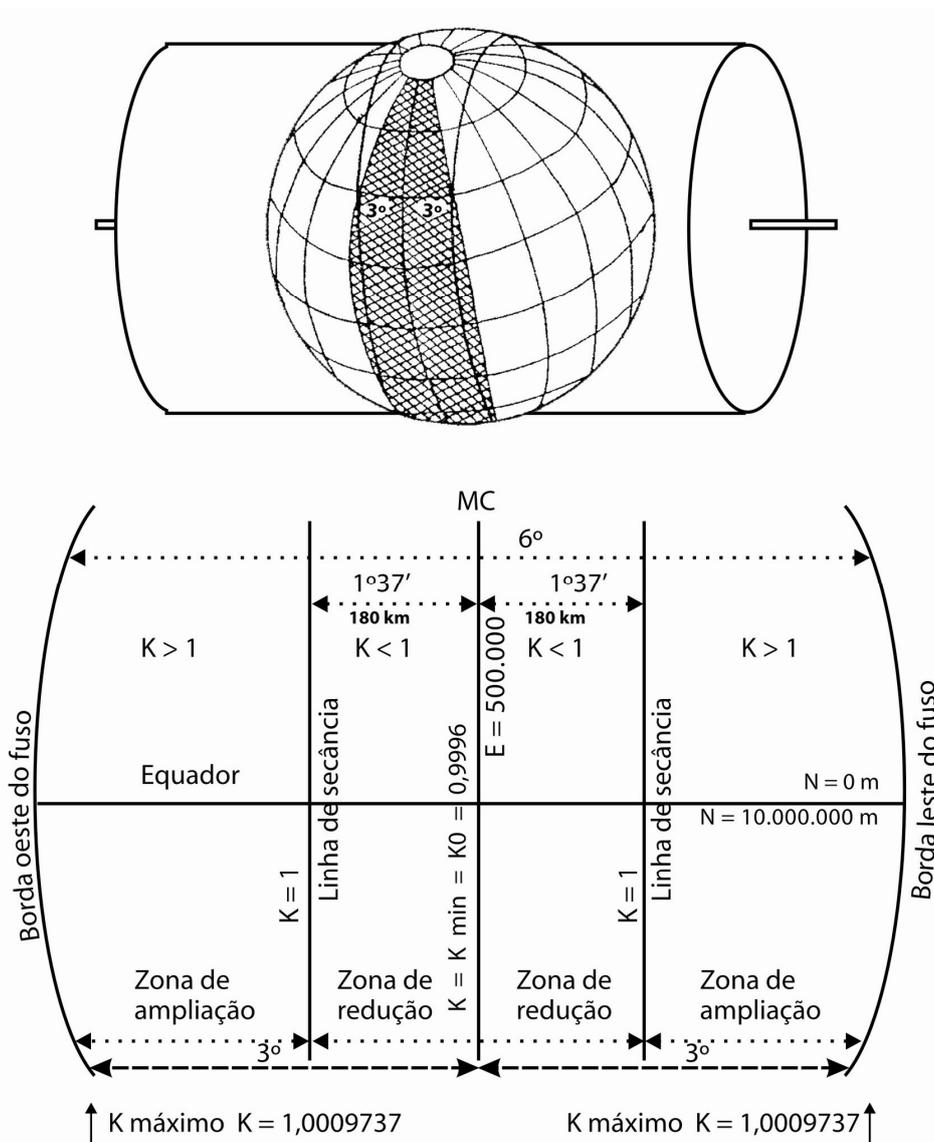


Figura 8 – Características do fuso de projeção no sistema UTM

Fonte: Silveira (2000, p. 1204)

Para Miranda (2005, p. 93), “uma referência espacial no sistema UTM requer três números, a orientação Leste, Norte e o número da zona ou meridiano central”. Assim sendo, qualquer dado espacial associado ao sistema UTM deve obrigatoriamente apresentar, além dos valores de E e N, o meridiano central ou o número do fuso de projeção e o sistema de referência geodésico associado.

2.4.2 Posicionamento aplicado ao ITS

Segundo Mônico (2008, p. 29), “posicionar um objeto nada mais é do que lhe atribuir coordenadas”. Para Drane e Rizos (1998, p. 1), “no contexto do ITS, sistemas de posicionamento medem a localização de carros, caminhões, automóveis, ônibus e trem”. A posição é o elemento primordial nos sistemas de transporte inteligente, permitindo aos tomadores de decisão responder a um velho questionamento: onde ocorreu o evento? No caso particular do sistema de informação ao usuário de transporte coletivo por ônibus, o fator posição é crucial para a localização do veículo sobre a via, permitindo, por exemplo, estudos de tempos e movimentos capazes de prever o horário de chegada dos ônibus aos pontos de parada.

Com os avanços tecnológicos na área de eletrônica e informática ocorridos nos últimos anos foi possível implementar e disponibilizar diversos sistemas de posicionamentos capazes de operar em tempo real, localizando o veículo no tempo e no espaço de forma contínua e discreta. Segundo Drane e Rizos (1998) os sistemas de posicionamentos aplicados ao ITS podem ser divididos em três classes: *signpost*, odômetro com giroscópio e radionavegação.

O *signpost* permite o posicionamento por meio de uma estação radiotransmissora colocada no interior do veículo capaz de emitir um sinal. Quando o sinal é rastreado pelas balizas (*signpost*) colocadas ao longo da via em locais previamente conhecidos, o posicionamento é realizado. O posicionamento por odômetro com giroscópio ocorre de forma relativa a partir da medida da distância percorrida pelo veículo e da direção dada pelo giroscópio ou bússola. Já a radionavegação consiste em estações radiotransmissoras posicionadas em locais conhecidos fixos ou não. Pelo sinal recebido é possível calcular a distância entre o

receptor e as estações. O conhecimento de três ou mais distâncias permite resolver o problema de posicionamento. Para Drane e Rizos (1998) a radionavegação utilizando sistemas de posicionamento e navegação por satélite é a forma mais usual encontrada nos sistemas ITS devido a sua acurácia, disponibilidade, repetibilidade, integridade e custo.

Atualmente estão disponíveis dois sistemas de posicionamento e navegação por satélite: o NAVSTAR-GPS, ou apenas GPS (*Global Positioning System*), como é comumente conhecido; e o GLONASS (*Global Orbiting Navigation Satellite System*). O primeiro foi desenvolvido e é mantido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD - *Department of Defense*) e o segundo, pela antiga URSS. Os dois sistemas são similares, porém o GPS, operacional desde 1985, tornou-se sinônimo para área de posicionamento e navegação por satélite (MONICO, 2008). Segundo o autor, outros sistemas de posicionamento e navegação por satélite estão sendo implementados, como o Galileo (União Europeia – EU) e o Beidou/Compass (China).

Para o IBGE (2008, p. 4) o emprego de toda a infraestrutura espacial e terrestre existente, bem como o constante desenvolvimento tecnológico aplicado ao posicionamento por satélite, fez surgir uma nova denominação capaz de abrigar todos os sistemas de navegação global por satélite existentes (GNSS - *Global Navigation Satellite System*). O conceito de GNSS atualmente está sendo empregado para “designar o posicionamento por satélite utilizando toda infraestrutura citada anteriormente somando-a a outros sistemas de posicionamento por satélite, tais como o GLONASS, Galileo, Compass (China) etc.”. Apesar da existência de diversos sistemas de posicionamento por satélite, este trabalho tratará apenas do sistema GPS.

2.4.2.1 Sistema de posicionamento e navegação por satélite GPS

O GPS “é um sistema de posicionamento por satélites artificiais que proporciona informações de tempo e posição tridimensional em qualquer instante e lugar do planeta” (IBGE 2008, p. 2). Inicialmente concebido para fins militares, atualmente o serviço de posicionamento é aberto aos usuários civis. A posição, a velocidade e o tempo de um usuário, em qualquer lugar da superfície terrestre ou próximo a ela, são determinados a partir da medição de distâncias entre o

observador e a constelação visível de satélites em relação a um sistema de referência.

As distâncias medidas são denominadas pseudodistâncias, em razão da falta de sincronismo entre o relógio do usuário e os relógios dos satélites, adicionando uma quarta incógnita ao problema inicial, qual seja, conhecer a posição tridimensional do usuário (X, Y e Z). Com isso, para a solução do problema é necessário que, no mínimo, quatro satélites estejam disponíveis no horizonte de observação. Nos posicionamentos que requerem maior precisão, além das pseudodistâncias, são efetuadas medidas a partir da fase de batimento da onda portadora (MONICO, 2008).

Segundo Seeber (2003), o início dos estudos para a implantação de um sistema de posicionamento por satélite de caráter global teve seu início em 1973. Somente em 27 de abril de 1985 o sistema foi declarado operacional, com 24 satélites em órbita. O sistema oferece aos usuários dois tipos de serviço de posicionamento: o SPS (*Standart Positioning Service*) e o PPS (*Precise Positionig Service*). O primeiro serviço está disponível a todos os usuários e o segundo é restrito a militares e a usuários autorizados (SEEBER, 2003; MONICO, 2008).

O sistema GPS é composto de três segmentos principais: espacial, controle e de usuários. O primeiro está associado à constelação dos satélites e aos seus sinais, o segundo realiza o monitoramento e faz a devida manutenção no sistema. O terceiro segmento pertence a todos os usuários que, a partir de um equipamento receptor, utilizam a tecnologia na solução de seus problemas diários ligados à geodésia, meio ambiente, transportes, agricultura etc. (KENNEEDY, 2002).

Os satélites que compõem o sistema GPS estão distribuídos em seis planos orbitais, alocados a uma altitude aproximada de 20.200 km. Cada satélite realiza uma volta completa ao redor da terra em aproximadamente 12 horas siderais. Dessa forma, a posição dos satélites se repete, a cada dia, aproximadamente quatro minutos antes em relação ao dia anterior. Essa configuração garante que em qualquer local da superfície da terra ou próximo a ela e a qualquer hora estejam disponíveis para os usuários no mínimo quatro satélites (SEEBER, 2003).

Segundo Mônico (2008), na concepção inicial do projeto NAVSTAR-GPS estavam previstos quatro tipos de satélites pertencentes aos blocos I, II, IIA e IIR. O bloco I pertencia aos satélites protótipos, que foram desativados. Atualmente está sendo lançada ao espaço a quarta geração de satélites, denominada bloco IIF. Cada

satélite, até o bloco IIR, foi projetado para transmitir do espaço dois sinais altamente estáveis: o sinal L1, baseado na portadora com frequência de 1575,42 MHz, e o sinal L2, com frequência de 1227,60 MHz. Modulados em fase com as portadoras são transmitidos os códigos C/A (*Coarse Acquisition*) e P (*Precise or Protected*), que formam o PRN (*Pseudo-Random-Noise*). A partir do bloco IIF, uma terceira portadora fará parte do sistema GPS (L5 = 1176,45 MHz). Segundo Leick (1995 *apud* MONICO, 2008, p. 43), a modulação dos códigos sobre as portadoras “permite realizar medidas de distâncias, a partir da medida do tempo de propagação da modulação”. Além dos códigos modulados em fase com as portadoras, os satélites transmitem dados (navegação, relógio etc.).

Quanto aos métodos de posicionamento com o sistema GPS, Mônico (2008, p. 279) classifica-os em: “posicionamento absoluto, quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro; e relativo, no caso em que as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas”. Segundo o autor, pode-se ainda usar no contexto do posicionamento por satélite o método denominado DGPS (*Differential GPS*). O DGPS consiste em um receptor GPS localizado sobre uma estação de referência de coordenadas conhecidas, transmitindo correções para outro(s) receptor(es). As correções são obtidas pelas diferenças encontradas entre as coordenadas conhecidas e as estimadas (posicionamento absoluto).

Segundo o IBGE (2008, p. 6), “o posicionamento por ponto, também conhecido como posicionamento absoluto ou isolado, requer a utilização de apenas um receptor”. Para Mônico (2008), a solução nesse método de posicionamento é obtida a partir da medição das pseudodistâncias (PD) a, no mínimo, quatro satélites visíveis no horizonte do observador. A medida da PD entre o satélite e a antena do receptor baseia-se na correlação entre o código gerado no satélite em um determinado instante de tempo ($G^s(t)$) e a sua réplica gerada no receptor ($G_r(t)$). A diferença de tempo (Δt) obtida pela correlação dos códigos nada mais é que o tempo de propagação do sinal no trajeto, ligando o satélite ao receptor. A PD é obtida pela multiplicação da diferença de tempo (Δt) com a velocidade da luz (c). Além do tempo de propagação, a PD é influenciada pelo erro de sincronização entre os relógios dos satélites e do receptor e pelo erro de propagação do sinal na atmosfera.

As coordenadas e o erro do relógio dos satélites são obtidos durante a observação por meio das efemérides transmitidas. Já “as coordenadas e o erro do

relógio do receptor são calculados em um ajustamento em que as observações são pseudodistâncias derivadas do código C/A de pelo menos quatro satélites” (IBGE 2008, p. 7). A Figura 9 apresenta as relações geométricas envolvidas no posicionamento por GPS por meio da pseudodistância.

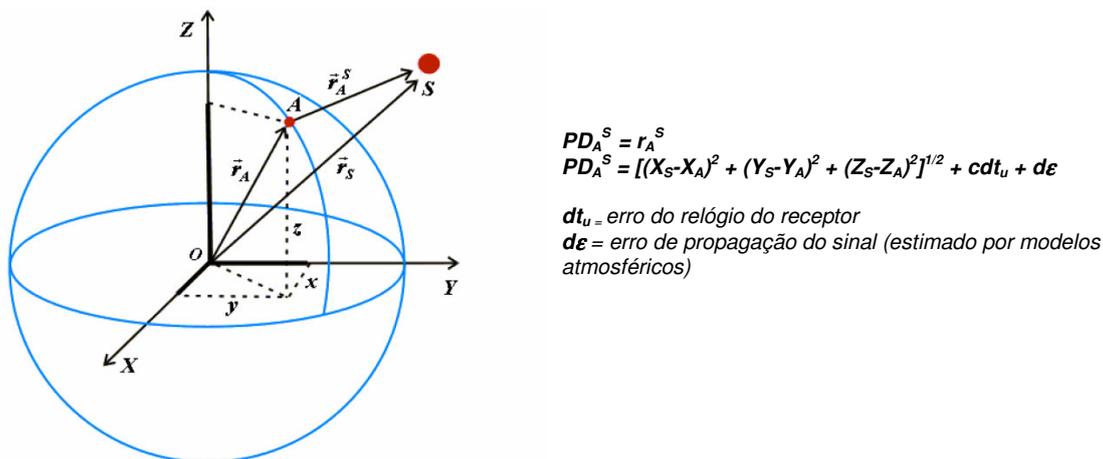


Figura 9 – Relações geométricas envolvidas no posicionamento por GPS

Fonte: Seeber (2003), adaptado pelo autor

A partir do problema de posicionamento absoluto, apresentado na Figura 9, nota-se que existem quatro incógnitas envolvidas: as coordenadas cartesianas geocêntricas do ponto A (X_A ; Y_A ; Z_A) e o erro do relógio do receptor (dt_u). Assim sendo, sua solução só é possível a partir da determinação da pseudodistância para no mínimo quatro satélites. O lado direito da equação (1), mostrado na Figura 10, representa o modelo matemático da pseudodistância. As coordenadas dos satélites (X_S ; Y_S ; Z_S) são fornecidas pelo segmento de controle do sistema GPS durante a observação por meio das efemérides transmitidas no sistema de referência WGS 84.

O posicionamento absoluto emprega apenas um receptor. Segundo Mônico (2008), esse método de posicionamento tem sido empregado em larga escala para trabalhos de baixa precisão. Segundo o autor, o posicionamento absoluto apresentava, até o dia 1º de maio de 2000, precisão planimétrica melhor que 100 m, com 95% de confiança. Essa precisão era causada por erros sistemáticos introduzidos intencionalmente no sistema GPS por intermédio de uma técnica denominada disponibilidade seletiva (*Selective Availability – SA*). Com a eliminação dos erros intencionais, a acurácia planimétrica e altimétrica encontrada atualmente

no posicionamento absoluto, com 95% de confiança, pode ser expressa a partir da Tabela 6, divulgada em 4 de outubro de 2001, por meio de documento *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard*, elaborado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD, 2001).

Tabela 6 – Acurácia planimétrica e altimétrica por meio do posicionamento absoluto

	L1		L1 e L2	
	Horizontal (m)	Vertical (m)	Horizontal (m)	Vertical (m)
Média Global	8,3	16,8	3,1	5,6
Pior Situação	19,7	44,0	5,0	9,2

Fonte: DoD (2001, p. A-35 e A-36). Disponível em <http://pnt.gov/public/docs/SPS-2001-final.pdf>. Acesso em: agosto de 2008

A acurácia planimétrica e altimétrica apresentada na Tabela 6 não inclui as contribuições atmosféricas causadas principalmente pela ionosfera; os ruídos no receptor e o multicaminhamento das ondas, causados por superfícies refletoras no local de observação. As contribuições atmosféricas são minimizadas por modelos atmosféricos. Os ruídos do receptor advêm de problemas nos componentes eletrônicos. Já o multicaminhamento é função do local de observação onde o receptor pode, em algumas circunstâncias, receber, além do sinal que chega diretamente a antena, sinais refletidos em superfícies vizinhas.

Quando se desejam acurácias melhores que as oferecidas pelo posicionamento absoluto, são utilizados os métodos de posicionamento relativo. Segundo Mônico (2008, p. 332), “o conceito fundamental do posicionamento relativo é que dois ou mais receptores envolvidos rastreiem, simultaneamente, pelo menos dois satélites comuns”. Para o autor, as diferenças entre observáveis coletadas por cada receptor possibilitam o cancelamento de grande parte dos erros envolvidos. No posicionamento relativo são adotadas as seguintes observáveis: pseudodistância e fase da onda portadora.

O advento dos chamados Sistemas de Controle Ativo (SCA) possibilitou a utilização de apenas um receptor para o posicionamento relativo. Os SCA são sistemas ativos em que receptores de domínio público ou privado rastreiam continuamente os satélites visíveis em estações predeterminadas. Os dados de

observação de cada estação são posteriormente disponibilizados na Internet. No Brasil, o IBGE disponibiliza dados para posicionamento relativo por meio da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). São várias estações distribuídas pelo território nacional. Segundo Silva (2003), a RBMC fornece dois tipos de arquivos. O primeiro contém informações relativas à estação solicitada, tais como coordenadas geodésicas, características do receptor e da antena, memorial de acesso etc. O segundo tipo refere-se ao arquivo compactado por dia de observação.

Para o IBGE (2008, p. 19), a informação relativa à posição de um ponto é dada pelo sistema GPS em um sistema cartesiano tridimensional geocêntrico. Segundo o autor, “essa posição é convertida através de um programa interno do próprio GPS ou de um programa de processamento, sendo normalmente mostrada em outros sistemas como de coordenadas geodésicas e UTM”.

A tecnologia de posicionamento por satélite tornou-se, nos últimos anos, uma valiosa ferramenta de auxílio à solução de diversos problemas do nosso cotidiano. Aplicações das mais corriqueiras a monitoramentos de placas tectônicas e grandes obras de engenharia estão se apoiando nas informações espaciais e temporais disponibilizadas pelos sistemas de posicionamento por satélites, em particular pelo sistema GPS.

2.4.3 Banco de dados

Na visão de Albuquerque (2000), banco de dados é uma coleção de dados relacionados que existe por um longo período de tempo para atender às necessidades de múltiplos usuários dentro de uma ou múltiplas organizações. Para Silva (2003, p. 150), “um banco de dados (BD) consiste em uma coleção de dados inter-relacionados”.

Elmasri e Navathe (2005) classificam o banco de dados quanto aos modelos em: relacional; hierárquico e rede. O modelo relacional usa um conjunto de tabelas para representar tanto os dados quanto a relação entre eles. Um banco de dados hierárquico compõe-se de um conjunto ordenado de árvores, mais precisamente de um conjunto ordenado de ocorrências múltiplas de um tipo único de árvore. Um banco de dados em rede consiste em uma coleção de registros que são concatenados uns aos outros por meio de ligações. Silva (2003, p. 156) adiciona aos

tipos citados o banco de dados orientado a objetos. Segundo o autor “o modelo de orientação a objeto está baseado no encapsulamento de código e dados em uma única entidade chamada objeto”. Alguns autores fazem menção ao modelo objeto-relacional; nesse caso trata-se de um modelo híbrido, com uma estrutura relacional, adicionando alguns conceitos de orientação a objetos, tais como herança de tabelas, de tipos e a possibilidade de criação de tipos complexos de dados. Resumindo, um modelo de banco de dados define a forma como os dados são organizados internamente.

À medida que o volume e os tipos de dados armazenados aumentam dentro de uma organização, é preciso utilizar softwares especiais para gerenciar esses dados, os chamados SGBDs (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados). Silberschats (2006) considera o SGBD como um software de caráter geral para a manipulação eficiente de grandes coleções de informações estruturadas e armazenadas de uma forma consistente e integrada. Tais sistemas incluem módulos para consulta, atualização e ainda as interfaces entre o sistema e o usuário. Segundo o autor, o SGBD é constituído por um conjunto de dados associados a um conjunto de programas para acesso a esses dados.

Os SGBDs já são utilizados há mais de duas décadas, principalmente em aplicações de âmbito comercial, e mais recentemente houve aprimoramentos que permitiram seu uso em novas aplicações, como: sistemas de suporte à decisão; bancos de dados georreferenciados (geográfico); bancos de dados multimídias; bancos de dados móveis; resgate de informação e resgate de informações distribuídas (SILBERSCHATZ, 2006).

2.4.3.1 Dado e informação geográfica

Stair e Reynolds (2002) definem “dados” como os fatos em sua forma primária, no qual representam as coisas do mundo real que têm pouco valor além de si mesmos. Ainda segundo os autores, a informação é considerada como um conjunto de fatos organizados de tal forma que adquirem valor adicional além do valor do fato em si. Nesse contexto, Date (2004) considera o termo dado quando é empregado para se referir aos valores fisicamente registrados no banco de dados, e informação para se referir ao significado desses valores para algum usuário.

Segundo Filho (2001), os dados geográficos ou espaciais representam um fenômeno observado sobre ou sob a superfície terrestre. A descrição do fenômeno é dada por meio de três componentes básicos: espacial, temporal e temático. O componente espacial descreve a localização, o temporal está associado a um instante ou intervalo de tempo em que o fenômeno é observado, e o temático descreve de forma textual ou numérica as características qualitativas e quantitativas do fenômeno. Para Lisboa (2001), dados geográficos ou georreferenciados são caracterizados por quatro aspectos: a descrição do fenômeno geográfico; sua posição geográfica; relacionamentos espaciais com outros fenômenos geográficos e o instante ou intervalo de tempo em que o fenômeno existe ou é válido.

Para Silberschatz (2006), os dados geográficos são espaciais por natureza. Segundo os autores, mapas e imagens de satélites são exemplos típicos de dados geográficos. Silva (2003) considera que os dados geográficos podem ser estruturados no computador de duas formas básicas: estrutura matricial (raster) e estrutura vetorial. Na estrutura matricial, é formada uma grade regular de células (pixel) com resolução espacial variada. A posição da célula é definida pela linha e coluna em que está localizada na grade. Cada célula armazena um valor que corresponde ao tipo de entidade que é encontrada naquela posição. Na estrutura vetorial, os dados geográficos são constituídos por pontos, linhas e polígonos.

2.4.4 Sistema de informações geográficas

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) ou *Geographical Information System* (GIS), como é conhecido mundialmente, consiste em um conjunto de ferramentas capaz de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais (CÂMARA, 2004). Ao analisar separadamente as três palavras que compõem o acrônimo SIG ou GIS, identificamos a sua finalidade como uma poderosa ferramenta de tomada de decisão. A palavra sistema indica que o SIG é formado por vários componentes inter-relacionados e conectados com diferentes funções; informação pressupõe que os dados estarão organizados para produzir conhecimento; e geográfica implica no conhecimento da localização espacial dos dados. Assim toda informação gerada em um SIG está vinculada a um sistema de referência geodésico.

Segundo Miranda (2005, p. 25), existem diferentes definições de SIG na literatura. As que normalmente são encontradas consideram o SIG como “um sistema de computador que colecciona, edita, integra e analisa informação relacionada à superfície da Terra”. Para o autor, o SIG é formado por um conjunto de programas de computador contendo quatro subsistemas: entrada de dados; armazenamento e recuperação de dados; manipulação e análise de dados espaciais; e saída. A Figura 10 apresenta uma configuração básica em um SIG.

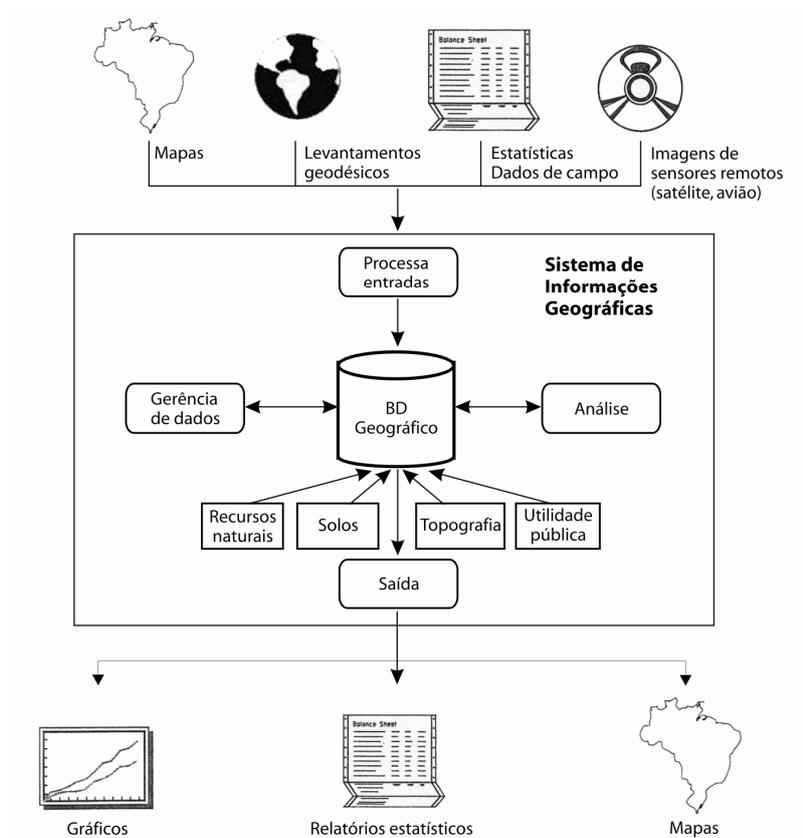


Figura 10 – Configuração básica de um SIG

Fonte: Miranda (2005, p. 33)

Os dados espaciais podem ter diferentes origens, tais como: mapas existentes; levantamentos geodésicos realizados com o auxílio de teodolitos, estações totais, níveis ou receptores GNSS; sensoriamento remoto aéreo (fotogrametria) ou espacial. Já os dados não espaciais, que irão fornecer atributos

aos dados espaciais, podem ser obtidos de estudos já realizados, estatísticas de órgãos oficiais e levantamento de campo.

Segundo Casanova *et al* (2005), a complexidade de representação e manipulação de dados geográficos exigiu o desenvolvimento de SGBD objeto-relacionais que possibilitassem a funcionalidade e o desempenho satisfatórios dos bancos de dados geográficos. Silva (2003, p. 109) considera que “são quatro os tipos de dados que fazem parte de um SGBD: textuais, numéricos, vetoriais e matriciais ou raster”. Para o autor, os dados podem, de acordo com o modo de organização, possuir diferentes formatos. Dentre os formatos mais utilizados para a representação dos dados textuais e numéricos, destaca-se o formato ASCII (*American Standard Code*).

Dentro do SIG a análise é o seu principal componente. Segundo Miranda (2005), os variados sistemas disponíveis no mercado possibilitam ao usuário realizar inúmeras análises espaciais a partir de diversas funções. Para Silva (2003), as principais funções encontradas nos SIGs são: consulta – permite arguir o banco de dados para obter as coordenadas geográficas de qualquer elemento, além do atributo relacionado a ele; operações de superposição – realizam superposição entre os vários planos de informação; análise de proximidade – também conhecida como operação de *buffer*, consiste em gerar subdivisões geográficas na forma de faixas; análise de contiguidade – consiste em realizar procedimentos matemáticos envolvendo atributos dos dados espaciais; análise de rede – realiza análises quantitativas a partir de elementos vetoriais e análises algébricas não cumulativas – compreendem a simultaneidade *booleana*, a possibilidade *fuzzy* e a probabilidade *bayesiana*.

Além das partes física e lógica do SIG, um elemento importante no ambiente é o recurso humano. Segundo Miranda (2005, p. 38), ele é “responsável por definir projetos, implementar, usar e prestar assistência ao SIG”. Para o autor, se não houver pessoas qualificadas nas funcionalidades do sistema, pouco será alcançado no projeto.

Um aspecto relevante associado ao SIG é o de diferenciá-lo de Geoprocessamento, uma vez que é comum encontrar textos que os tratam como sinônimos. Geoprocessamento é a integração de todas as técnicas empregadas na aquisição e no gerenciamento de dados espaciais usados em aplicações científicas, administrativas, legais e técnicas envolvidas no processo de produção e

gerenciamento de informação espacial. Abrange diversas tecnologias e conceitos de diversas áreas do conhecimento. O SIG é apenas um dos sistemas envolvidos no geoprocessamento.

Existem diversos SIGs no mercado; além de recursos para processamento de mapas e análises espaciais, esses sistemas incluem bancos de dados e linguagens para manipulação e definição dos dados, a exemplo da SQL (*Structure Query Language*) e outras mais complexas que possibilitam a construção de códigos de programas embutidos no próprio ambiente do software.

A linguagem SQL tornou-se uma linguagem padrão para os SGBDs relacionais comerciais, a partir de 1986, na sua primeira versão, chamada SQL-86 ou SQL1. Trata-se de uma linguagem abrangente que inclui comandos para a definição de dados, consultas e atualizações. Ela também possui regras para embutir os comandos SQL em linguagem de programação genéricas como: C, Java, assim como no próprio SIG utilizado neste trabalho (ArcGIS Versão 9.3).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para a solução do problema de pesquisa formulado.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Andrade (2006), pesquisa é o conjunto de procedimentos sistemáticos baseados no raciocínio lógico que tem por objetivo encontrar soluções para problemas propostos mediante a utilização de métodos científicos. Gil (2002) define pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Cervo e Bervian (1983) ressaltam que a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas por meio do emprego de processos científicos. Todas as definições de pesquisa, de uma ou de outra maneira, apontam seu caráter racional predominante na solução de problemas.

3.1.1 Método de abordagem

Para a realização de uma pesquisa é necessário que o pesquisador utilize métodos científicos que irão conduzi-lo durante o trabalho. Segundo Marconi e Lakatos (2007), método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo, que são os conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. O método escolhido, portanto, tem como objetivo orientar o pesquisador com relação aos passos a serem seguidos, estabelecendo limites e mostrando erros durante a realização de sua pesquisa, a fim de que os resultados obtidos sejam considerados válidos e verdadeiros.

Medeiros (2006, p. 42) considera que a “pesquisa científica exige a utilização de métodos que são classificados em dedutivo e indutivo”. O método dedutivo procura transformar enunciados complexos, universais, em particulares. Já o método indutivo é um raciocínio em que, de fatos particulares, se tira uma conclusão genérica. Para Oliveira (2004, p. 60), “o emprego do método indutivo é considerado como forma ou critério de demarcação entre aquilo que é científico e aquilo que não é científico”.

Portanto, esta pesquisa, a partir da análise de um referencial teórico, deverá demonstrar que a partir da integração de tecnologias da informação e comunicação é possível implementar um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar nos pontos de parada o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES.

3.1.2 Natureza da pesquisa

Esta pesquisa, quanto à sua natureza, classifica-se como aplicada orientada à geração de conhecimentos com vistas à implementação de um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar nos pontos de parada o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES (SIU-VIX). Segundo Laville e Dionne (1999), esse tipo de pesquisa tem como característica principal a aplicação de conhecimentos já disponíveis para a solução de problemas, podendo, todavia, tanto contribuir para ampliar a compreensão do problema quanto sugerir novas questões a serem investigadas.

3.1.3 Forma da pesquisa

Para alcançar os objetivos da pesquisa, que é justamente implementar um sistema de informação ao usuário, os dados coletados foram quantificados em tabelas e gráficos. Sendo, portanto, uma abordagem quantitativa.

3.1.4 Objeto da pesquisa

Com base em seus objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória. Gil (2002) considera que a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Pode-se dizer que essas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. De acordo com o mesmo autor, na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (i) levantamento bibliográfico; (ii) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (iii) análise de exemplos que estimulem a compreensão.

3.1.5 Procedimentos técnicos

A pesquisa constituiu seu marco teórico a partir do referencial teórico empregado: levantamento bibliográfico em livros, artigos científicos, periódicos, trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) e sites disponíveis na Internet. Quanto às experiências práticas com o problema pesquisado, foram realizadas consultas a usuários, gestores e operadores do SMTC na cidade de Vitória-ES, bem como a participação do pesquisador em congressos e seminários. Os exemplos utilizados para estimular a compreensão foram objetos de estudo em dissertações e teses sobre o tema, em pesquisas no Brasil e no exterior.

De acordo com Gil (2002), para analisar os fatos do ponto de vista empírico, visando confrontar a visão teórica com os dados da realidade, torna-se necessário traçar um modelo conceitual e operativo da pesquisa. Partindo do problema da pesquisa, o modelo conceitual foi estruturado em oito etapas.

- Definição da linha de ônibus a ser estudada. Foi escolhida a linha 101, pertencente ao Sistema Municipal de Transporte Coletivo (SMTC) da cidade de Vitória-ES. A escolha da linha de ônibus levou em consideração a necessidade de validar o sistema de informação ao usuário no ponto de parada localizado em frente ao Instituto Federal do Espírito Santo, antigo Cefetes. Para isso, a linha escolhida deveria utilizar em seu percurso o referido ponto de parada.

- Rastreamento dos ônibus da linha 101 no mês de agosto de 2008. Os dados espaciais relativos ao rastreamento dos ônibus da linha 101 utilizados para a realização dessa etapa foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Vitória. A solicitação dos dados foi protocolada sob o número 11956/2008, encaminhada ao Secretário Municipal de Transportes e Infraestrutura Urbana (Apêndice A).
- Levantamento geodésico da linha 101 e de seus respectivos pontos de parada no trecho: ponto inicial (PP0) e ponto (PP22) localizado em frente ao Ifes. O levantamento geodésico empregou o sistema de posicionamento por satélite GPS. Foram utilizados dois receptores GPS da marca Leica, modelo System 1200, com antena ATX 1202 e um receptor GNSS da marca Trimble modelo NetR5 com antena Zephyr GNSS Gedetic Model 2. Os dados espaciais dos pontos de parada foram coletados no modo estático relativo e do caminhamento da linha de ônibus no modo cinemático relativo a uma taxa de cinco segundos.
- Importação dos dados espaciais no SIG. Os dados espaciais referentes aos registros de rastreamento do ônibus da linha 101, bem como do posicionamento dos pontos de parada e do caminhamento da linha 101 no trecho PP0 ao PP22 foram importados no SIG.
- Consulta e análise espacial dos dados a partir do SIG. Foram realizadas consultas aos dados espaciais referentes aos registros de rastreamento e ao posicionamento da linha 101, com o propósito de verificar inconformidades. As análises espaciais dos dados permitiram a criação dos planos de informação: Buffer_Parada e Buffer_Caminhamento. O primeiro utilizou a análise de proximidade para determinar os registros de rastreamentos até cinquenta metros em relação aos pontos de parada. O segundo empregou a análise de corredores para criar polígonos com largura de cinquenta metros para cada lado do caminhamento da linha 101 e comprimento equivalente aos pontos de parada.
- Determinação dos tempos médios entre pontos de parada. Para determinar os tempos médios entre pontos de parada por faixa horária foi implementada uma rotina na linguagem de programação Transact-

SQL embutida no banco de dados Microsoft SQL Server. Após a obtenção dos tempos médios foi realizada uma análise estatística, a fim de eliminar inconformidades.

- Implementação da rotina de cálculo (Tempo de Espera). Foi implementada uma rotina na linguagem Java capaz de prever o horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22. O cálculo de previsão tomou como base os tempos médios entre pontos de parada por faixa horária e o rastreamento on-line dos ônibus da linha 101.
- Disponibilização do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22 e validação do Sistema de Informação ao Usuário (SIU-VIX). Utilizando-se um computador portátil colocado no ponto de parada PP22, foi feita a disponibilização do horário previsto, bem como o registro do horário real de passagem do ônibus. Comparando o horário previsto com o horário real relativos à passagem dos ônibus no ponto de parada localizado em frente ao Ifes (PP22), foi possível validar o sistema.

A Figura 11 apresenta a estrutura do modelo conceitual empregado para a solução do problema de pesquisa.

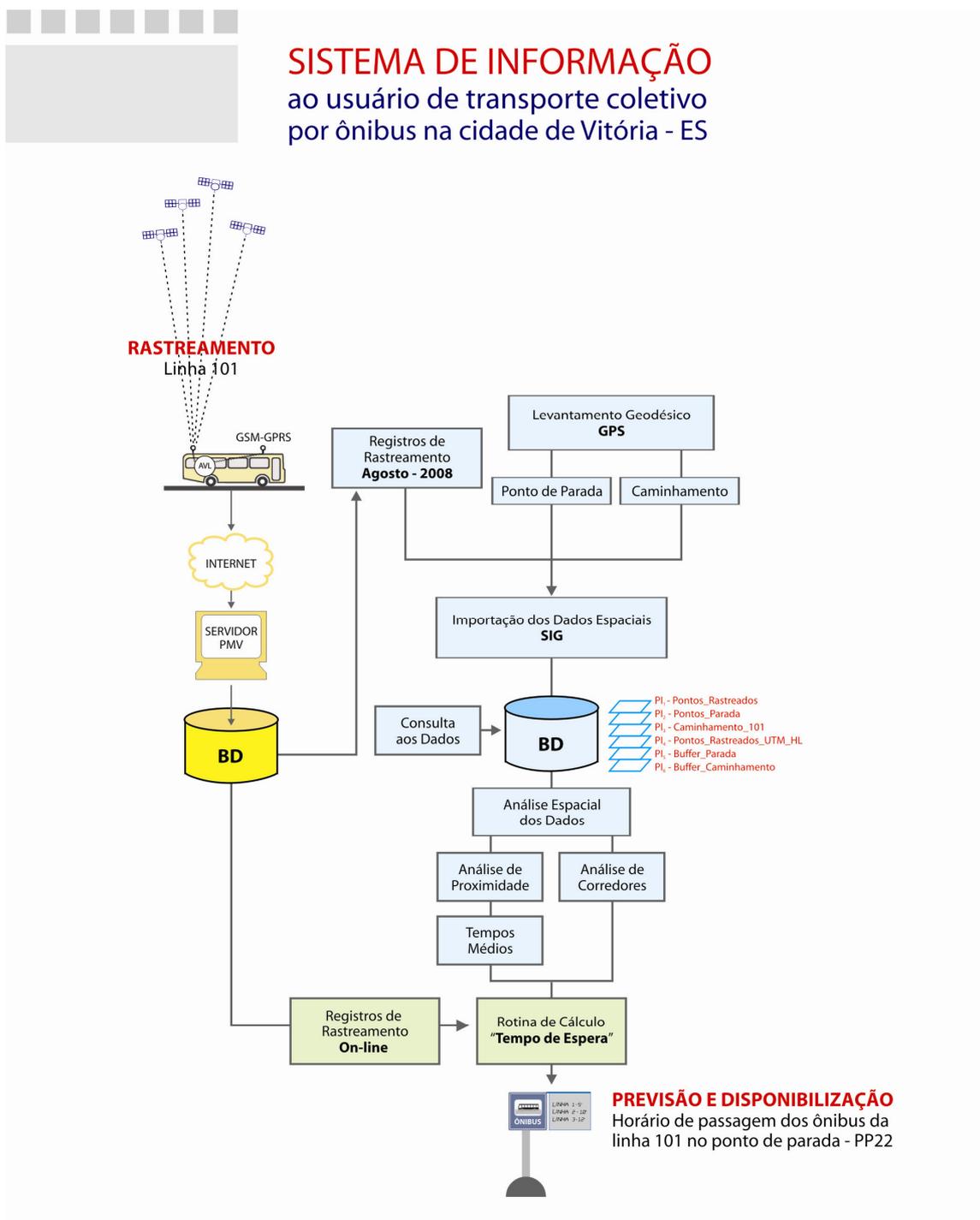


Figura 11 – Modelo conceitual do sistema de informação ao usuário

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na cidade de Vitória, capital do Espírito Santo. Na cidade de Vitória-ES, o transporte coletivo é realizado exclusivamente pelo modo ônibus, no qual operam dois sistemas: o sistema municipal, objeto deste trabalho, e o sistema metropolitano, denominado Transcol. Segundo a CETURB (2005), a primeira linha de ônibus começou a operar na cidade em 1936, em substituição aos bondes elétricos, e fazia o percurso do centro da cidade à Praia Comprida.

3.2.1 Sistema municipal de transporte coletivo na cidade de Vitória-ES

Dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Transporte e Infraestrutura Urbana (SETRAN) da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV), apresentados na Tabela 7, descrevem o sistema municipal de transporte coletivo por ônibus. O sistema oferece três tipos de serviços: normal – ônibus padrão; seletivo – micro-ônibus com ar-condicionado; complementar – micro-ônibus para atender, em sua maioria, aos bairros localizados em locais de difícil acesso, principalmente nos morros. A frota é composta por 330 veículos, que percorrem uma média de 79.000 km em 2.612 viagens por dia útil.

Tabela 7 - Descrição do Sistema Municipal de Transportes da cidade de Vitória

Serviço Oferecido	Tipo de veículo	Frota	Demanda (passageiro/dia útil)	Quilometragem (km/dia útil)	Operação (viagens/dia útil)
Normal	Rodoviário	280	150.000	67.000	2.200
Seletivo	Micro-ônibus com ar-condicionado	14	5.000	4.000	94
Complementar	Microônibus	36	10.000	8.000	318

Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Infraestrutura Urbana da PMV (2008)

A rede municipal de transporte coletivo de Vitória-ES é composta por 52 linhas operadas por quatro empresas privadas: Unimar Transportes Ltda.; Viação Grande Vitória Ltda.; Viação Santa Zita Ltda.; e Viação Tabuazeiro Ltda. O regime de contratação das empresas que operam o sistema é a permissão. Cabe à SETRAN o papel de gestor do sistema, proporcionando um transporte coletivo com qualidade a um custo compatível com a renda dos usuários.

O sistema de transporte coletivo por ônibus na cidade de Vitória-ES possui um excelente grau de cobertura espacial. Segundo o Plano Diretor de Transporte e Mobilidade Urbana (PDTMU) elaborado para a cidade de Vitória-ES, a cobertura espacial é de 98,4% (PLANO, 2007). O critério adotado considerou uma faixa de trezentos metros para cada lado do eixo viário servido por pelo menos uma linha de ônibus; já para a consideração da área urbanizada foi adotada uma faixa de cem metros a partir da malha viária. A Figura 12 apresenta a representação espacial da rede municipal de transporte coletivo.

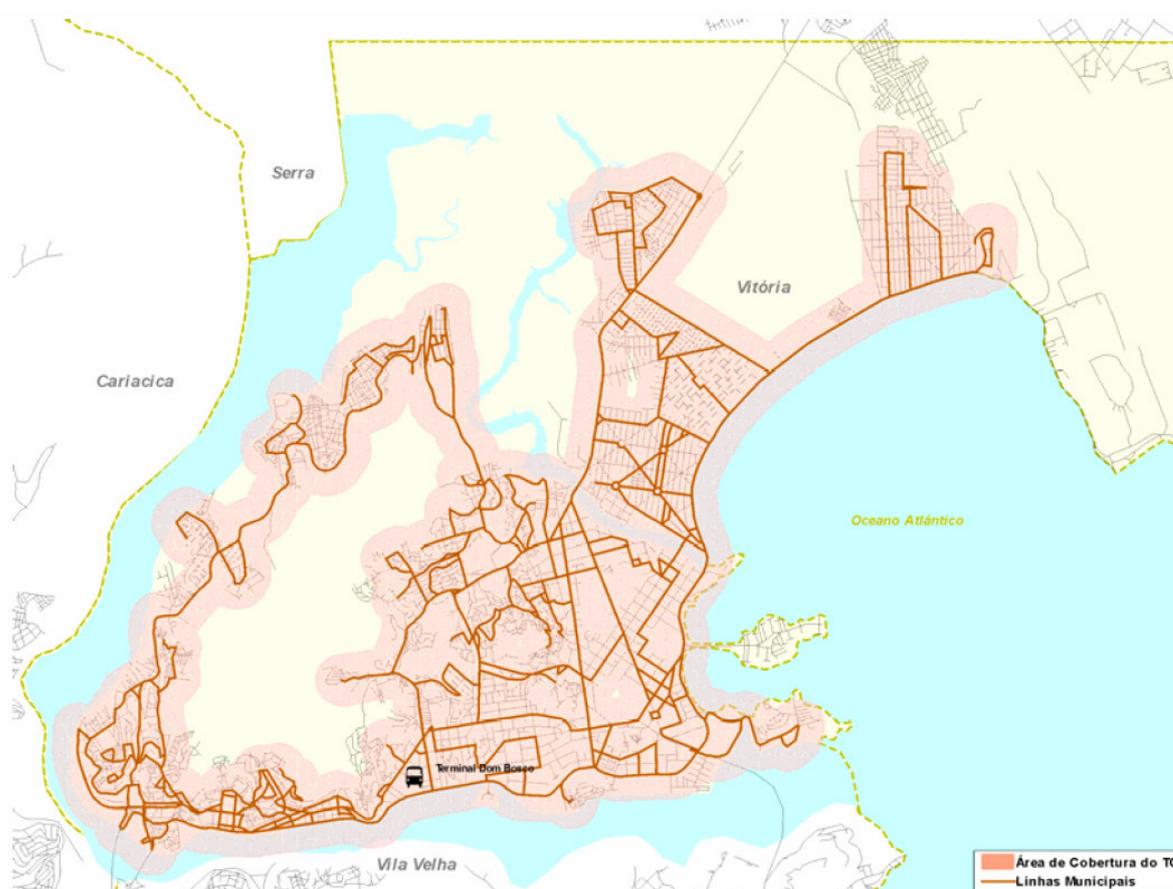


Figura 12 – Área de cobertura da rede municipal de transporte

Fonte: Plano (2007, p. 21)

Apesar de possuir uma excelente cobertura espacial, o sistema municipal de transporte coletivo por ônibus enfrenta graves problemas similares aos de outras cidades brasileiras, como a perda de passageiros para o transporte individual, principalmente o motorizado, e a redução das velocidades comerciais nas vias públicas. No primeiro caso, constatou-se uma queda de 25% dos passageiros transportados no período de dezembro de 1995 a agosto de 2006, e no segundo caso houve a redução de 32,63% da velocidade comercial em uma das principais avenidas da cidade, no pico da tarde, no período de 1998 a 2006 (PLANO, 2007).

Com relação à imagem do transporte coletivo, o PDTMU indicou que o serviço é considerado bom pela maioria dos seus usuários. Do total de 1.125 usuários entrevistados, 84% atribuíram a esse serviço um conceito acima do regular; portanto, apenas 16% dos entrevistados desaprovaram sua qualidade. Analisando cada indicador que compõe o índice global, verifica-se que os indicadores de reprovação do sistema ocorrem em aspectos relacionados à oferta, tais como lotação dos veículos (-62,09%), tempo de espera (-59,92%) e serviço de final de semana (-84,62%), todos atingindo elevados índices negativos de imagem (PLANO, 2007).

Com base nas informações apresentadas sobre o sistema de transporte coletivo de Vitória-ES, podemos sintetizar algumas conclusões. O sistema de transporte coletivo de Vitória-ES, a exemplo dos sistemas de outras cidades brasileiras, experimentou um período de queda de demanda devido a vários fatores, dentre os quais pode ser citado o aumento da mobilidade individual motorizada. O crescimento socioeconômico determinou um aumento sensível nos padrões de solicitação do sistema viário de Vitória-ES. Como consequência, os congestionamentos são cada vez maiores; tal fato explica por quê, dentre os indicadores com maior índice de reprovação do sistema, está o tempo de espera.

3.2.1 Caracterização da linha 101

Para a realização da pesquisa, foi escolhida a linha de ônibus 101 (Praia do Canto – Rodoviária) pertencente ao Sistema Municipal de Transporte Coletivo da cidade de Vitória-ES. Sua escolha levou em consideração o fato de essa linha

utilizar em sua viagem o ponto de parada em frente ao Ifes, antigo Cefetes, (PP22), local onde será validado o sistema de informação ao usuário.

A linha 101 é classificada, segundo o seu traçado, como radial, ligando o bairro Praia do Canto à Rodoviária. Quanto à função, a linha 101 é classificada como convencional, pois executa simultaneamente a captação dos usuários na região de origem, transporte da origem ao destino e distribuição na região de destino. São utilizados veículos do tipo micro-ônibus, que operam de segunda a sábado, sendo seis veículos nos dias úteis e três veículos aos sábados. A pesquisa utilizou apenas um trecho da linha 101, localizado entre o ponto de parada inicial (PP0) e o ponto de parada localizado em frente ao Ifes (PP22). A distância horizontal do caminhamento PP0 – PP22 é de 5.754,352 m.

Para a determinação dos tempos médios entre pontos de parada a partir da análise de proximidade, foi escolhido o mês de agosto de 2008. Segundo dados extraídos do relatório estatístico de viagens da linha 101 fornecido pela PMV, no referido mês foram realizadas 2.312 viagens e transportados 37.262 passageiros. Os veículos que operaram no mês de agosto de 2008, bem como o número de dias em que realizaram as viagens estão indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – Veículos que operaram na linha 101 no mês de agosto de 2008

(continua)

Número/ID veículo	Placa	Quantidade de dias
237/1086	MRY 8320	1
247/1091	MSK 0740	6
347/1092	MPY 9225	1
357/1071	MPY 9234	1
397/1084	MQF 2807	1
407/1097	MQC 2452	1
447/1103	MQC 2487	1
457/1072	MQC 2481	1

Tabela 8 – Veículos que operaram na linha 101 no mês de agosto de 2008

(conclusão)

Número/ID veículo	Placa	Quantidade de dias
507/1083	MQC 2482	2
517/1150	MQF 2803	2
557/1075	MQC 2432	3
567/1153	MQF 2797	7
577/1087	MQF 2799	24
587/1088	MQF 2798	23
597/1151	MQF 2806	20
607/1082	MQF 2801	23
617/1070	MQF 2804	23
627/1147	MQF 2805	1

Fonte: SETRAN (2008)

A grande rotatividade dos veículos observados na Tabela 8, bem como a ausência de dados rastreados em vários dias durante o mês de agosto de 2008 levou a pesquisa a restringir o número de veículos e o número de dias na determinação dos tempos médios entre pontos de parada. Foram utilizados dados do rastreamento dos veículos 577/1087, 587/1088 e 607/1082, nas semanas de 4 a 8 e de 11 a 15 de agosto de 2008. Analisando os respectivos períodos, foram identificadas 252 (duzentas e cinquenta e duas) viagens válidas.

Com relação às informações disponibilizadas aos usuários da linha 101 por parte do órgão gestor (SETRAN) e da empresa operadora (Tabuazeiro Ltda.), a única encontrada durante a realização da pesquisa está relacionada ao horário previsto de saída do veículo do ponto inicial (PP0). O usuário acessa a informação no interior do veículo ou por meio da Internet no endereço eletrônico <http://sistema.vitoria.es.gov.br/redeiti>. O Quadro 2 apresenta os horários previstos referentes ao ponto inicial (PP0) da linha 101 disponíveis aos usuários.

Horário de segunda a sexta-feira							
6h	6h15min	6h30min	6h45min	7h	7h15min	7h30min	7h45min
8h	8h15min	8h30min	8h50min	9h10min	9h30min	9h50min	10h10min
10h30min	10h50min	11h05min	11h20min	11h35min	11h50min	12h10min	12h30min
12h50min	13h05min	13h20min	13h35min	13h55min	14h10min	14h30min	14h45min
15h	15h20min	15h35min	15h55min	16h15min	16h30min	16h45min	17h
17h15min	17h30min	17h50min	18h05min	18h20min	18h35min	18h55min	19h20min
19h45min	20h15min						
Horário aos sábados							
6h	6h25min	6h50min	7h17min	7h40min	8h05min	8h40min	9h15min
9h45min	10h15min	10h55min	11h30min	12h	12h25min	12h50min	13h15min
13h40min	14h15min	14h50min	15h25min	16h	16h35min	17h10min	18h00min
19h10min	20h						

Quadro 2 – Horários previstos referentes ao ponto inicial da linha 101

Fonte: Disponível em: <http://sistema.vitoria.es.gov.br/redeiti>>. Acesso em: agosto de 2008

3.2.2 Caracterização do ponto de parada PP22

O ponto de parada PP22 onde foi realizada a validação do sistema de informação ao usuário está localizado em frente ao Ifes, antigo Cefetes, e atende ao sistema municipal de transporte coletivo e ao sistema metropolitano Transcol. Com relação às instalações e aos equipamentos existentes, o PP22 possui dois abrigos em estrutura e cobertura metálica dotados de bancos em madeira. O PP22 não dispõe de iluminação, de lixeira e de qualquer sistema de informação ao usuário do transporte coletivo municipal ou metropolitano.

Quanto à posição da guia, o PP22 está localizado em posição normal, com estacionamento dos ônibus do lado direito da via. Existe uma sinalização horizontal no pavimento da via indicando a exclusividade de ônibus próximo ao PP22. O espaçamento entre o PP22 e os pontos de parada anterior e posterior, bem como entre os demais pontos de parada no trecho estudado é inferior a quinhentos metros, valor esse considerado como adequado para manter uma boa velocidade de operação (MELO, 2000).

4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO SIU-VIX

Este capítulo apresenta os procedimentos adotados na implementação e validação do sistema de informação ao usuário de transporte coletivo na cidade de Vitória-ES (SIU-VIX). Inicialmente, é apresentado como foi realizado o rastreamento dos ônibus da linha 101 empregando o sistema AVL. A seguir, são expostos os procedimentos técnicos utilizados para o levantamento geodésico dos pontos de parada e do caminhamento da linha de ônibus estudada, bem como a metodologia utilizada para a determinação dos tempos médios de viagem entre os pontos de parada. Finalmente, é descrita a rotina de cálculo “Tempo de Espera” e a validação do sistema de informação na previsão e disponibilização do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22.

4.1 RASTREAMENTO DOS ÔNIBUS DA LINHA 101

Os ônibus pertencentes ao sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES estão equipados com o sistema AVL, capaz de realizar o rastreamento do veículo de forma contínua e transmitir por telefonia móvel (GSM/GPRS) os dados espaciais em intervalos de um minuto ao banco de dados da Prefeitura Municipal de Vitória.

Os dados espaciais relativos ao rastreamento dos veículos para a realização dessa pesquisa foram obtidos na Prefeitura Municipal de Vitória. Para a liberação desses dados, foi elaborada uma solicitação, conforme o Apêndice A. Mediante autorização da Prefeitura Municipal de Vitória para a disponibilização dos dados espaciais necessários à pesquisa, foi realizada uma consulta ao banco de dados capaz de extrair os registros da linha 101 no mês de agosto de 2008. Os dados espaciais brutos continham: identificação do veículo, data, hora, velocidade, curso, latitude e longitude e alimentação.

Em relação aos dados espaciais brutos, cabe salientar que o registro de hora está baseado no sistema de tempo GPS. Segundo Mônico (2008), o tempo

GPS é dado pelo número da semana e pelo número de segundos desde o início da semana. O número de semanas varia de zero a 1.023, o que equivale a, aproximadamente, vinte anos. Já o número de segundos varia de zero a 604.800. A escala de tempo do sistema GPS é mantida por relógios atômicos em UTC (*Universal Time Coordinated*). Para obter a hora local a partir de UTC é necessário somar o fuso horário. As coordenadas, por sua vez, foram convertidas pelo receptor GPS de cartesianas para geodésicas no sistema de referência WGS84. A Tabela 9 apresenta a descrição de um dos registros de rastreamento referente ao veículo 577 em sua primeira viagem realizada no dia 4 de agosto de 2008.

Tabela 9 – Descrição do registro de rastreamento dos ônibus

Dado	Descrição
1087	Identificador do veículo: 1087 = 577
04.08.2008	Data (calendário Gregoriano)
09:00:02	Hora em UTC
0.000000	Velocidade em km/h
0	Curso (equivale ao azimute)
-20.291599	Latitude em décimos de graus (WGS84)
-40.299900	Longitude em décimos de graus (WGS84)
S	Alimentação: (S) principal e (N) secundária

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

A partir de uma análise prévia nos dados espaciais brutos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Vitória, relativos ao rastreamento dos ônibus da linha 101 no mês de agosto de 2008, observaram-se as seguintes questões: registro dos ônibus fora da linha de estudo e falta de registro em certos dias e horários. A primeira questão observada foi causada pela operação dos ônibus em outras linhas durante o período selecionado ou pelos deslocamentos diários entre a garagem e a linha. Já a segunda questão ocorreu devido a uma falha no momento de transmissão, uma vez que o sistema AVL estava em fase final de teste. Apesar das questões observadas, os dados válidos foram suficientes para análise dos tempos médios entre pontos de parada.

4.1.1 Características técnicas do sistema AVL

- O sistema AVL possui a função de rastrear o veículo de maneira contínua durante a viagem e transmitir os dados espaciais à central de controle por meio de um sistema de comunicação. Na cidade de Vitória-ES, a Prefeitura Municipal adquiriu o sistema AVL para os ônibus urbanos em dezembro de 2007. A partir de janeiro de 2008 esse sistema começou a ser implantado na frota de veículos. A conclusão da implantação e validação do sistema AVL ocorreu em agosto de 2008.
- O sistema AVL embarcado nos ônibus da cidade de Vitória-ES foi desenvolvido por uma empresa Capixaba com sede na cidade de Cariacica-ES. Os principais componentes eletrônicos do sistema AVL empregados na aquisição e na transmissão dos dados espaciais são: receptor GPS, simcard, modem, fonte de alimentação, memórias e conectores.
- Receptor GPS – receptor com 12 canais independentes capazes de observar simultaneamente até 12 satélites disponíveis sobre o horizonte da antena. A observável utilizada para a solução do posicionamento absoluto é a pseudodistância obtida por meio do código C/A na frequência L1. O receptor GPS é dotado de uma antena externa capaz de: detectar as ondas eletromagnéticas emitidas pelos satélites, converter a onda eletromagnética em corrente elétrica, amplificar o sinal e enviar para a parte eletrônica do receptor. O receptor GPS é responsável pela aquisição dos dados espaciais do ônibus durante sua operação.
- Simcard (*Subscriber Identity Module*) – é um circuito impresso do tipo smart card utilizado para identificar, controlar e armazenar dados de telefones celulares de tecnologia GSM. O simcard utilizado no sistema AVL foi habilitado na empresa operadora de telefonia móvel para a transmissão de pacotes de dados por meio do serviço GPRS.

- Modem - dispositivo capaz de transmitir digitalmente os dados espaciais gerados pelo receptor GPS por meio do sistema de telefonia móvel GSM-GPRS.
- Fonte de alimentação – fornece energia para o funcionamento dos componentes eletrônicos. O sistema AVL utilizado possui duas fontes de alimentação: a fonte principal, obtida a partir da bateria do veículo, e a fonte secundária, obtida a partir de uma bateria de backup.
- Memórias – responsáveis por armazenar os parâmetros de configuração do firmware e os dados gerados pelo receptor GPS até a próxima transmissão.
- Conectores – dispositivo para entrada (input) e saída (output) de dados e sinais. O sistema AVL empregado possui dois conectores da linha MINIFIT, sendo um principal (COM1) e o outro para comunicação serial (COM2).

A Figura 13 mostra a placa eletrônica do sistema AVL empregada na pesquisa com destaque para o receptor GPS e o Simcard.

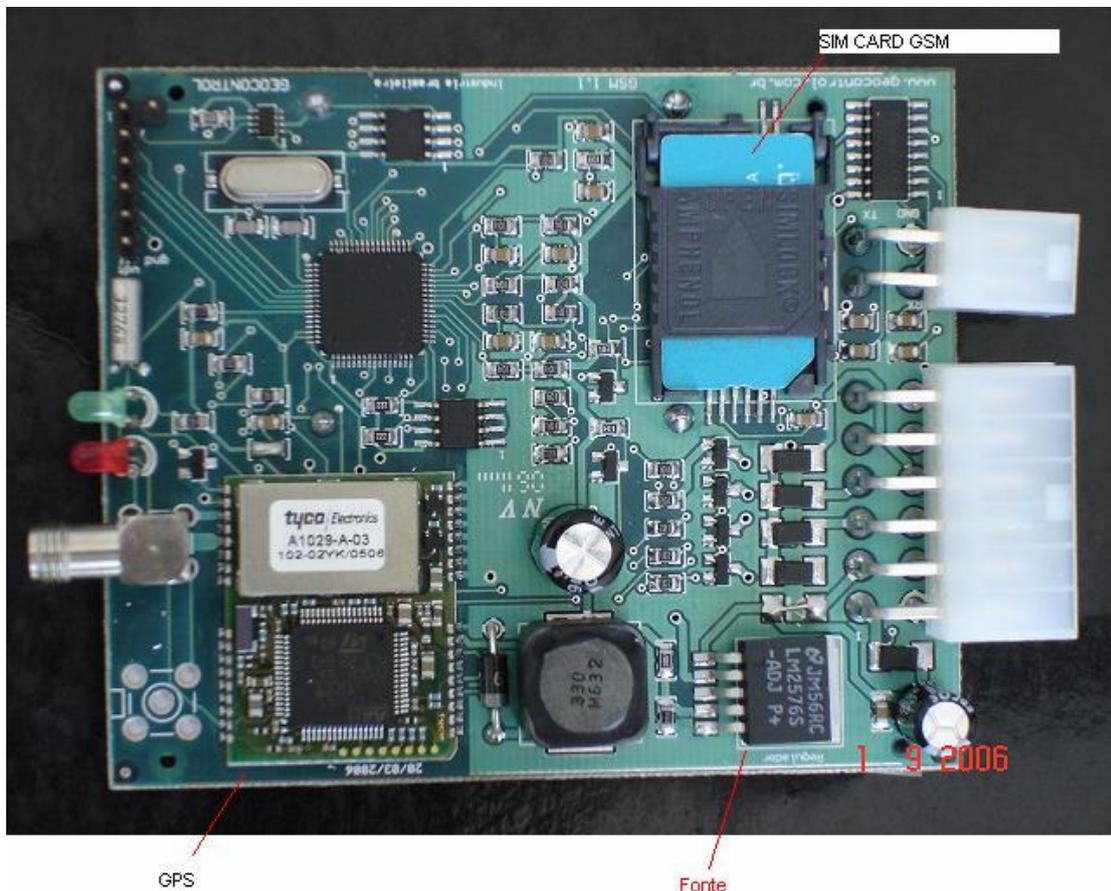


Figura 13 – Componentes eletrônicos do sistema AVL

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

O módulo do sistema AVL contendo os componentes eletrônicos possui dimensões de 91 x 76 x 35 mm e peso de 300 g. O processo de instalação do módulo no veículo iniciou-se com a colocação das antenas do GPS e do GSM abaixo do teto de teto de fibra de vidro do micro-ônibus. A seguir foram realizadas as ligações elétricas e a acomodação da bateria de backup e do módulo do sistema AVL em um compartimento próximo ao assento do motorista. Para o caso específico da linha 101, a Figura 14 mostra em destaque o local utilizado para a colocação das antenas do GPS e do GSM/GPRS, bem como o caminho utilizado para as ligações elétricas pela coluna do veículo.



Figura 14 – Instalação do módulo AVL

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

O módulo do sistema AVL utilizado na pesquisa possui três LED (*Light Emitting Diode*), que indicam o seu estado de funcionamento e dos seus periféricos. LED verde apagado: equipamento com defeito; piscando: recebendo sinal GSM; aceso: sem sinal GSM. LED vermelho apagado: equipamento com defeito; piscando lento: módulo funcionando e sem conexão com o servidor; piscando rápido: módulo funcionando e conectado ao servidor; aceso: equipamento com defeito. LED laranja apagado: sem sinal GPS; aceso: recebendo sinal GPS.

4.2 LEVANTAMENTO GEODÉSICO DA LINHA 101

O levantamento geodésico dos dados espaciais referentes aos pontos de parada e ao caminhamento da linha 101 foi realizado por meio do posicionamento por satélite empregando o sistema GPS. Para Mônico (2008), no levantamento geodésico de dados espaciais empregando posicionamento convencional ou por GNSS é necessário que sejam observadas três fases distintas: planejamento, coleta e processamento dos dados.

4.2.1 Planejamento do levantamento

O planejamento do levantamento utilizou um mosaico gerado a partir de fotografias aéreas da cidade de Vitória-ES obtidas em janeiro de 2007, (Apêndice B). Sobre o mosaico e com a orientação de um técnico da SETRAN, foi identificado o caminhamento da linha 101. A fase posterior do planejamento envolveu a seleção da estação geodésica próximo à área do levantamento pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A estação escolhida possui a seguinte identificação: nome – Vitória; código internacional – 93960; localização – laje do prédio administrativo do Ifes, antigo Cefetes, em Vitória-ES. A referida estação pertence à rede ativa do IBGE denominada Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

Outros aspectos importantes estudados no planejamento foram: o método para a coleta dos dados; a característica técnica do equipamento utilizado na coleta dos dados; a taxa de observação e a disponibilidade dos satélites no dia do levantamento. Para garantir maior precisão na coleta dos dados espaciais, foi escolhido o método relativo estático para os pontos de parada e o método relativo cinemático para o caminhamento da linha 101. As principais características técnicas do equipamento utilizado são: receptor GX 1220 com antena AX 1202; rastreamento contínuo em 12 canais nas bandas L1 e L2; precisão por meio da solução por código 0,025 m; precisão por meio da solução fase da portadora: 3 mm + 0,5 ppm (estático horizontal).

A taxa de observação escolhida levou em consideração os valores disponibilizados na Internet pelo IBGE e pelo INCRA sobre as observações realizadas na estação geodésica 93960. O IBGE disponibiliza observações em intervalos de 24 horas a uma taxa de 15 segundos (<ftp://geofp.ibge.gov.br/RBMC/dados/2008>). Já o INCRA disponibiliza os dados em intervalos de 1 hora com taxa de 5 segundos (<http://ribac.incra.gov.br/ribac>). Assim, o planejamento adotou a menor taxa de observação dentre as disponibilizadas, tanto para o levantamento dos pontos de parada como para o caminhamento da linha 101.

A disponibilidade dos satélites para o local do levantamento é outro aspecto relevante a ser observado no planejamento. Os satélites estão em movimento constante ao redor da Terra, alterando a sua disponibilidade no horizonte de

observação. O cálculo da disponibilidade dos satélites para o dia do levantamento foi realizado por meio do programa *Survey design*, desenvolvido pela *Leica Geosystems AG*, que é de domínio público. O resultado do planejamento pode ser observado na Figura 15.

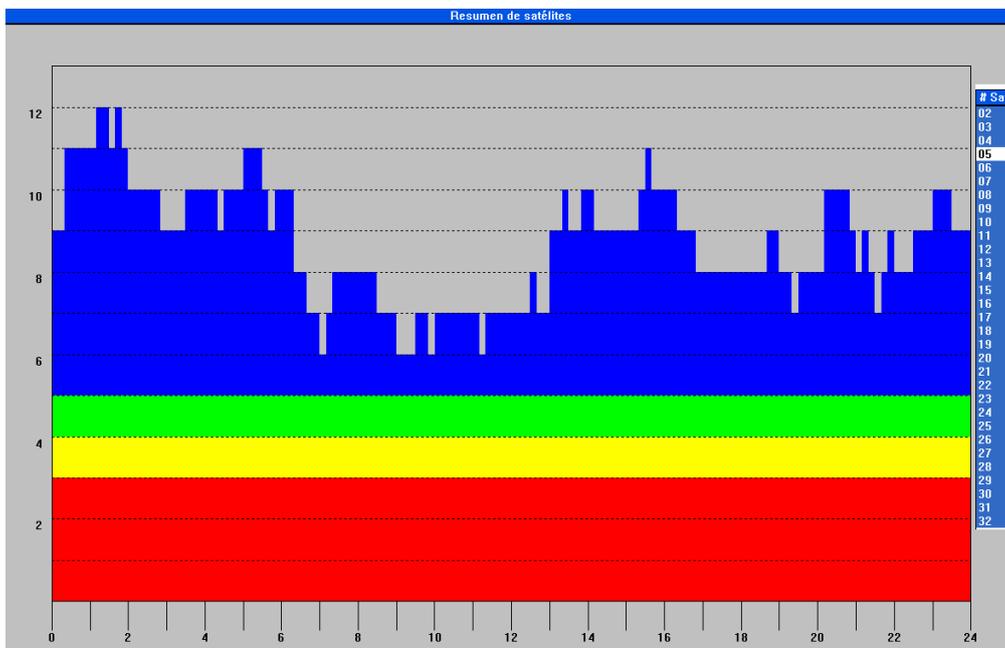


Figura 15 – Disponibilidade dos satélites GPS em 12/09/2008

Fonte: Programa Survey design

Podemos observar na Figura 15 que, para o dia programado para o levantamento (12/09/2008), havia 31 satélites disponíveis no horizonte do observador (latitude = 20° 19'S e longitude = 40° 20'W). Apenas o satélite SV5 não estava disponível para observação. O menor número de satélites disponíveis para observações durante o dia programado era de seis, quantidade superior ao mínimo necessário para posicionamento tridimensional (4 satélites).

4.2.2 Coleta dos dados espaciais

Os dados foram coletados no modo relativo a partir da estação de referência 93960 com receptor GNSS Trimble NetR5. Para garantir maior confiabilidade nos resultados do levantamento, foi estabelecida uma segunda referência, localizada na

área de esportes do Ifes, antigo Cefetes, (Base_01), que utilizou receptor Leica System 1200. O equipamento móvel (Móvel_01) com receptor GPS Leica System 1200 foi embarcado no veículo tipo caminhonete para a coleta dos dados espaciais a uma taxa de observação de cinco segundos. Durante a coleta dos dados espaciais no caminhamento, a velocidade aproximada do veículo era de 30 km/h. Nos pontos de parada foram coletados dados no modo relativo estático em um intervalo mínimo de 20 segundos, para garantir pelo menos quatro observações para cada satélite.

O período total de duração do levantamento foi de 1 hora e 44 minutos. Foram coletados 25 pontos de parada no modo relativo estático e 843 pontos no caminhamento da linha 101 no modo relativo cinemático.

4.2.3 Processamento e análise dos resultados

Os dados observados com o equipamento móvel (Móvel_1) e com as estações de referência (93960 e Base_01) foram importados no programa de processamento LEICA Geo Office. Os dados observados da estação de referência 93960 estavam no formato de intercâmbio internacional RINEX (Receiver Independent Exchange). Os demais dados observados foram gerados no formato nativo do receptor. Após a importação dos dados brutos nos diversos formatos, foi realizada uma edição para introduzir a coordenada da estação de referência 93960 no sistema SIRGAS2000. A Tabela 10 apresenta os valores das coordenadas geodésicas, cartesianas e planas na projeção UTM da estação de referência 93960.

Tabela 10 – Coordenadas da estação 93960 em SIRGAS2000

(continua)

Coordenadas			
Geodésicas			
Latitude:	20° 18' 38,8600" S	Sigma:	0,001 m
Longitude:	40° 19' 10,0376" W	Sigma:	0,001 m
Altitude Elipsoidal:	14,31 m	Sigma:	0,004 m
Altitude Ortométrica:	21,19 m	Fonte:	GPS/ MAPGEO2004

Tabela 10 – Coordenadas da estação 93960 em SIRGAS2000

(conclusão)

Coordenadas			
Cartesianas			
X	4.562.488,496 m	Sigma:	0,003 m
Y	-3.871.935,794 m	Sigma:	0,002 m
Z	-2.200.001,574 m	Sigma:	0,001 m
Planas (UTM)			
UTM (N)	7.753.574,912 m		
UTM (E)	362.241,724 m		
MC	- 39		

Fonte: IBGE. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/RBMC/relatorio/Descritivo_CEFE.pdf>. Acesso em: setembro de 2008

O resultado do processamento gerou vetores obtidos por cálculo diferencial entre as estações de referência (93960 e Base_01) e os pontos medidos. As soluções encontradas para os 25 pontos de parada demonstram que: 6 pontos obtiveram solução pela fase da onda portadora e 19 pontos obtiveram solução pelo código. Nos 843 pontos do caminhamento, a solução encontrada apresentou os seguintes resultados: 234 pontos obtiveram solução na fase da onda portadora e 609 pontos obtiveram solução por código. A Figura 16 apresenta uma janela do processamento geodésico da linha 101, com destaque para o ponto de parada PP22, que teve solução obtida pela fase da portadora.

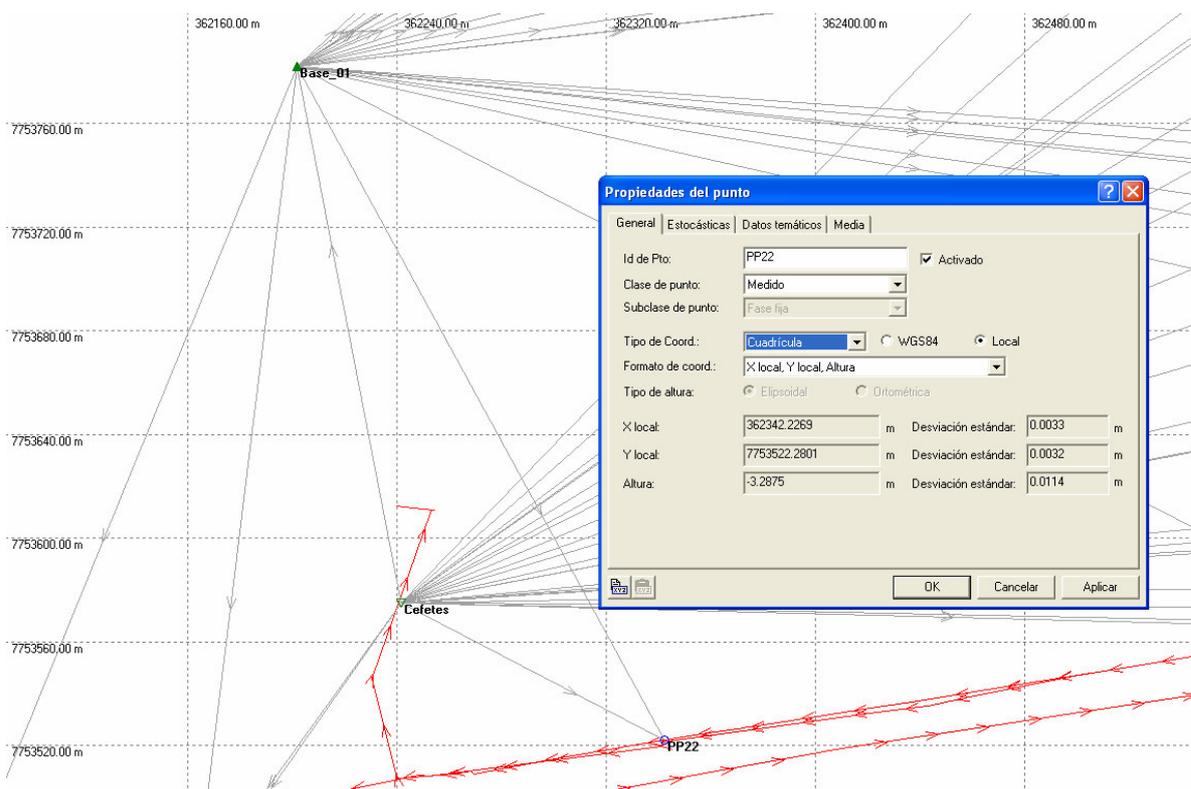


Figura 16 – Resultado do processamento geodésico da linha 101

Fonte: Programa LEICA Geo Office

A Tabela 11 apresenta as coordenadas planas UTM dos pontos de parada resultantes do processamento, bem como as correspondentes distâncias planas UTM parciais e totais.

Tabela 11 – Coordenadas e distâncias planas UTM dos pontos de parada

(continua)

Ponto de Parada	Coordenada Plana UTM SIRGAS2000 - Fuso 24		Distância Plana UTM	
	E(m)	N(m)	Parcial (m)	Acumulada (m)
PP0 = Inicial	364.285,795	7.755.713,875	0,000	0,000
PP1	364.478,848	7.755.571,158	276,720	276,720
PP2	364.654,278	7.755.417,458	316,919	593,639
PP3	364.751,081	7.755.369,442	143,138	736,777
PP4	364.851,839	7.755.460,661	265,868	1.002,645

Tabela 11 – Coordenadas e distâncias planas UTM dos pontos de parada

(continua)

Ponto de Parada	Coordenada Plana UTM SIRGAS2000 - Fuso 24		Distância Plana UTM	
	E(m)	N(m)	Parcial (m)	Acumulada (m)
PP5	365.026,510	7.755.300,940	266,290	1.268,935
PP6	364.830,318	7.755.006,002	355,230	1.624,165
PP7	364.724,396	7.754.844,869	192,830	1.816,995
PP8	364.629,242	7.754.593,032	309,746	2.126,741
PP9	364.604,012	7.754.413,024	233,918	2.360,659
PP10	364.684,282	7.754.319,583	148,547	2.509,206
PP11	364.881,033	7.754.185,976	237,827	2.747,033
PP12	364.880,117	7.754.082,961	151,495	2.898,528
PP13	364.744,212	7.753.889,002	236,835	3.135,363
PP14	364.486,178	7.753.614,180	400,152	3.535,515
PP15	364.187,851	7.753.567,163	302,010	3.837,525
PP16	363.956,518	7.753.529,808	234,330	4.071,855
PP17	363.574,893	7.753.662,776	434,454	4.506,309
PP18	363.263,635	7.753.672,052	314,517	4.820,826
PP19	363.058,260	7.753.638,485	208,104	5.028,930
PP20	362.924,704	7.753.617,013	135,275	5.164,205
PP21	362.613,581	7.753.566,165	315,267	5.479,472
PP22 = Ifes	362.342,227	7.753.522,280	274,880	5.754,352

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Dos vinte e três pontos de parada levantados utilizando o modo relativo estático, apenas o PP5 apresentou erro grosseiro de posicionamento nas duas referências empregadas. O erro encontrado no primeiro levantamento para o PP5 foi de 43,76 metros. A possível causa para a diferença encontrada pode ser atribuída ao erro de propagação do sinal proveniente dos satélites, em particular ao efeito do multicaminhamento do sinal. No local próximo ao PP5 existem muitas edificações

com vários pavimentos, formando grandes superfícies refletoras. Para confirmar a correta posição do PP5 foi realizado um segundo levantamento estático relativo no ponto de parada PP5 com um tempo de observação de dez minutos. O resultado do segundo levantamento apresentou diferenças submétricas satisfatórias nas componentes de sua coordenada.

4.3 DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS MÉDIOS ENTRE PONTOS DE PARADA DA LINHA 101

A rotina de cálculo “Tempo de Espera” empregada para prever o horário de chegada dos ônibus da linha 101 no ponto de parada (PP22), localizado em frente ao Ifes antigo (Cefetes), utilizou como referência os tempos médios entre os pontos de parada no caminhamento PP0 a PP22. A determinação dos tempos médios tomou como base duzentas e cinquenta e duas viagens realizadas pelos veículos 577, 587 e 607, nas semanas de 4 a 8 e de 11 a 15 de agosto de 2008.

Para garantir maior aproximação entre o horário previsto e o horário real na previsão do horário de chegada dos ônibus no ponto de parada (PP22), o estudo dos tempos médios considerou diferentes faixas de horários durante as viagens realizadas. Cada faixa horária adotou duração de uma hora e a referência para enquadrar as viagens realizadas nas faixas horárias foi o horário de saída do veículo do ponto inicial (PP0). Foram analisadas quatorze faixas horárias, das 6h às 19h, nos dias selecionados.

4.3.1 Importação dos dados espaciais no SIG

A partir dos dados espaciais relativos ao rastreamento dos veículos da linha 101, aos pontos de parada e ao caminhamento da linha foi realizada sua importação no SIG. Foi empregado o sistema ArcGIS versão 9.3 desenvolvido pela empresa ESRI, cuja licença de uso pertence ao Ifes. Os dados espaciais estavam no formato ASCII e após a importação foram convertidos para o formato nativo do SIG utilizado. Com a importação foram criados três Planos de Informações (PI):

Pontos_Rastreados (PI_1) - contêm os dados espaciais do rastreamento dos veículos da linha 101; Pontos_Parada (PI_2) - contêm os pontos de parada levantados e Caminhamento_101 (PI_3) – contém os pontos levantados no caminhamento da linha 101.

A Figura 17 apresenta graficamente os planos de informação PI_1 , PI_2 e PI_3 em um trecho do caminhamento da linha 101 localizado entre o PP0 e o PP4. Pode ser identificada nessa figura a nuvem de pontos gerada pelo rastreamento dos veículos que operaram na linha 101 no mês de agosto de 2008, assim como os pontos de parada (PP) e o caminhamento, que é representado por um vetor que une os pontos de parada. O posicionamento dos pontos do rastreamento dos veículos, dos pontos de parada e do caminhamento empregou o sistema GPS. Para o rastreamento dos veículos foi empregado o modo absoluto; para os pontos de parada e o caminhamento foram empregados os modos relativos, estático e cinemático.

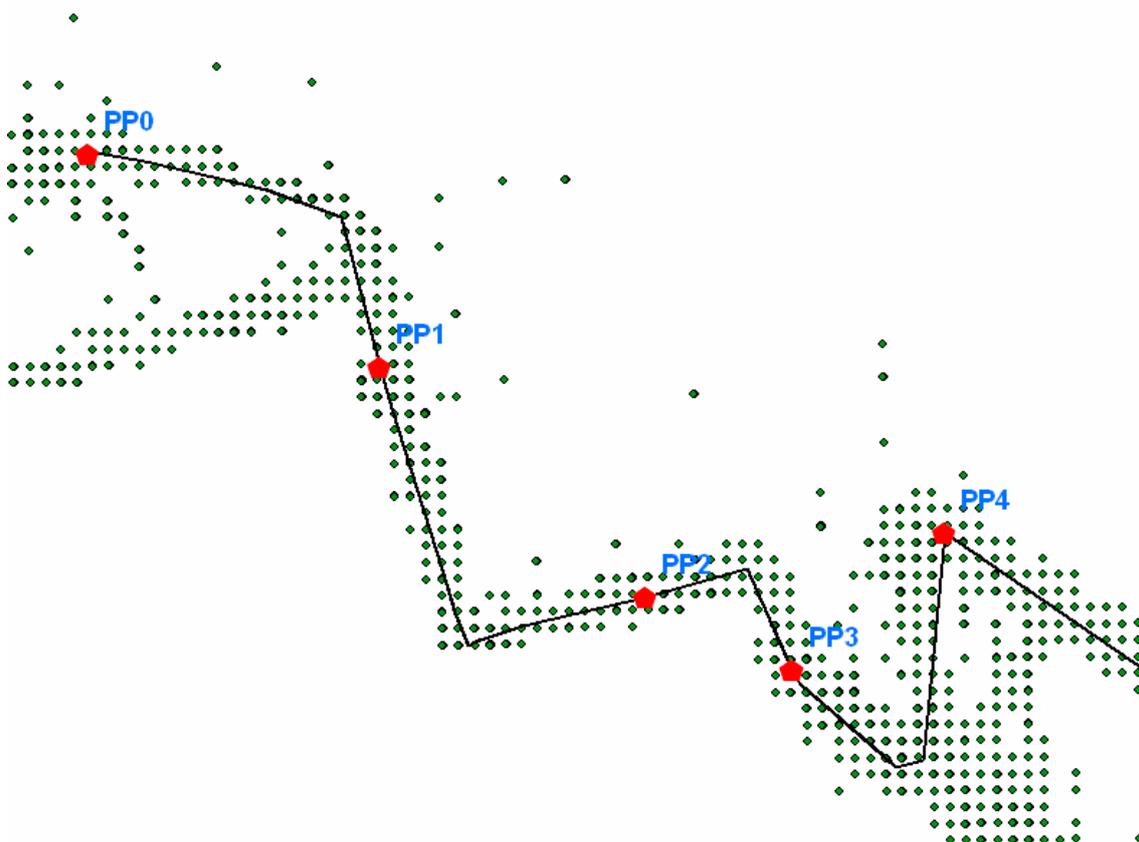


Figura 17 – Planos de informação PI_1 , PI_2 e PI_3

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

4.3.2 Análise espacial dos dados

A análise espacial dos dados no SIG teve como objetivos encontrar os registros em uma mesma viagem com ocorrências próximas aos pontos de parada e construir uma área geográfica a partir da linha de caminhamento. A primeira análise serviu para determinar os tempos entre pontos de parada em uma mesma viagem e a segunda serviu para a criação de um corredor a partir do caminhamento da linha 101, que receberá os atributos referentes aos tempos médios entre pontos de parada por faixa horária, necessários à rotina de cálculo para a previsão do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no PP22.

Antes de iniciar as análises propostas no SIG, foi necessário realizar três operações a partir do PI₁ (Pontos_Rastreados): a primeira foi transformar as coordenadas geodésicas geradas pelo receptor GPS do sistema AVL em coordenadas planas UTM; a segunda serviu para converter a hora UTC dada pelo receptor GPS do sistema AVL em hora local; e a terceira realizou uma filtragem dos registros de rastreamento dos veículos da linha 101. A transformação permitiu uniformizar as coordenadas entre os diversos planos de informação. A conversão permitiu obter o tempo relativo aos registros em hora local para a criação das faixas horárias, ao passo que a filtragem consistiu em eliminar registros de rastreamentos indesejáveis. A filtragem foi realizada pela seleção de atributos, considerando apenas os veículos 577, 587 e 607, nas semanas de 4 a 8 e de 11 a 15 do mês de agosto de 2008. Concluídas as operações iniciais, foi criado o PI₄ (Pontos_Rastreados_UTM_HL).

4.3.2.1 Análise de proximidade

A análise de proximidade procurou encontrar, nos pontos de parada, os registros contidos no rastreamento dos veículos durante suas viagens sobre a linha 101. Para tanto foi definido um círculo de cinquenta metros de raio partindo de cada ponto de parada. A adoção do raio levou em consideração a acurácia do posicionamento GPS no modo absoluto e os resultados obtidos com o levantamento geodésico nos pontos de parada por meio do posicionamento GPS relativo. O fator preponderante para a adoção do raio para a análise de proximidade foi a diferença

encontrada no primeiro levantamento do PP5 (43,76 m). Vale a pena salientar que a acurácia planimétrica encontrada no posicionamento absoluto (Tabela 6) não prevê efeitos de multicaminhamento, ruído dos receptores e contribuições atmosféricas.

Com base na definição do raio, foi utilizada uma função no SIG capaz de encontrar os registros referentes ao rastreamento partindo da zona de contenção definida. Com a análise de proximidade, foram encontrados 11.468 registros de rastreamento entre os pontos de parada PP0 a PP24. A Figura 18 mostra graficamente os registros de rastreamento contidos na análise de proximidade realizada com raio de cinquenta metros.

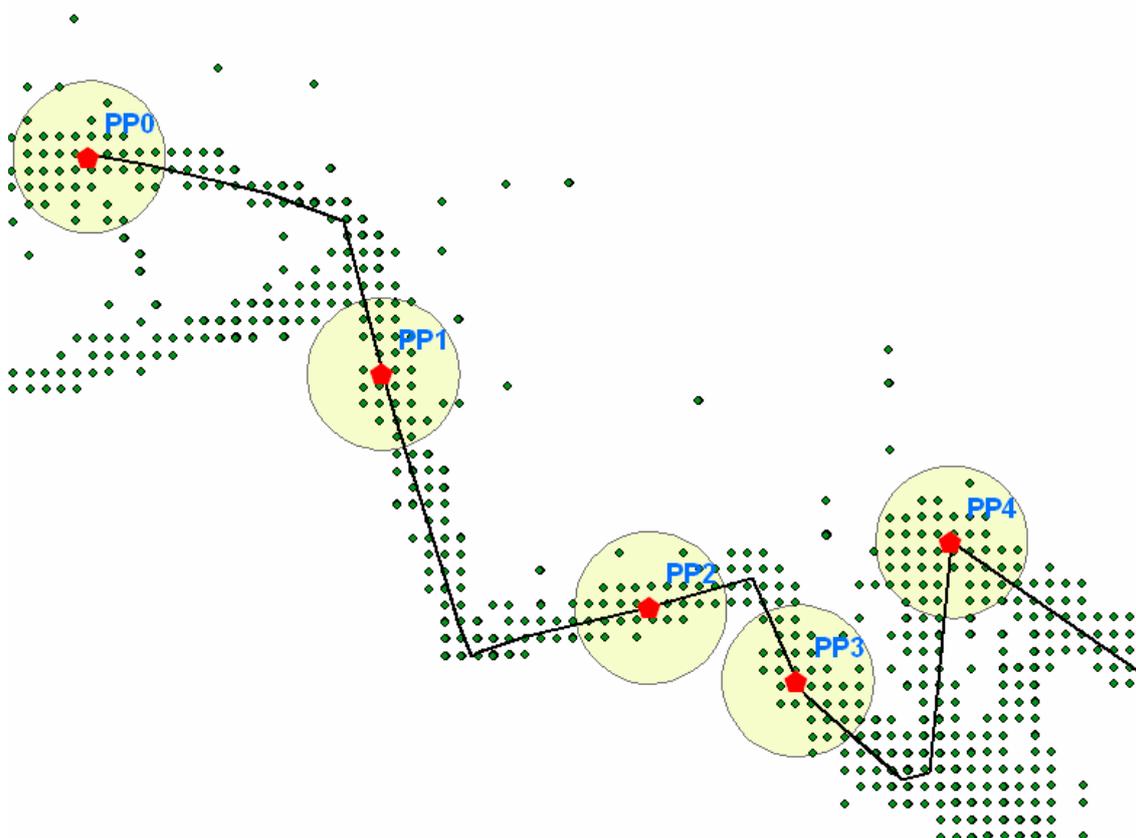


Figura 18 – Registros de rastreamento por ponto de parada

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Apenas os registros encontrados na análise de proximidade serão utilizados na determinação do tempo médio entre pontos de parada. Os demais registros foram reservados para as etapas posteriores. Após a conclusão da análise de proximidade, foi criado o PI_5 (Buffer_Parada).

4.3.2.2 Análise de corredores

A análise de corredores é similar à análise de proximidade realizada, procurando medir a distância entre elementos. Para a análise de corredores, foram consideradas faixas de 50 (cinquenta) metros a partir da linha gerada pelo caminhamento. A adoção da largura da faixa a partir do caminhamento da linha 101 levou em consideração o mesmo fator citado na escolha do raio para a análise de proximidade.

Pela análise de corredores foram gerados polígonos com comprimentos iguais à distância entre pontos de parada e largura de 100 (cem) metros. Os polígonos servirão para associar o tempo médio de viagem entre pontos de parada e o rastreamento dos veículos on-line durante a validação do sistema SIU-VIX, localizando o veículo em um dos 22 trechos localizados entre o PP0 e o PP22. A integração entre a posição dos veículos on-line e os tempos médios encontrados será feita por uma rotina de cálculo denominada “Tempo de Espera”, que permitirá a determinação do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22. A Figura 19 mostra o resultado da análise de corredores em um trecho da linha estudada.

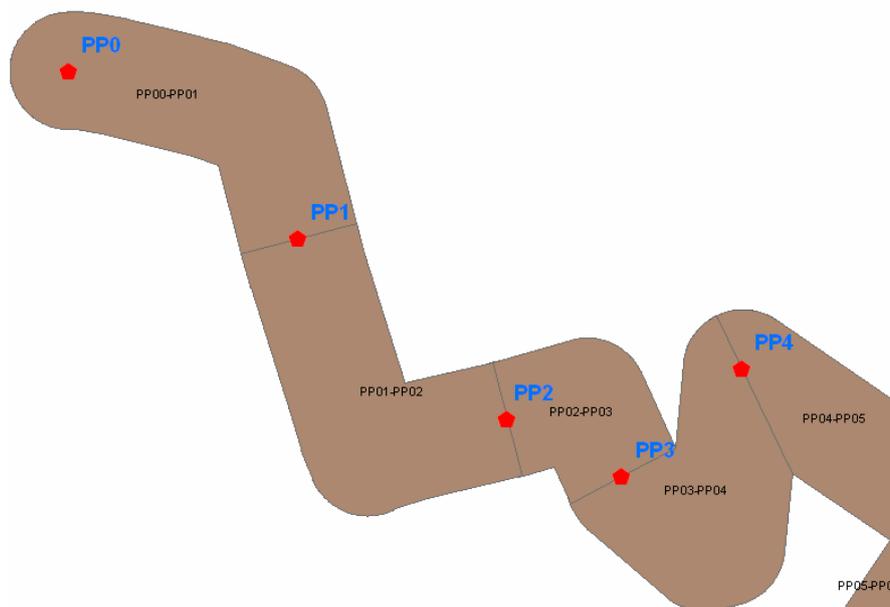


Figura 19 – Polígonos gerados a partir da análise de corredores

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Cada polígono gerado caracterizou um dos trechos estudados e recebeu uma identificação correspondente aos pontos de parada extremos dos segmentos relacionados ao caminhamento da linha 101. Esses trechos representam uma área geográfica que adotará como atributo os tempos médios por faixa horária. A análise de corredores permitiu a criação do PI₆ (Buffer_Caminhamento).

4.3.3 Determinação dos tempos médios

Para a determinação dos tempos médios entre pontos de parada foi implementada uma rotina na linguagem de programação Transact-SQL, extensão da linguagem SQL, embutida no Banco de Dados Microsoft SQL Server, uma vez que o SIG utilizado não apresentava uma função pronta para a realização do cálculo. A rotina implementada foi estruturada em cinco etapas.

Criação das faixas horárias – com base nos registros de rastreamento obtidos da análise de proximidade foram criadas faixas horárias com intervalo de uma hora. Para o enquadramento dos registros de rastreamento nas respectivas faixas horárias tomou-se como referência o horário de início da viagem relativo ao PP0. A Tabela 12 mostra um exemplo de criação da faixa horária 5 (10h às 11h) para o ônibus 577 no dia 4 de agosto de 2008. Foram criadas quatorze faixas horárias, sendo que a faixa horária 4 (9h às 10h) adotou o mesmo tempo médio da faixa horária 3, por não apresentar registros de rastreamento, e a faixa horária 14 (19h às 20h) agregou a última viagem com saída do PP0 às 20h15min.

Tabela 12 – Criação da faixa horária 5 a partir dos registros de rastreamento

(continua)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)
04/08/2008	577	PP0	10:50:22
04/08/2008	577	PP6	10:56:17
04/08/2008	577	PP9	10:58:15
04/08/2008	577	PP12	11:00:13

Tabela 12 – Criação da faixa horária 5 a partir dos registros de rastreamento

(conclusão)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)
04/08/2008	577	PP13	11:01:12
04/08/2008	577	PP14	11:02:11
04/08/2008	577	PP18	11:06:07
04/08/2008	577	PP20	11:07:07
04/08/2008	577	PP21	11:08:06
04/08/2008	577	PP23	11:10:04
04/08/2008	577	PP24	11:11:03

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Eliminação de registros em uma mesma viagem por ponto de parada – em alguns pontos de parada havia registros em uma mesma viagem contidos na zona do buffer de proximidade. Foi mantido apenas o registro de maior tempo por ponto de parada em uma mesma viagem. A referência para início da viagem foi o registro de rastreamento no PP0 relativo à hora local.

Exclusão dos registros de retorno – na zona do buffer de proximidade existiam registros referentes ao retorno da viagem (Rodoviária–Praia do Canto), uma vez que o veículo utiliza em alguns trechos os mesmos logradouros. Para a exclusão do registro de retorno, foi considerado o maior ponto de parada (PPn) dentro de uma mesma viagem. Outra análise feita nessa etapa considerou o tempo entre o maior ponto de parada (PPn) e seu antecessor (PPn-1). O tempo adotado para validar o maior ponto de parada foi menor ou igual a vinte minutos.

Interpolação dos tempos entre pontos de parada – como a transmissão dos registros de rastreamento ocorre a cada um minuto e a análise de proximidade considerou um círculo de cinquenta metros de raio, alguns pontos de parada não apresentaram registros de rastreamento durante uma determinada viagem. Para obter os valores correspondentes à hora local nos respectivos pontos de parada, realizou-se uma interpolação entre os seus vizinhos. A interpolação foi ponderada

com a distância plana UTM parcial, apresentada na Tabela 11. O resultado de uma interpolação na viagem realizada dia 4 de agosto de 2008 é mostrado na Tabela 12, com destaque para os registros de rastreamento e o cálculo da diferença de tempo (Δt) parcial entre os pontos de parada consecutivos.

Tabela 13 – Interpolação entre pontos de parada

(continua)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)	Δt Parcial (h:min:s)
04/08/2008	577	PP0	10:50:22	00:00:00
04/08/2008	577	PP1	10:51:22	00:01:00
04/08/2008	577	PP2	10:52:31	00:01:09
04/08/2008	577	PP3	10:53:02	00:00:31
04/08/2008	577	PP4	10:54:00	00:00:58
04/08/2008	577	PP5	10:54:58	00:00:58
04/08/2008	577	PP6	10:56:17	00:01:19
04/08/2008	577	PP7	10:56:47	00:00:30
04/08/2008	577	PP8	10:57:37	00:00:50
04/08/2008	577	PP9	10:58:15	00:00:38
04/08/2008	577	PP10	10:58:47	00:00:32
04/08/2008	577	PP11	10:59:39	00:00:52
04/08/2008	577	PP12	11:00:13	00:00:34
04/08/2008	577	PP13	11:01:12	00:00:59
04/08/2008	577	PP14	11:02:11	00:00:59
04/08/2008	577	PP15	11:03:06	00:00:55
04/08/2008	577	PP16	11:03:49	00:00:43
04/08/2008	577	PP17	11:05:09	00:01:20
04/08/2008	577	PP18	11:06:07	00:00:58

Tabela 13 – Interpolação entre pontos de parada

(conclusão)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)	Δt Parcial (h:min:s)
04/08/2008	577	PP19	11:06:43	00:00:36
04/08/2008	577	PP20	11:07:07	00:00:24
04/08/2008	577	PP21	11:08:06	00:00:59
04/08/2008	577	PP22	11:09:15	00:01:09
04/08/2008	577	PP23	11:10:04	00:00:49
04/08/2008	577	PP24	11:11:03	00:00:59

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Cálculo dos tempos médios entre pontos de parada por faixa horária – partindo das interpolações e do cálculo da diferença de tempo entre os pontos de parada foi realizado o cálculo da média dos tempos por faixa horária. Para a obtenção das médias foram utilizadas 5.775 diferenças de tempo (Δt) para os veículos 577, 587 e 607, nas semanas de 4 a 8 e de 11 a 15 do mês de agosto de 2008. Como exemplo, a Tabela 14 apresenta os valores das diferenças de tempo entre os pontos de parada PP0 e PP1, bem como em destaque a sua respectiva média na faixa horária 5 (10h às 11h). O procedimento foi repetido para todas as faixas horárias, obtendo-se ao final os tempos médios entre pontos de parada por faixa horária.

Tabela 14 – Cálculo do tempo médio entre PP0 e PP1 na faixa horária das 10h às 11h

(continua)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)	Δt (s)
04/08/2008	577	PP1	10:51:22	59,997
05/08/2008	577	PP1	10:51:12	59,000
06/08/2008	577	PP1	10:51:38	44,000
07/08/2008	577	PP1	10:51:31	55,000

Tabela 14 – Cálculo do tempo médio entre PP0 e PP1 na faixa horária das 10h às 11h

(conclusão)

Data	Ônibus	Ponto de Parada	Hora Local (h:min:s)	Δt (s)
08/08/2008	577	PP1	10:51:23	63,997
11/08/2008	577	PP1	10:51:24	58,997
12/08/2008	577	PP1	10:51:12	65,000
13/08/2008	577	PP1	10:51:36	47,997
14/08/2008	577	PP1	10:52:05	76,000
15/08/2008	577	PP1	10:51:18	66,000
05/08/2008	607	PP1	10:13:24	60,000
06/08/2008	607	PP1	10:12:24	58,997
07/08/2008	607	PP1	10:10:06	54,997
08/08/2008	607	PP1	10:11:52	59,000
11/08/2008	607	PP1	10:14:03	118,000
12/08/2008	607	PP1	10:13:43	55,000
13/08/2008	607	PP1	10:12:26	54,000
14/08/2008	607	PP1	10:12:11	55,000
15/08/2008	607	PP1	10:12:57	58,997
Média				61,578

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

4.3.3.1 Levantamento do tempo de viagem entre pontos de parada

Antes de realizar a análise estatística nos tempos médios entre pontos de parada calculados por faixa horária, foi efetuada uma comparação entre esses tempos e os obtidos por meio de levantamento de campo. A comparação permitiu avaliar o cálculo adotado na obtenção dos tempos médios entre pontos de parada por faixa horária. O levantamento de campo do tempo de viagem entre pontos de parada utilizou como referência um cronômetro operado e controlado pelo pesquisador viajando no interior do veículo. A faixa horária escolhida foi das 7 às 8 horas e o levantamento ocorreu nos dias 25 e 26 de setembro de 2008 e no dia 21 de outubro de 2008. Os tempos de viagem entre pontos de parada obtidos pelo

levantamento desconsideraram o tempo em que o veículo permaneceu parado nos pontos.

Os valores dos tempos entre pontos de parada obtidos com o levantamento, a sua média e a média dos tempos calculados estão indicados na Tabela 15. Comparando as médias dos tempos obtidas com o levantamento de campo e as médias calculadas, podemos observar uma boa aproximação entre os valores.

Tabela 15 – Comparação entre tempos medidos e calculados

Ponto de Parada	Tempos Medidos (s)			Média dos Tempos Medidos (s)	Média dos Tempos Calculados na Faixa Horária 7h – 8h (s)
	25/9 Veículo 577	26/9 Veículo 617	21/10 Veículo 587		
PP0	0	0	0	0	0
PP1	59	41	52	50,7	67,7
PP2	77	51	53	60,3	69,4
PP3	25	24	26	25,0	34,7
PP4	89	60	68	72,3	60,8
PP5	34	57	35	42,0	61,6
PP6	65	48	51	54,7	74,8
PP7	33	30	35	32,7	44,8
PP8	72	73	58	67,7	66,4
PP9	33	37	31	33,7	45,8
PP10	27	18	23	22,7	26,2
PP11	24	23	26	24,3	47,7
PP12	18	20	69	35,7	41,9
PP13	32	29	94	51,7	60,6
PP14	57	38	80	58,3	67,7
PP15	33	40	45	39,3	53,9
PP16	60	28	60	49,3	40,9
PP17	38	36	87	53,7	63,6
PP18	62	34	37	44,3	48,7
PP19	19	18	14	17,0	33,2
PP20	19	20	16	18,3	25,4
PP21	61	47	60	56,0	61,5
PP22	61	33	31	41,7	45,7

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

4.3.3.2 Análise estatística dos tempos médios

A partir dos tempos médios determinados entre os pontos de parada por faixa horária nas viagens realizadas pelos ônibus durante o período de rastreamento foram obtidos os respectivos valores centrais, representados por suas médias. Segundo Lapponi (2000, p. 95), “o conhecimento da dispersão dos valores é uma medida-chave na análise estatística de uma variável”.

Para obter uma medida numérica que represente a variabilidade ou dispersão dos valores calculados correspondentes aos tempos entre pontos de parada por faixa horária (Δt) foi realizado o cálculo do Desvio Padrão (SX), utilizando-se a planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2003. A Tabela 16 apresenta os valores do SX menor e maior encontrados em cada uma das faixas horárias estudada.

Tabela 16 – Desvio Padrão por faixa horária

Faixa Horária	Menor SX (s)	Maior SX (s)
1 (6h às 7h)	3,8	26,6
2 (7h às 8h)	2,9	22,5
3 (8h às 9h)	7,1	32,4
4 (9h às 10h)	-	-
5 (10h às 11h)	5,5	22,7
6 (11h às 12h)	4,9	26,7
7 (12h às 13h)	8,4	33,9
8 (13h às 14h)	1,8	30,5
9 (14h às 15h)	7,5	53,5
10 (15h às 16h)	7,1	38,1
11 (16h às 17h)	0,0	54,2
12 (17h às 18h)	1,6	145,4
13 (18h às 19h)	4,1	409,7
14 (19h às 20h)	0,0	145,6

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Os maiores valores de SX encontrados a partir da faixa 12 (das 17 horas às 18 horas) indicam uma grande dispersão dos tempos entre os pontos de parada. A provável causa para essa dispersão pode ser atribuída aos constantes congestionamentos ocorridos entre o PP12 e o PP13 causados nesses horários pelo estrangulamento no acesso à Terceira Ponte, que liga os municípios de Vitória-ES e Vila Velha-ES.

Outra forma de observar a variabilidade dos tempos médios entre pontos de parada em função do horário pode ser observada na Figura 20. Nessa figura foram acumulados os tempos médios entre pontos de parada por faixa horária entre o PP0 e o PP22.

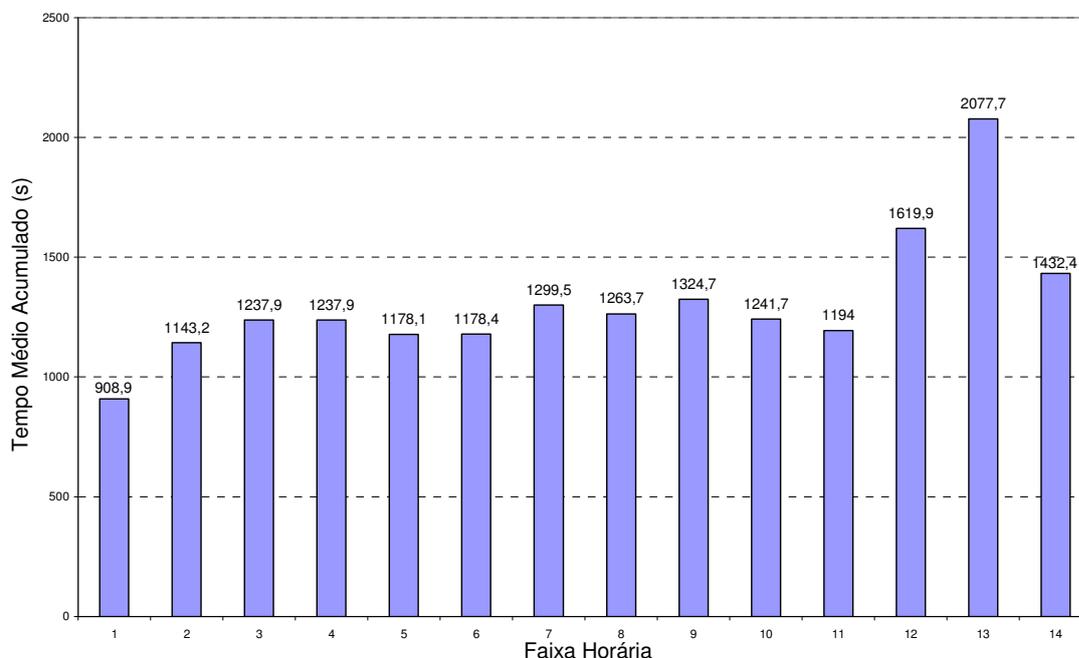


Figura 20 – Tempo Médio acumulado PP0 – PP22

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

4.4 ROTINA DE CÁLCULO “TEMPO DE ESPERA”

A rotina de cálculo desenvolvida para prever o horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22 empregou o modelo cliente-servidor, utilizando a linguagem Java e implementada como uma aplicação web para o

navegador Mozilla Firefox. O usuário, ao digitar no navegador o endereço do servidor que hospeda a aplicação, recebe o cliente da aplicação.

A parte cliente da aplicação disponibiliza as previsões do horário de passagem dos ônibus no ponto de parada PP22. A disponibilização ao usuário do tempo de espera é feita por meio de dois componentes básicos. O primeiro apresenta as previsões de forma tabular para cada veículo que esteja em operação na linha 101. O segundo permite a visualização gráfica da posição dos veículos sobre uma base cartográfica georreferenciada no sistema SIRGAS2000 da cidade de Vitória-ES. As informações em cada componente da parte cliente da aplicação são atualizadas a cada quinze segundos por solicitações feitas ao servidor.

O primeiro componente ao ser iniciado se conecta ao servidor no qual os cálculos da previsão são realizados tomando como base os tempos médios por faixa horária determinados. A cada novo registro de rastreamento recebido do sistema AVL embarcado nos ônibus é feita uma verificação no identificador do veículo para determinar se ele pertence à linha 101. Em caso positivo, utilizam-se os dados espaciais do rastreamento on-line para localizar o veículo em um dos trechos entre o PP0 e o PP22. Estando o veículo em um dos trechos de interesse, o cálculo é realizado. A busca no banco de dados da tabela correspondente à faixa horária considera o horário do registro de rastreamento on-line recebido do veículo.

O segundo componente é responsável apenas pela visualização gráfica do último registro de rastreamento recebido do veículo. Ao se conectar ao servidor, a parte cliente da aplicação recebe as coordenadas planas UTM da última posição e a indica sobre a base cartográfica, composta de um mapa de logradouros com divisão de bairros e de uma fotografia aérea da cidade de Vitória-ES.

Naturalmente esses dois componentes estão vinculados e são dependentes de uma série de outros, como o servidor de banco de dados, incluindo-se ainda os próprios sistemas operacionais utilizados nas máquinas. Aqui, porém, estes são considerados parte da plataforma de operação do sistema e, portanto, não serão abordados neste trabalho.

A Figura 21 mostra uma tela capturada do sistema SIU-VIX no dia 25 de novembro de 2008. Do lado esquerdo está o componente de cálculo com as cinco últimas previsões de chegada do ônibus 557 ao PP22. Acima da tabela de previsão é calculado o tempo em segundos que falta para o ônibus chegar ao PP22. Na parte

direita está o componente gráfico do sistema, mostrando o posicionamento do ônibus 557 gerado a partir do último rastreamento recebido do servidor.

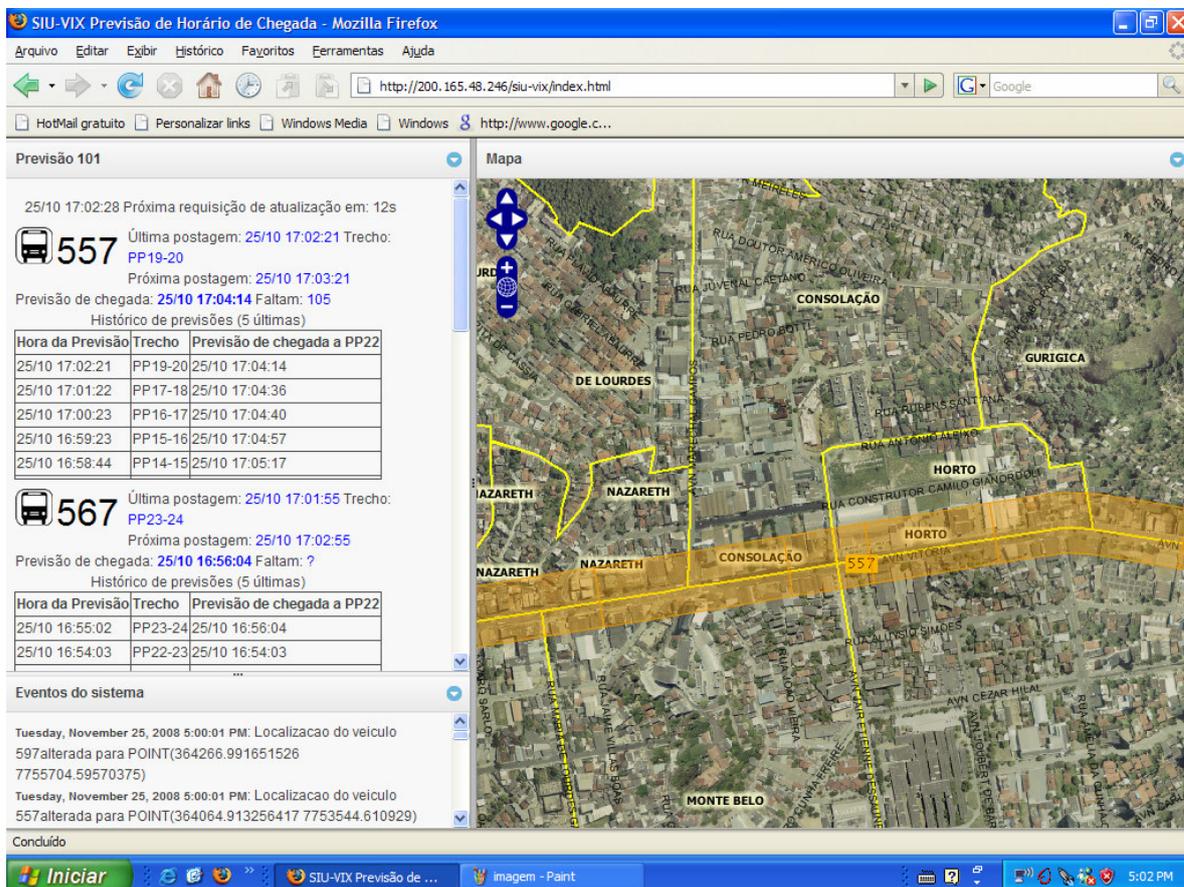


Figura 21 – Sistema de informação SIU-VIX

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

4.5 VALIDAÇÃO DO SISTEMA SIU-VIX

A validação do sistema de informação ao usuário de transporte coletivo por ônibus foi realizada nos dias 21, 24 e 25 de novembro de 2008 no ponto de parada PP22. Para a realização da validação, foi empregado um computador portátil com processador AMD Atlon, 997 MHz, com 512 MB de memória RAM, conectado a um monitor CRT (*Cathode Ray Tube*) de 17 polegadas. Para a alimentação elétrica do computador e acesso à Internet, foi construída uma rede entre o prédio do Ifes (Cefetes) e o ponto de parada PP22.

No dia anterior à validação, houve necessidade de solicitar à empresa operadora o número dos veículos programados para operarem na linha 101. Em função da programação diária realizada pela empresa operadora, ocorrem mudanças nos veículos que atendem às diversas linhas do sistema municipal de transporte coletivo na cidade de Vitória-ES. Outro procedimento adotado na véspera da validação foi o ajuste do relógio do computador com o tempo GPS. Para isso foi empregado um receptor GPS de posicionamento absoluto.

Para a validação do SIU-VIX, o pesquisador, posicionado no ponto de parada PP22, acompanhava a aproximação do veículo por meio da previsão realizada no sistema e, no momento da chegada ao ponto de parada, anotava o horário realizado lendo o tempo no relógio do computador. A Figura 22 mostra uma tela capturada do sistema SIU-VIX na viagem 33 realizada pelo veículo 557, no dia 25 de novembro de 2007. Nessa figura, são observados o cálculo das cinco últimas previsões realizadas, a posição do veículo sobre a base cartográfica no momento de rastreamento e o horário de passagem do veículo no ponto de parada PP22 obtido a partir do relógio do computador.

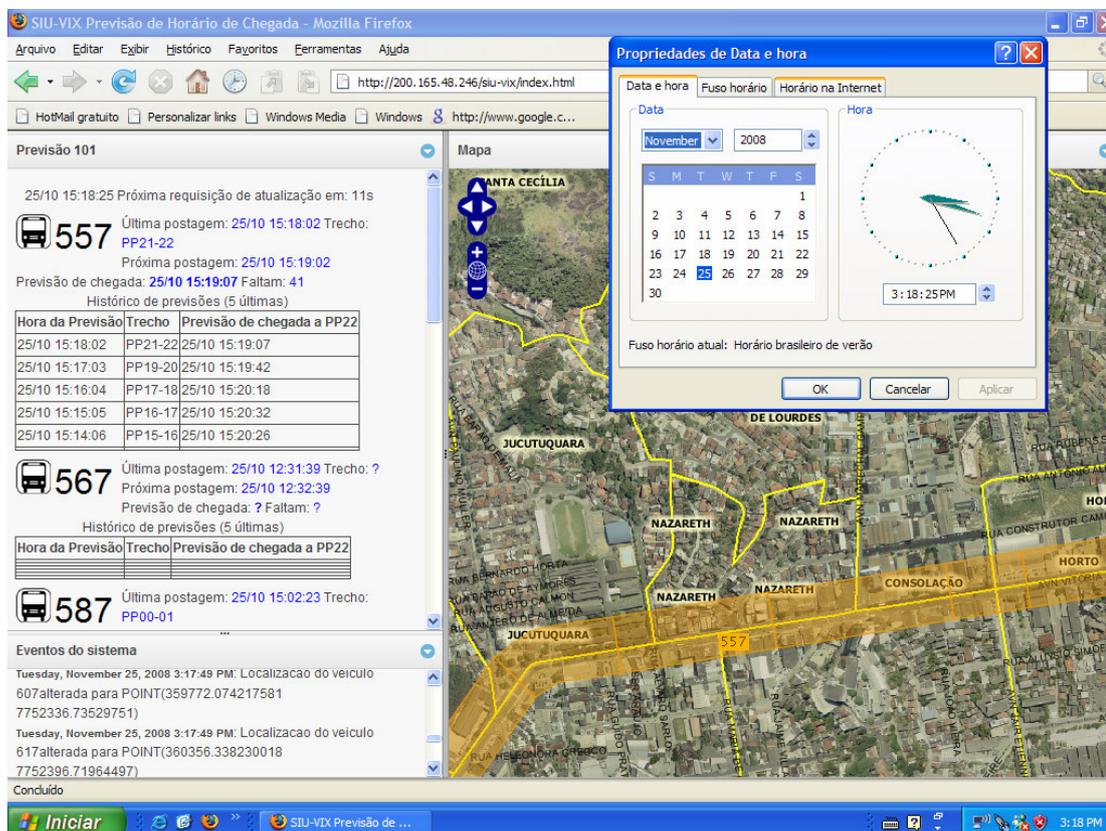


Figura 22 – Viagem 33 realizada pelo veículo 557 no dia 25/11/2008

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

A primeira validação ocorreu no dia 21 de novembro de 2008 e foram realizadas 14 medições, compreendidas entre as viagens 28 e 42. A Tabela 17 apresenta o resultado das medições e as diferenças encontradas no primeiro dia de validação.

Tabela 17 – Medições do primeiro dia de validação

Número da Viagem	Ônibus	Horário (h:min:s)		Diferença (h:min:s)
		Previsto	Realizado	
28	577	14:08:46	14:08:10	00:00:36
29	587	14:36:09	14:36:40	00:00:31
30	597	14:38:31	14:38:59	00:00:28
31	607	14:57:35	14:57:29	00:00:06
32	617	15:17:50	15:16:57	00:00:53
33	577	15:36:21	15:35:07	00:01:14
34	587	15:55:45	15:55:11	00:00:34
35	597	16:01:25	16:01:27	00:00:02
36	607	16:29:21	16:29:26	00:00:05
37	617	16:41:49	16:41:20	00:00:29
38	577	17:12:00	17:12:09	00:00:09
39	587	17:33:42	17:33:36	00:00:06
40	597	17:37:57	17:37:58	00:00:01
41	607	18:13:14	18:12:38	00:00:36
42	617	18:23:45	18:23:01	00:00:44

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

A média entre as diferenças do horário previsto pelo sistema e o realizado no primeiro dia de validação foi de 26 segundos, valor abaixo dos registros de rastreamento recebidos, que são transmitidos a intervalos de 60 segundos. Outro fato observado no primeiro dia de validação foi a não interferência da condição climática na diferença entre o horário previsto e o realizado, uma vez que em dias

chuvosos, como ocorrido na primeira validação, atrasos nos horários são comuns em função da redução da velocidade comercial.

A segunda validação do sistema SIU-VIX ocorreu no dia 24 de novembro de 2008. Os procedimentos preliminares para a realização das medições foram os mesmos da primeira validação. Por problemas de manutenção no servidor do sistema SIU-VIX, no segundo dia de validação foram realizadas apenas 6 medições. Os resultados das medições estão representados na Tabela 18. A média entre as diferenças do horário previsto e o realizado foi de 39 segundos.

Tabela 18 – Medições do segundo dia de validação

Número da Viagem	Ônibus	Horário (h:min:s)		Diferença (h:min:s)
		Previsto	Realizado	
36	607	16:15:54	16:14:48	0:01:06
37	617	16:36:09	16:36:07	0:00:02
38	467	16:50:56	16:50:26	0:00:30
39	577	17:02:08	17:01:17	0:00:51
40	587	17:20:09	17:19:04	0:01:05
41	597	17:33:46	17:34:05	0:00:19

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Para o terceiro dia de validação, ocorrido em 25 de novembro de 2008, os problemas com o servidor do sistema SIU-VIX foram solucionados e os resultados das medições apresentados na Tabela 19 indicam uma média entre as diferenças de 29 segundos. Apenas as viagens 34 e 47 não apresentam medição, pois no momento de passagem do ônibus da linha 101 o ponto de parada PP22 estava ocupado com outros veículos, não permitindo a aproximação e identificação dos respectivos veículos pelo pesquisador.

Tabela 19 – Medições do terceiro dia de validação

Número da Viagem	Ônibus	Horário (h:min:s)		Diferença (h:min:s)
		Previsto	Realizado	
29	587	14:18:05	14:17:15	0:00:50
30	597	14:30:42	14:30:34	0:00:08
31	607	14:54:55	14:54:40	0:00:15
32	617	15:07:31	15:07:15	0:00:16
33	557	15:19:07	15:18:25	0:00:42
34	587	-	-	-
35	597	15:58:13	15:57:49	0:00:24
36	607	16:14:38	16:13:35	0:01:03
37	617	16:35:32	16:35:51	0:00:19
38	567	16:54:19	16:53:31	0:00:48
39	557	17:04:48	17:04:11	0:00:37
40	587	17:22:05	17:21:24	0:00:41
41	597	17:36:41	17:36:21	0:00:20
42	607	17:51:56	17:51:55	0:00:01
43	617	18:16:29	18:15:36	0:00:53
44	567	18:35:32	18:35:11	0:00:21
45	557	18:44:48	18:44:06	0:00:42
46	587	19:06:27	19:06:22	0:00:05
47	597	-	-	-
48	607	19:35:19	19:35:03	0:00:16
49	617	19:54:35	19:54:12	0:00:23
50	597	20:27:07	20:26:37	0:00:30

Fonte: Autor, dados da pesquisa (2008)

Os resultados apresentados nos três dias de validação do sistema de informação ao usuário ratificam a hipótese desta pesquisa. As tecnologias da informação e da comunicação permitiram, por meio de sua integração, prever e disponibilizar o horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas pela presente pesquisa, bem como algumas recomendações para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES DE CARÁTER GERAL

Esta pesquisa buscou, com base no referencial teórico, identificar as tecnologias da informação e da comunicação que possibilitassem, com base em uma integração sistêmica, implementar um sistema de informação ao usuário capaz de prever e disponibilizar nos pontos de parada o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES.

Com relação ao objetivo geral, foi implementado de forma adequada o sistema de informação ao usuário SIU-VIX, que se mostrou capaz de prever e disponibilizar o horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22. Para alcançar o objetivo geral da pesquisa, foram empregadas as tecnologias da informação e da comunicação responsáveis pela geração, transmissão e análise de dados espaciais. Dentre as tecnologias utilizadas estão o sistema de posicionamento e navegação por satélite (GPS), a telefonia móvel (GSM/GPRS), o sistema de informações geográficas (SIG) e o banco de dados (BD).

Com relação aos objetivos específicos definidos para suporte, a pesquisa chegou às seguintes conclusões:

Quanto à extração dos dados espaciais do banco de dados da Prefeitura Municipal de Vitória, relativos aos registros de rastreamento dos ônibus da linha 101, no mês de agosto de 2008, percebeu-se que estão organizados de forma relacional, facilitando a sua consulta.

Quanto ao levantamento geodésico dos pontos de parada e do caminhamento da linha 101, realizado com o sistema de posicionamento por satélite GPS, verificou-se sua facilidade de uso e potencialidade na geração de dados espaciais, tanto para o modo relativo estático como para o modo relativo cinemático.

Apesar de suas vantagens em relação a outros sistemas de posicionamento, uma limitação do sistema GPS pôde ser observada em locais com superfícies refletoras, as quais provocam a reflexão dos sinais enviados pelos satélites. A ocorrência de uma diferença de 43,76 metros no posicionamento do ponto de parada PP5 reforça os cuidados para locais que possuam grandes superfícies refletoras, como detectado nas proximidades do referido ponto de parada.

A análise dos registros de rastreamento dos ônibus da linha 101 para a determinação dos tempos médios entre pontos de parada no sistema de informações geográficas SIG apresentou-se eficaz na obtenção dos registros da proximidade ao ponto de parada, bem como na geração dos corredores, definindo os trechos para receberem os registros de rastreamento on-line. Os tempos médios calculados apresentaram uma forte coerência entre os seus valores quando comparados com os tempos medidos em três levantamentos realizados.

O desenvolvimento da rotina de cálculo capaz de prever o horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22, com base nos dados de localização dos veículos enviados on-line por telefonia móvel ao servidor e dos tempos médios determinados entre pontos de parada por faixa horária superou as expectativas iniciais e mostrou-se eficaz na integração dos diversos sistemas envolvidos.

A exibição das informações relacionadas à previsão do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22 ocorreu de forma satisfatória por meio de um monitor CTR de 17 polegadas.

A validação do sistema de informação ao usuário proposto foi realizada em três dias de testes. Com uma aplicação web foram feitas 41 medições comparando o tempo previsto de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22 com o tempo realizado. O sistema apresentou uma boa estabilidade durante o teste e a média das diferenças dos tempos previsto e realizado manteve-se abaixo de um minuto.

Os resultados apresentados nesta pesquisa referentes à previsão e à disponibilização do horário de passagem dos ônibus da linha 101 no ponto de parada PP22, obtidos por meio do sistema de informação SIU-VIX, validam a metodologia adotada e permitem a sua aplicação em sistemas de informação ao usuário de transporte coletivo por ônibus que possuam características semelhantes.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A elaboração desta pesquisa abrirá caminhos para que novos pesquisadores, de posse dos recursos tecnológicos disponíveis, encontrem soluções para problemas semelhantes ao pesquisado.

Como recomendações para trabalhos futuros sugere-se:

- Utilizar a metodologia desenvolvida na implementação de um sistema capaz de prover informações ao usuário de transporte coletivo por ônibus no interior do veículo e na Internet.
- Ampliar a metodologia desenvolvida, disponibilizando outras informações de interesse do usuário de transporte coletivo por ônibus.
- Incorporar à metodologia desenvolvida a realimentação dos registros de rastreamento para a determinação dos tempos médios entre pontos de parada.
- Analisar o impacto da informação relativa ao horário de passagem dos ônibus no ponto de parada aos usuários do transporte coletivo por ônibus e aos usuários do transporte individual.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Fernando. **Introdução ao Banco de Dados**. Brasília: UNB, 2000. Disponível em <<http://cic.unb.br/docentes/fernando.html>>. Acesso em: 05 maio 2007.

ALENCAR, Marcelo Sampaio de. **Telefonia Celular Digital**. 2. ed. São Paulo: Ética, 2007.

ANDRADE, M. M. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ANTUNES, R. T.; YAMASHITA, Y.; ARAGÃO, J. J. G.; DANTAS, A. S.; WEIGANG, L. Marketing de transporte público: modelo para a previsão do comportamento do usuário sob o enfoque de redes neurais. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE 11., 2000, Gramado. **Anais ...** 2000, v. 1, p. 277-287.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. Pontos de parada de ônibus urbano. **Caderno técnico**. São Paulo, n. 2, 2002.

_____. **Sistema de informações da mobilidade urbana: relatório geral 2007**. 2008. Disponível em: <<http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Forms/AllItems.aspx>>. Acesso em: 14 set. 2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Veículos para transporte coletivo**. 2004. Disponível em: <<http://ntu.org.br>>. Acesso em: 10 set. 2007.

_____. **Anuário 2006/2007**. 2007. Disponível em: <<http://ntu.org.br>>. Acesso em: 10 set. 2007.

BATISTA, Marcelo Geraldo. A gerência de projetos como ferramenta de planejamento e controle na implantação de aplicações ITS em Belo Horizonte: o caso do sistema de monitoramento e informação do transporte coletivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 16., 2007, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTP, 2007. p.1-10.

BRADLEY, J.; JAMES, N. **The Accuracy of Real Time Information: A Detailed Case Study**. In: PTRC Summer Annual Meeting, London. Proceedings of Seminar. London: PTRC, 1996.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

CASANOVA, M. A.; CAMARA, G.; DAVIS, JR.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R. **Banco de Dados Geográficos**. 1. ed. Curitiba: MundoGeo, 2005.

CÂMARA, G. Software livre para GIS: entre o mito e a realidade. Revista, **InfoGeo**, Curitiba, ano 5, n. 30, p. 30-34, 2004.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

CETURB. 2005. **Transporte coletivo por ônibus**. Disponível em: www.ceturb.org.br. Acesso em: 3 de setembro de 2007.

CHOWDHURY, Mashrur A.; SADEK, Adel. **Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning**. London: Artech House, 2003.

CUTOLO, F. A. Diretrizes para sistema de informação ao usuário. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL PROMOTEO, 3., 2003, Porto Alegre. **Anais** ... Porto Alegre, 2003.

DATE, C. J. **Banco de Dados**: introdução aos sistemas de banco de dados. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Global positioning system standard positioning service performance standard**. Washington: DoD, 2001.

DRANE, Chris; RIZOS, Chris. **Positioning Systems in intelligent transportation systems**. London: Artech House, 1998.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de Banco de Dados**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

FERRAZ, Antonio Clovis Pinto; TORRES, Isaac Guilherme Espinosa. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

FILHO, Jugurta Lisboa. **Projeto de banco de dados para sistemas de informação geográfica**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

FRANÇA, Diego bastos de. Análise da atual situação do projeto de controle integrado de transportes de Fortaleza – CITFOR visando melhorias de operação e informação aos usuários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 16., 2007, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTP, 2007. p.1-10.

GRAEML, A. R.; GRAEML, Felipe Reis . A automação do tráfego de veículos: tecnologia aeroespacial/militar x tecnologia de chão de fábrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 17., 1997, Gramado. **Anais**... Gramado: ENEGEP, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistemas de referência**, 1995. Disponível em: <http://geofpt.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

_____. **Caracterização do sistema geodésico brasileiro**, 2005. Disponível em: <http://geofpt.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/legislação/rpr_01_25fev2005.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

_____. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2007**, 2007a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsoais2007>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

_____. **Contagem da população 2007**, 2007b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_18.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

_____. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**, 2008. Disponível em: <http://geofpt.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/Recom_GPS_internet.pdf>. Acesso em: 29 out. 2008.

JESZENSKY, Paul Jean Etienne. **Sistemas Telefônicos**. Barueri, SP: Manole, 2004.

KANNINEN, B. J. **Intelligent transportation systems: an economic and environmental policy assessment**. Londres, 1996.

KENNEDY, A. **The global positioning system and GIS**. 2nd ed. London, New York: Taylor & Francis, 2002.

LACERDA, Sander Magalhães. Precificação de congestionamento e transporte coletivo urbano. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 85-100, mar. 2006.

LAPPONI, Juan Carlos. **Estatística usando Excel**. São Paulo: Lapponi, 2000.

LAULETTA, Alberto Fassanaro. **Planejamento e gestão do transporte público**. Brasília: ANTP, 2006.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

LISBOA, J. F. Projeto de banco de dados para sistemas de informação geográfica. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, Brasília, v.1, n.2, 2001.

MACIEL, Evandro. A mobilidade urbana pede socorro. **Canal do Transporte**, São Paulo. Disponível em: <http://www.canaldoesporte.com.br/detalheopina.asp>. Acesso em: 15 set. 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação científica**: a prática de fichamentos, resumos e resenhas. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MELO, Márcio J. V. Saraiva de. **A cidade e o tráfego**: uma abordagem estratégica. Recife: UFPE, 2000.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa, 2005.

MÖNICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: UNESP, 2008.

MORAES, Alexandre. **Prefeitura de São Paulo lança olho vivo**, 2008. Disponível em: http://sptrans.com.br/sptrans08/noticias/materias/2008/maio/12_olho_vivo.asp. Acesso em: 30 set. 2008.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Autora, 2003.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PEREIRA, Wallace Fernandes; AQUINO, Willian. As tendências de uso de ITS com vistas a melhoria da prestação dos serviços de transporte urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 14., 2003, Brasília. **Anais...** Brasília: ANTP, 2003.

PEREIRA, M. M.; GUEDES, L. G. **Perspectivas das comunicações móveis no Brasil**. Disponível em: <www.UCG.edu.br>. Acesso em: 26 jun. 2007.

PLANO diretor de transporte e mobilidade urbana da cidade de Vitória e estudo de viabilidade técnico operacional econômico-financeira do sistema metrô-leve para a cidade de Vitória: síntese do diagnóstico. In: SEMINÁRIO DE MOBILIDADE URBANA DE VITÓRIA, 1, 2007, Vitória. [trabalho apresentado] Vitória: Companhia de Desenvolvimento de Vitória, 2007. 132 p.

RAISZ, Erwin. **Cartografia geral**. Rio de Janeiro: Científica, 1969.

RAMOS, Djacir. **Geodésia na prática**. 3. ed. Araraquara, SP: MDATA, 1999.

REIS, Dálcio Roberto dos. **Gestão da inovação tecnológica**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.

SAINT-LAURENT, B. **Information system for public management**. Eglant: Jonh Wiley & Sons Ltd., 1997.

SCHEIN, Augusto Leonardo. **Sistema de Informação ao usuário como estratégia de fidelização e atração**. 2003. 148 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SCHWEIGER, C. L. **Real-Time bus arrival information systems**. Washington: TCRP, 2003.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications**. 2nd ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003.

SILBERSCHATZ, A. **Sistema de banco de dados**. 5. ed. São Paulo: Campus, 2006.

SILVA, A. N. R.; FERRAZ, A. C. P. Densidades urbanas custos de serviços públicos: análise do caso de São Carlos. **Revista de Administração Municipal**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 199, 1991.

SILVA, Danyela Moraes da. **Sistemas Inteligentes no transporte público por ônibus**. 2000. 143 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: UNICAMP, 2003.

SILVEIRA, Luiz Carlos da. **Os sistemas de coordenadas UTM, RTM e LTM**. Criciúma: Luana, 2000.

STAIR, R.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de sistemas de informação**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento**: reflexões e propostas. 3. ed. São Paulo: Annablume, 2000.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **Desvendando a política brasileira de mobilidade urbana**. São Paulo: ANTP, 2005.

VIEIRA, L. F.; SCHEIN, A. L.; MERINO, E. D.; SENNA, L. A. Sistemas de informação ao usuário: avaliando as preferências dos usuários da bacia operacional sul – Porto Alegre. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 14., 2000, Gramado. **Anais ...** Gramado: ANTP, p. 215-226.

APÊNDICE A

Solicitação do PPGEF – UTFPR à Prefeitura Municipal de Vitória-ES



Ofício nº 207-2008

Ponta Grossa - PR, 19 de agosto de 2008

Protocolado.....: 11956/2008 Data : 20/08/2008 Hora: 16:42
 Requerente.....: ANTONIO CARLOS DE FRANCISCO
 Órgão Destino...: SEMAD/GAL/CPA/EPG2
 Resumo.....: SOLICITA INFORMACOES PARA PESQ
 QUISAS
 Tipo Documento...: REQUERIMENTO
 Número Documento: s/n

Ao Senhor

ALEX MARIANO

Secretário Municipal de Transportes e Infra-Estrutura Urbana - SETRAN
 Prefeitura Municipal de Vitória

Ilmo. Senhor,

Apresentamos a V. S^a. o aluno **José Aguilar Pilon**, matriculado no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção – Gestão do Conhecimento e Inovação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa, que está desenvolvendo pesquisa com vistas à elaboração de dissertação na área de Transporte Coletivo.

Para o desenvolvimento de sua pesquisa, que terá como objetivo geral: implementar um Sistema de Informação ao Usuário capaz de prever e disponibilizar nos pontos de parada o horário de passagem dos ônibus do sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória-ES.

Assim sendo, venho solicitar que disponibilize ao pesquisador dados referentes aos rastreamentos dos ônibus, em particular da linha 101 (Praia do Canto – Rodoviária). Igualmente, declaramos que os dados coletados serão utilizados exclusivamente para fins desta pesquisa, ficando de domínio restrito ao pesquisador e seu orientador. A divulgação das informações, bem como das conclusões obtidas por meio da análise, dar-se-á somente mediante prévia autorização da Prefeitura Municipal de Vitória, preservando assim o interesse da instituição e o respeito a padrões éticos.

No ensejo, aproveitamos para antecipar os sinceros agradecimentos pela atenção que for dispensada à solicitação.

Atenciosamente,

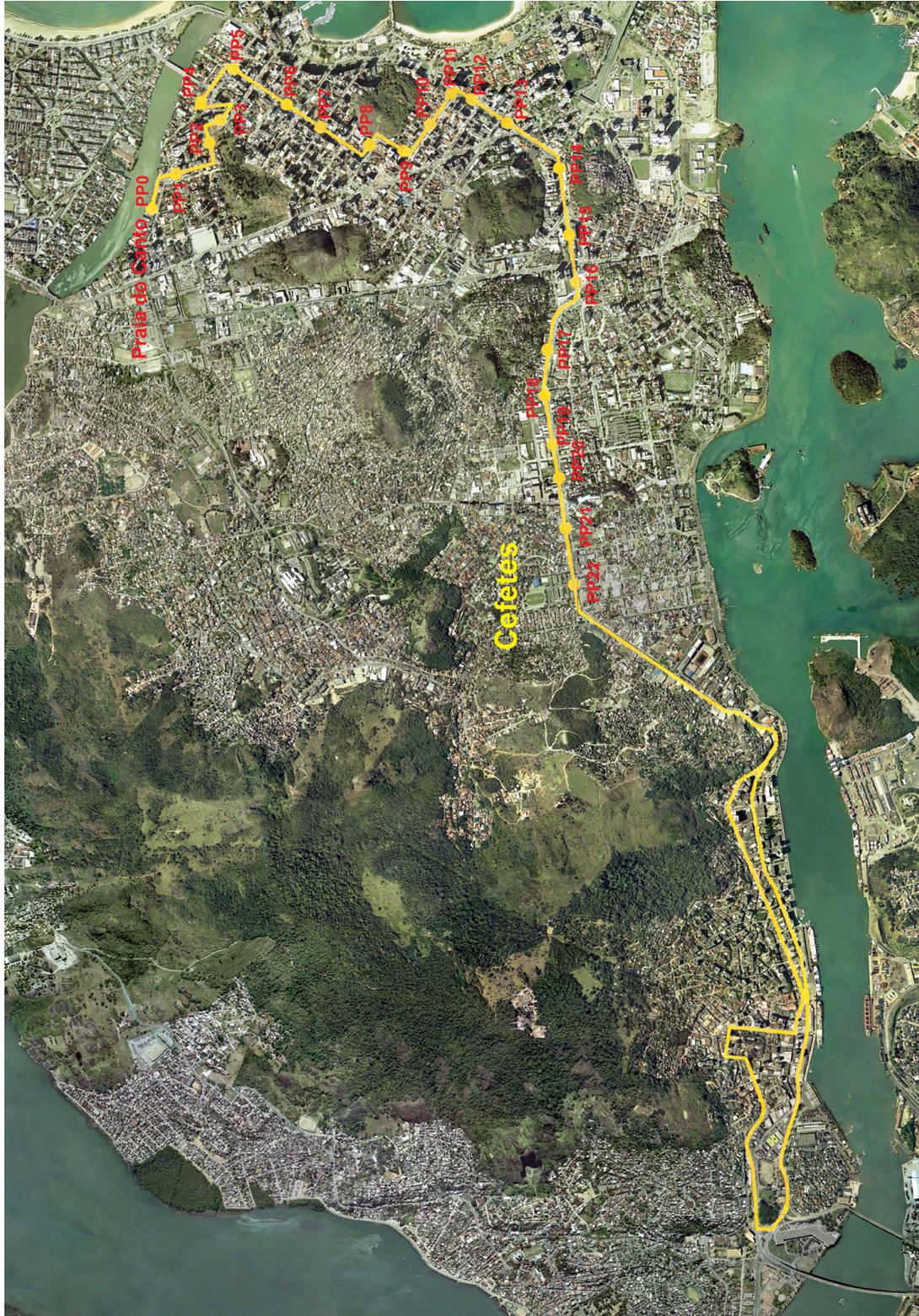

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
 Gerência do PPGEF – UTFPR

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
 Gerente de Pesquisa e Pós-Graduação
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Campus Ponta Grossa

CPF : 523.273.709-06

APÊNDICE B

Caminhamento e Pontos de Parada da Linha 101



Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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