



Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

Universidade Federal de Santa Catarina

Laboratório de Transportes e Logística

Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias

Banco de Dados de Volumes de Tráfego nas Rodovias Federais Catarinenses

Núcleo de Estudos sobre Acidentes de
Tráfego em Rodovias

Dezembro 2007

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	7
2. ALGUMAS DEFINIÇÕES IMPORTANTES	9
2.1. Volume de Tráfego	9
2.2. Variações no Volume de Tráfego	10
2.3. Contagem Volumétrica	12
2.3.1. Contagens Globais	12
2.3.2. Contagens Direcionais	12
2.4. Composição do Tráfego	12
3. DADOS UTILIZADOS	13
4. FONTES CONSULTADAS	13
4.1. DNIT	14
4.1.1. Postos de Contagem do DNIT	14
4.1.2. VMD Estimado pelo DNIT-SC	18
4.1.3. Volumes de Tráfego de REV	18
4.2. Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN	22
4.3. Departamento Estadual de Infra-estrutura - DEINFRA	22
4.4. Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT	22
5. TRATAMENTO DOS DADOS	24
5.1. Levantamento dos Dados	25
5.2. Transcrição dos Dados	27
5.3. Processamento dos Dados	28
5.3.1. Determinação do Volume Médio Diário Mensal	29

5.3.2.	Determinação do Volume Médio Diário Anual	31
5.4.	Estimativas para os Anos e Meses Faltantes.....	31
5.4.1.	Determinação dos Volumes de Tráfego a Partir dos Fatores de Expansão.....	32
5.4.2.	Modelo de Previsão Baseado em Séries Históricas	33
5.4.3.	Regressão.....	41
6.	POSSÍVEIS APLICAÇÕES UTILIZANDO O BANCO DE DADOS	45
7.	CONCLUSÕES	50
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
9.	ANEXOS	53
9.1.	Anexo 1: Dados Levantados nas Fontes Citadas no item 4.....	53
9.2.	Anexo 2: Informações Estimadas a partir dos Dados Levantados e dos Procedimentos Descritos no item 5.4.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos Postos de Contagem em Santa Catarina	14
Figura 2: Abrigo dos Postos de Contagem.....	16
Figura 3: Linha de Transmissão dos Postos de Contagem.....	16
Figura 4: Loops dos Postos de Contagem	17
Figura 5: Detectores e Aparelho Contador dos Postos de Contagem.....	17
Figura 6: Tipos de Redutores Eletrônicos de Velocidade.....	18
Figura 7: Redutor Eletrônico Modelo PIII	19
Figura 8: Redutor Eletrônico do Tipo T I	19
Figura 9: Redutor Eletrônico do Tipo T II	20
Figura 10: Mapa da Localização do Posto de Contagem – Trecho 2.....	23
Figura 11: Mapa de Localização do Posto de Contagem – Trecho 7.....	24
Figura 12: Relatório de Saída do Statistica	36
Figura 13: Gráfico de Saída do Statistica.....	36
Figura 14: Etapa 1 do Phicast	37
Figura 15: Etapa 2 do Phicast	38
Figura 16: Etapa 3 do Phicast	38
Figura 17: Opção Avançada da Etapa 3	39
Figura 18: Etapa 4 do <i>Phicast</i>	40
Figura 19: Tela de Entrada da Ferramenta	43
Figura 20: Curva de Regressão Gerada	44
Figura 21: Exemplo de Gráfico com Variação Horária	48
Figura 22: Exemplo de Gráfico com Variação Mensal	48
Figura 23: Exemplo de Gráfico com Variação Semanal.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização dos Postos de Contagem em Santa Catarina.....	15
Tabela 2: Localização dos Redutores Eletrônicos de Velocidade	20
Tabela 3: Endereço dos Redutores Eletrônicos de Velocidade.....	21
Tabela 4: Localização do Posto de Contagem – Trecho 2	23
Tabela 5: Localização do Posto de Contagem – Trecho 7	24
Tabela 6: Classificação Veicular	25
Tabela 7: Exemplo de Tabela com os Dados do REV Localizado na BR 116 .	29
Tabela 8: Exemplo de Cálculo para Estimativa de VMD	41
Tabela 9: TMDA para o Trecho do PNV 470BSC0295	42
Tabela 10: Estatística da Regressão.....	43
Tabela 11: Valores do TMDA Estimado através de Regressão	44
Tabela 12: Volume Médio Diário Mensal e Distribuição Segundo Intervalo Horário	47
Tabela 13: Volume Médio Diário Mensal e Distribuição Segundo Dia da Semana.....	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials

CENTRAN – Centro de Excelência em Engenharia de Transportes

DEINFRA – Departamento Estadual de Infra-Estrutura

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

FHWA - Federal Highway Administration

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

ITS – Sistemas Inteligentes de Transporte

NEA – Núcleo de Estudos sobre Acidentes de Tráfego em Rodovias

PNV - Plano Nacional de Viação

REV – Redutor Eletrônico de Velocidade

VMD – Volume Médio Diário

VMDa - Volume Médio Diário Anual

VMDd - Volume Médio Diário em um Dia de Semana

VMDm - Volume Médio Diário Mensal

VMDs - Volume Médio Diário Semanal

TMDA - Tráfego médio diário anual

TMDM - Tráfego médio diário mensal

TMDS - Tráfego médio diário semanal

TMH - Tráfego Médio Horário

1. INTRODUÇÃO

Em sua complexidade, o transporte deve ser suficiente para atender, em tempo hábil e sob condições econômicas aceitáveis, a vários requisitos de demanda de um país que cresce para dentro e para fora, dentre as quais se podem citar: circulação interna de bens e pessoas, nos âmbitos urbano, suburbano, metropolitano e interurbano, em todas as modalidades; circulação de bens, nos sentidos centrífugo e centrípeto, tendo como origem ou destino o exterior, segundo corredores que desembocam em portos marítimos ou em cidades fronteiriças (Mello, 1975).

Os elevados custos das obras rodoviárias, a escassez de recursos, bem como a preocupação com as finanças públicas, justifica a necessidade de estudos de planejamento, operação e controle criteriosos, possibilitando ao órgão rodoviário a aplicação racional dos recursos financeiros disponíveis. Devido a essas restrições, é necessária uma análise dos fatores de maior influência, que são considerados nos estudos rodoviários.

Uma das variáveis, mais importantes, coletadas a fim de atender a esses estudos é o volume de tráfego. A falta dessa informação ou a incerteza quanto à representatividade do dado que porventura exista, gera distorções nos estudos rodoviários, pois, esse volume constitui-se de elemento básico à elaboração de planos diretores rodoviários, estudos de viabilidade técnico-econômica, projetos geométricos, projetos de pavimentos, programas de conservação, análise de segurança de tráfego, capacidade das vias, entre outros.

Assim, a determinação dos volumes de tráfego é extremamente importante, uma vez que permite aos agentes gestores: planejar o sistema rodoviário; medir a demanda atual de serviços por via rodoviária; estabelecer as tendências de tráfego no futuro; determinar os volumes de viagens de forma a proporcionar justificativa econômica aos investimentos programados; justificar e planejar o policiamento; analisar a capacidade e estabelecer o nível de serviço; realizar análise estatística de acidentes; localizar e projetar instalações para a operação rodoviária; etc.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo organizar os dados referentes aos volumes de tráfego, os quais foram coletados por diferentes órgãos e/ou de diversas maneiras, afim de que se possam visualizar com maior precisão e rapidez as informações relacionadas aos volumes de tráfego das rodovias federais catarinenses.

A necessidade desse trabalho surgiu após a constatação de que não haviam informações atualizadas ou até mesmo disponíveis, de volumes de tráfego a partir do ano de 2001. Essa indisponibilidade de informação prejudica muito a determinação dos segmentos críticos das rodovias do Estado de Santa Catarina, uma vez que a equação que determina quais os segmentos a serem considerados críticos leva em consideração o volume médio diário de veículos passantes no segmento.

A determinação do volume médio diário a partir do ano de 2001 requereu o levantamento e ajuste de todos os dados disponíveis a respeito de contagens realizadas nas rodovias federais catarinenses, uma vez que todos esses dados encontravam-se de forma dispersa e desagrupada.

Assim, nesse trabalho são apresentados os procedimentos adotados na concepção do banco de dados de volumes de tráfego das rodovias federais catarinenses. Esses dados poderão, futuramente, fazer parte de um sistema de informações, o que permitirá aos agentes gestores, a inserção de novos dados, bem como consultas rápidas de informações de volumes de tráfego anuais, mensais, semanais e horários de determinados trechos do Plano Nacional de Viação (PNV), sendo também possível a visualização de gráficos representativos das variações temporais dos mesmos.

2. ALGUMAS DEFINIÇÕES IMPORTANTES

2.1. Volume de Tráfego

O volume de tráfego é definido como o número de veículos que passa por uma seção de uma via em um determinado intervalo de tempo. Para os estudos de planejamento de rodovias e estudos de tendências de crescimento do tráfego, o intervalo de tempo dos volumes de tráfego normalmente é o dia (veículos/dia) e os mais freqüentemente usados são: Volume Médio Diário Anual (VMDA) e Volume Médio Diário (VMD).

O VMDA representa o valor médio de todos os volumes diários registrados durante um ano em uma dada seção de uma via. A determinação do verdadeiro valor desse parâmetro somente é possível por meio de contagens contínuas ou permanentes, efetuadas por equipamentos eletrônicos.

Já o VMD corresponde à média diária do volume de tráfego de uma determinada seção para um período menor que um ano. Enquanto o VMDA utiliza-se de todos os volumes diários durante um ano, o VMD pode ser medido para um período de seis meses, um mês, uma semana, ou menor período, como, por exemplo, um ou dois dias.

Segundo IPR (2006), são de uso corrente os seguintes conceitos de volume médio diário:

- ✓ Volume Médio Diário Anual (VMDa): número total de veículos trafegando em um ano dividido por 365.
- ✓ Volume Médio Diário Mensal (VMDm): número total de veículos trafegando em um mês dividido pelo número de dias do mês. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere.
- ✓ Volume Médio Diário Semanal (VMDs): número total de veículos trafegando em uma semana dividido por 7. É sempre acompanhado pelo nome do mês a que se refere. É utilizado como uma amostra do VMDm.

- ✓ Volume Médio Diário em um Dia de Semana (VMDd): número total de veículos trafegando em um dia de semana. Deve ser sempre acompanhado pela indicação do dia de semana e do mês correspondente.

Para todos esses casos a unidade é veículos/dia. O VMDa, ou simplesmente VMD, é o de maior importância. Os demais são geralmente utilizados como amostras a serem ajustadas e expandidas para determinação do VMD.

2.2. Variações no Volume de Tráfego

O volume de tráfego varia ao longo do tempo, sendo classificado nas seguintes escalas de variações cíclicas temporais: a variação sazonal que se processa mensalmente ao longo do ano; a variação diária que ocorre através da semana; a variação horária ao longo do dia, e a variação dentro de uma hora. Além das variações temporais, existe uma tendência de crescimento dos volumes de tráfego em longo prazo. Essa tendência tem sido positiva, no sentido de ser um acréscimo progressivo, o qual reflete o próprio crescimento da economia ou o crescimento populacional.

Como reflexo das mudanças na economia do país, o fluxo de tráfego normalmente se altera de ano a ano. Este efeito faz com que seja necessário um cuidado especial na utilização de dados antigos, uma vez que podem levar a uma avaliação errônea da importância da rodovia. As variações anuais costumam ser mais acentuadas nas vias rurais, principalmente nas de acesso a áreas de recreio (IPR, 2006).

As mudanças contínuas dos valores dos volumes de tráfego ao longo dos meses de um ano são, primeiramente, em função do tipo de rodovia (rural, urbana ou turística) e do tipo de atividades sócio-econômicas da área servida pela via. De maneira geral, a variação mensal é mais intensa nas rodovias rurais do que nas vias urbanas, sendo que nessas últimas as alterações dos volumes são mais significativas durante os períodos de férias escolares. No

caso de rodovias rurais, as variações decorrem de influências de safras agrícolas, de épocas de comercializações, etc. Quanto às rodovias turísticas, existem as influências de estações do ano e de férias escolares, criando variação volumétrica mais severa ao longo do ano (Gomes, 2004).

As variações diárias do volume também estão relacionadas com o tipo de rodovia. Percebe-se que no padrão urbano os volumes são aproximadamente constantes, durante os dias da semana, e que existe um leve declínio nos fins de semana e feriados, sendo o volume do domingo mais baixo que o do sábado. Esse comportamento pode existir em muitas rodovias rurais. O outro padrão de variação de volume é normalmente encontrado em áreas rurais com grande quantidade de viagens turísticas, onde se observa um volume constante durante a semana, seguido de um aumento do tráfego nos fins de semana. (FHWA, 2001 apud Gomes, 2004).

Os volumes de tráfego também variam ao longo do dia, apresentando pontos máximos acentuados, designados por picos. A compreensão destas variações é de fundamental importância, uma vez que é no horário de pico que necessariamente deverão ocorrer os eventos mais relevantes. Na expansão de contagens de algumas horas para o dia todo, a precisão da estimativa dependerá sempre do conhecimento dos padrões de flutuação dos volumes (IPR, 2006).

A distribuição por sentido também é uma característica importante do volume. Normalmente, em vias urbanas, o sentido principal se inverte nos picos da manhã e da tarde.

Contudo, além de determinar os padrões de variação temporal e espacial do volume, o gestor deve compreendê-los para melhor entender a demanda de tráfego. Essa variabilidade nos volumes reflete o comportamento das atividades sócio-econômicas da área servida pela via e apresenta uma conformação cíclica em qualquer dos tipos de variação considerada, embora a magnitude dos valores difira em escala (Gomes, 2004).

2.3. Contagem Volumétrica

A contagem volumétrica consiste em quantificar o volume de veículos que trafega por um determinado trecho da rodovia, durante um determinado intervalo de tempo. Essa informação é usada na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de elevados índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego e outras melhorias (IPR, 2006).

2.3.1. Contagens Globais

As contagens globais são aquelas em que é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, agrupando-os geralmente pelas suas diversas classes. São empregadas para o cálculo de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego (IPR, 2006).

2.3.2. Contagens Direcionais

As contagens direcionais são aquelas em que é registrado o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, justificação de controles de trânsito, estudos de acidentes, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes, etc. (IPR, 2006).

2.4. Composição do Tráfego

A corrente de tráfego é composta por veículos que diferem entre si quanto ao tamanho, peso e velocidade. A fim de ter-se a composição do tráfego são realizadas as contagens classificatórias, as quais consistem em quantificar e classificar por tipo de veículos o volume que trafega por um determinado trecho da rodovia, durante um determinado intervalo de tempo.

Nessas contagens são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

3. DADOS UTILIZADOS

Os dados coletados, neste trabalho, referem-se às contagens volumétricas e classificatórias disponíveis para o estado de Santa Catarina. Contudo, nessa primeira etapa do trabalho as estimativas realizadas restringem-se somente com as contagens volumétricas, ou seja, somente estão sendo avaliados nesse, os dados referentes aos volumes totais de veículos.

Essa restrição inicial do trabalho ocorreu devido à necessidade imediata de resultados envolvendo o VMD dos anos que se encontravam sem informação, a fim de prosseguir na determinação dos segmentos críticos das rodovias federais catarinenses.

Contudo, informações referentes às contagens classificatórias foram cadastradas no banco de dados, as quais também estarão disponíveis para consulta.

4. FONTES CONSULTADAS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de diferentes fontes. Entre essas fontes pode-se destacar: DNIT, CENTRAN, DEINFRA e ANTT. Na sequência são apresentadas mais informações a respeito.

4.1. DNIT

Os dados coletados do Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre (DNIT) foram provenientes de três fontes. A primeira fonte diz respeito aos dados coletados nos postos de contagem do DNIT, os quais tiveram em operação de 1994 a 2001. A segunda está associada a estimativas realizadas pelo próprio DNIT. E a terceira fonte está vinculada aos dados coletados nos redutores eletrônicos de velocidade instalados nas rodovias federais catarinenses.

4.1.1. Postos de Contagem do DNIT

Os postos de contagem do DNIT estiveram em operação de 1994 a 2001, e tinham por objetivo coletar os dados do fluxo de trânsito. No estado de Santa Catarina estavam distribuídos conforme apresentado na figura 1 e na tabela 1.

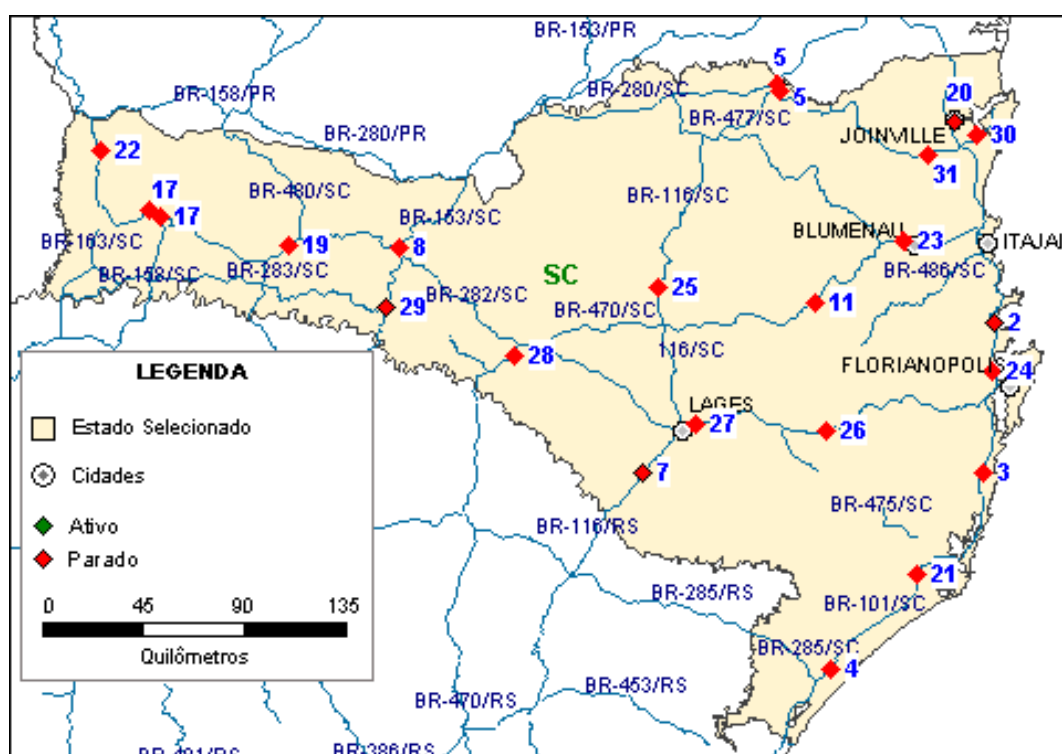


Figura 1: Localização dos Postos de Contagem em Santa Catarina
Fonte: DNIT (2006)

Tabela 1: Localização dos Postos de Contagem em Santa Catarina

POSTO	NOME	PNV	RODOVIA/UF	km
2	Tijucas	101BSC4030	BR-101/SC	171
3	Penha	101BSC4115	BR-101/SC	267
4	Araranguá	101BSC4270	BR-101/SC	417
5	Mafra	116BSC2850	BR-116/SC	5
5	Mafra	280BSC0095	BR-280/SC	168
7	Lajes	116BSC2990	BR-116/SC	278,5
8	Catanduvas	282BSC0295	BR-282/SC	434,9
8	Catanduvas	153BSC1565	BR-153/SC	59
11	Rio do Sul	470BSC0165	BR-470/SC	135
17	Maravilha	282BSC0379	BR-282/SC	607
17	Maravilha	158BSC1067	BR-158/SC	99
19	Xanxerê	282BSC0350	BR-282/SC	509,5
20	Joinville	101BSC3870	BR-101/SC	40
21	Tubarão	101BSC4193	BR-101/SC	342
22	São Jose do Cedro	163BSC0028	BR-163/SC	103,5
23	Blumenau	470BSC0090	BR-470/SC	53,7
24	Serraria	101BSC4050	BR-101/SC	199
25	Santa Cecília	116BSC2910	BR-116/SC	161,8
26	Bom Retiro	282BSC0110	BR-282/SC	132,5
27	Índios	282BSC0190	BR-282/SC	204,8
28	Campos Novos	470BSC0290	BR-470/SC	325,9
29	Concórdia	153BSC1610	BR-153/SC	98,8
30	Araguari	280BSC0020	BR-280/SC	24,3
31	Guaramirim	280BSC0050	BR-280/SC	53

Fonte: DNIT (2006)

A fim de coletar as informações de tráfego nos postos de contagem, o DNIT utilizava-se um equipamento composto de quatro subconjuntos:

✓ Abrigo

Consiste de um anel de concreto armado dotado de tampa, assentada em base também de concreto, a qual dispõe de orifícios para a entrada das linhas de transmissão.



Figura 2: Abrigo dos Postos de Contagem
Fonte: DNIT (2006)

✓ Linha de Transmissão

Sua função é a de transmitir o sinal gerado pela passagem de um veículo sobre o Loop para o detector instalado no aparelho.

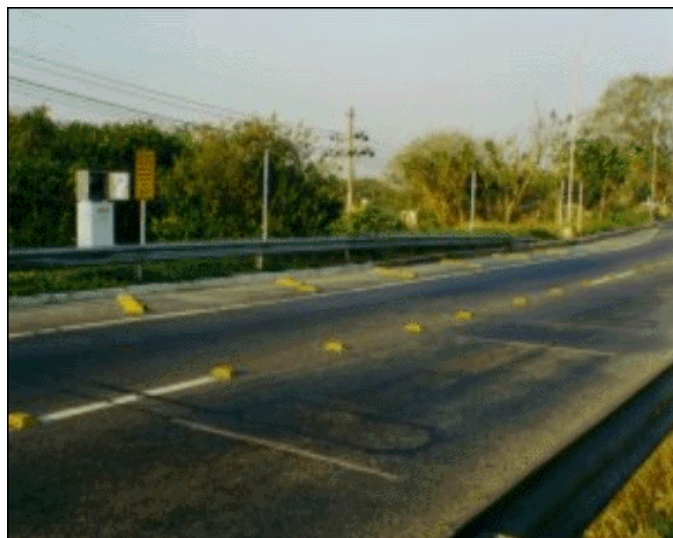


Figura 3: Linha de Transmissão dos Postos de Contagem
Fonte: DNIT (2006)

✓ Loops

São sensores de veículos que ficam embutidos no pavimento. As extremidades do loop estão ligadas à linha de transmissão através de uma conexão colocada dentro de um tubo de PVC, com as extremidades vedadas com resina epóxi.



Figura 4: Loops dos Postos de Contagem
Fonte DNIT(2006)

✓ Detectores e Aparelho Contador

A alteração do campo magnético provocada pela passagem de um veículo (massa de ferro) sobre o loop gera uma variação de indutância que é convertida em um pulso eletrônico pelo detector instalado no aparelho contador, fazendo com que este registre a sua passagem. O sinal, registrado na memória do aparelho e ao final de um intervalo de tempo é gravado em um cartucho.

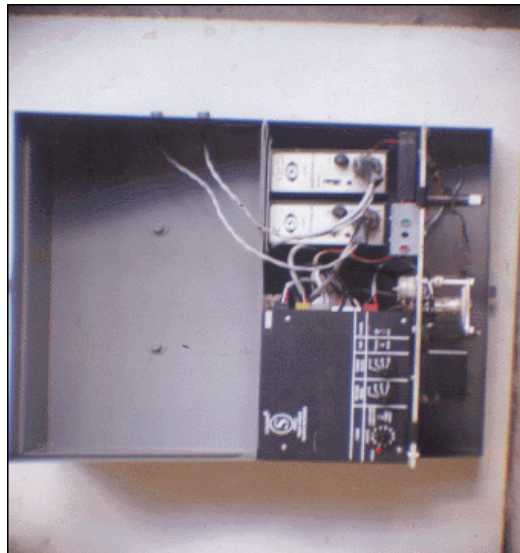


Figura 5: Detectores e Aparelho Contador dos Postos de Contagem
Fonte: DNIT (2006)

4.1.2. VMD Estimado pelo DNIT-SC

Os valores associados a essa fonte de dados foram obtidos no DNIT.

4.1.3. Volumes de Tráfego de REV

Os volumes de tráfego obtidos a partir de contagens realizadas pelos Redutores Eletrônicos de Velocidades (REV), popularmente conhecidos como lombadas eletrônicas, foram obtidos no site do DNIT.

Os tipos de dados coletados pelos REV's são função do tipo de equipamento utilizado. Assim pode-se ter dados por sentido de fluxo ou em ambos sentidos, em função do tipo de equipamento instalado. No estado de Santa Catarina, o DNIT dispõe dos equipamentos demonstrados nas figuras 6 e 7.



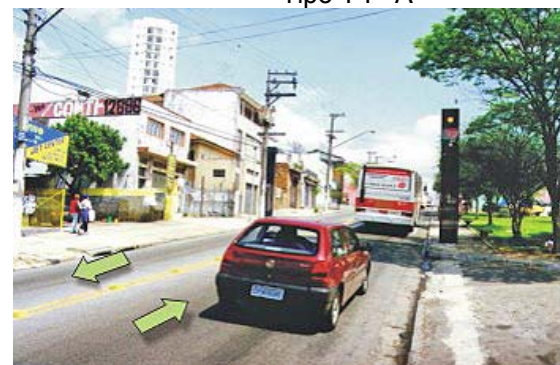
Tipo T I



Tipo T I - A



Tipo T II



Tipo T II - A

Figura 6: Tipos de Redutores Eletrônicos de Velocidade
Fonte: DNIT (2006)

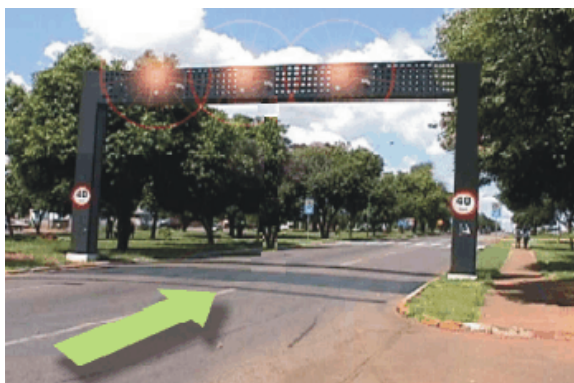


Figura 7: Redutor Eletrônico Modelo PIII
Fonte: DNIT (2006)

Na figura 6, foram apresentados equipamentos do Tipo T I e do Tipo T II. O Tipo T I corresponde a um monolito instalado em um canteiro central da pista, monitorando duas faixas com sentidos contrários, conforme mostra a Figura 8.

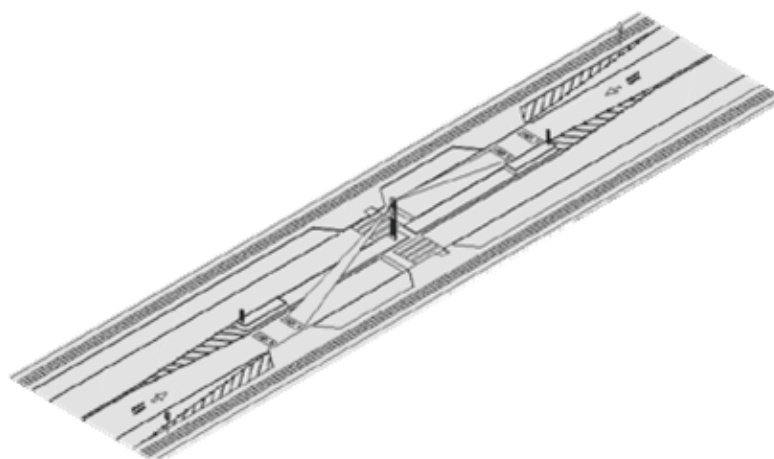


Figura 8: Redutor Eletrônico do Tipo T I
Fonte: Perkins (2006)

Os redutores de velocidade do Tipo T II correspondem a dois monolitos desalinhados, instalados nas laterais da pista, que monitoram duas faixas com sentidos contrários, conforme a Figura 9.

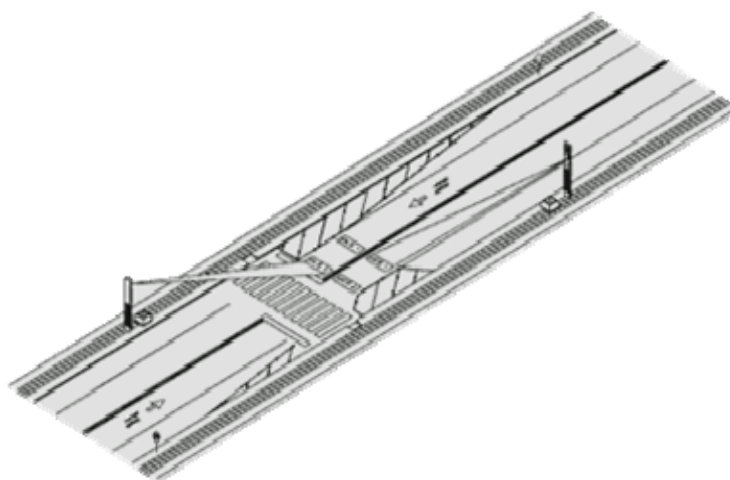


Figura 9: Redutor Eletrônico do Tipo T II
Fonte: Perkons (2006)

A localização dos Redutores Eletrônicos de Velocidade no estado de Santa Catarina pode ser observada na tabela 2.

Tabela 2: Localização dos Redutores Eletrônicos de Velocidade

Rodovia	Perímetro	Localização (KM)	Equipamento	Qtd	Faixas	Início de operação
BR-282/SC	Palhoça	22,40	T II - A	1	2	05/03/05
BR-282/SC	Lages- Travessia Urbana	214,90	T II - A	1	2	07/03/01
BR-282/SC	Xanxerê - Travessia Urbana	501,50	P III	1	3	26/06/03
BR-282/SC	Chapecó - Acesso Urbano	534,50	T II - A	1	2	26/06/03
BR-116/SC	Mafra - Acesso Vila Nova	6,00	T I - A	1	1	06/08/03
BR-116/SC	Mafra - Acesso Vila Nova	6,00	T I - A	1	1	24/06/03
BR-116/SC	Mafra - Acesso Faxinal	7,00	T II - A	1	2	06/08/03
BR-116/SC	Santa Cecília - Travessia Urbana	138,10	T II - A	1	2	07/08/03
BR-116/SC	São Cristóvão - Travessia Urbana	180,00	T II - A	1	2	05/11/03
BR-280/SC	Colégio Agrícola	27,80	T I - A	1	1	17/07/03
BR-280/SC	Colégio Agrícola	27,80	T I - A	1	1	17/07/03
BR-280/SC	Guaramirim_Recanto Feliz	60,00	T I - A	1	1	31/07/01
BR-280/SC	Guaramirim_Recanto Feliz	60,00	T I - A	1	1	31/07/01
BR-101/SC	Laguna - Acesso Cabeçuda	313,10	T II - A	1	2	03/07/03
BR-101/SC	Capivari de Baixo - Trav. Bandeirantes	326,70	T II - A	1	2	03/07/03
BR-101/SC	Acesso Sul Tubarão	340,50	T II - A	1	2	24/07/01
BR-101/SC	Araranguá	413,40	T I - A	1	1	24/05/03
BR-101/SC	Araranguá	413,40	T I - A	1	1	24/05/03
BR-101/SC	Araranguá	426,40	T I - A	1	1	10/11/04

BR-101/SC	Araranguá	426,40	T I - A	1	1	10/11/04
BR-470/SC	Blumenau	58,00	T I - A (2X)	1	2	14/01/03
BR-470/SC	Blumenau	62,00	T I - A (2X)	1	2	14/01/03
BR-470/SC	Rio do Sul	140,00	T I - A (2X)	1	2	10/12/02
BR-470/SC	Rio do Sul	142,00	T I - A (2X)	1	2	10/12/02

Fonte: DNIT (2006)

Após a verificação e localização dos equipamentos existentes nas rodovias federais catarinenses procedeu-se a verificação do sentido do fluxo computado por cada equipamento, uma vez que essa informação não é disponibilizada nos relatórios, nem nas tabelas de localização dos postos.

Deste modo, entrou-se em contato com a empresa que faz os levantamentos dos dados dos REV's, a qual encaminhou ao NEA uma tabela, que permitiu a identificação do volume de tráfego por sentido em locais com equipamentos do modelo T1.

Tabela 3: Endereço dos Redutores Eletrônicos de Velocidade

SEQ	CÓD. PROC.	END. DOS REV'S	CIDADE	Nº serie A	Nº serie B	Sent. A	Sent. B	Modelo
1	DSC1G0357	BR 101 Km 413,4	ARARANGUA - SC	-	1512A		Araranguá - Porto Alegre	T1 A
2	DSC1G0358	BR 101 Km 413,4	ARARANGUA - SC	-	1513A		Porto Alegre - Araranguá	T1 A
3	DSC1G0362	BR 116 Km 6,0	MAFRA - SC	-	1515A		Mafra - Lages	T1 A
4	DSC1G0363	BR 116 Km 006,0	MAFRA - SC	-	1514 A		Lages - Mafra	T1 A
5	DSC1L0381	BR 282 Km 501,5	XANXERÊ - SC	-	1591A		Xanxere - Chapecó	P3 A
6	DSC2L0382	BR 282 Km 501,5	XANXERÊ - SC	1591A	1591A	Chapecó - Xanxere	Chapecó - Xanxere	P3 A
7	DSC2C0383	BR 101 Km 313,1	LAGUNA - SC	1588 A	1585 A	Laguna - Tubarão	Tubarão - Laguna	T2 A
8	DSC2C0384	BR 101 Km 326,7	CAP. DE BAIXO - SC	1590A	1587A	Cap. De Baixo - Tubarão	Tubarão - Cap. De baixo	T2 A
9	DSC2C0386	BR 282 Km 534,5	CHAPECÓ - SC	1586A	1589A	São Miguel D'Oeste - Chap.	Chap. - São Miguel D'Oeste	T2 A
10	DSC1G0387	BR 280 Km 27,8	ARAQUARI - SC	-	1608A		Guaramirim - Araquari	T1 A
11	DSC2C0388	BR 116 Km 007,0	MAFRA - SC	1614 A	1615 A	Mafra - Lages	Lages - Mafra	T2 A
12	DSC2C0389	BR 116 Km 138,1	SANTA CECÍLIA - SC	1613A	1610A	Lages - Mafra	Mafra - Lages	T2 A
13	DSC1G0394	BR 280 Km 27,8	ARAQUARI - SC	-	1609 A		Araquari - Guaramirim	T1 A
14	DSC2C0395	BR 116 Km 180,0	SÃO CRIST.SUL - SC	1611 A	1612 A	São Crist. Do Sul - Mafra	Mafra - São Crist. Do Sul	T2 A
15	DSC2C0635	BR 282 Km 214,9	LAGES - SC	1052	1051	Lages - Bom Retiro	Bom Retiro - Lages	T2 A
16	DSC2A0872	BR 470 Km 140	RIO DO SUL - SC	1048	1048	Blumenau - Lages	Lages - Blumenau	T1
17	DSC2A0873	BR 470 Km 142	RIO DO SUL - SC	1047	1047	Lages - Blumenau	Blumenau - Lages	T1
18	DSC2A0881	BR 470 Km 58,0	BLUMENAU - SC	1049	1049	Blumenau - Pomerode	Pomerode - Blumenau	T1
19	DSC2A0882	BR 470 Km 62,0	BLUMENAU - SC	1050	1050	Blumenau - Rio do Sul	Rio do Sul - Blumenau	T1
20	DSC2C0989	BR 101 Km 340,5	TUBARÃO - SC	1138	1137	Tubarão - Porto Alegre	Porto Alegre - Tubarão	T2 A
21	DSC1G0990	BR 280 Km 60,0	GUARAMIRIM - SC	-	1121		Guaramirim - Jaraguá do Sul	T1 A
22	DSC1G0991	BR 280 Km 60,0	GUARAMIRIM - SC	-	1122		Jaraguá do Sul - Guaramirim	T1 A
23	DSC1G1387	BR 101 Km 426,4	ARARANGUA - SC	-	1689A		Porto Alegre - Florianópolis	T1 A
24	DSC1G1388	BR 101 Km 426,4	ARARANGUA - SC	-	1688A		Florianópolis - Porto Alegre	T1 A
25	DSC2C1402	BR 282 Km 22,4	PALHOÇA - SC	1748A	1747A	Lages - Florianópolis	Florianópolis - Lages	T2 A

OBS: O Lado B é sempre aquele onde esta o processador, no modelo T2 A.

Fonte: H Sul (2006)

4.2. Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN

O CENTRAN, com o auxílio do exército, realizou contagens simultâneas em 109 pontos distribuídos pelos principais corredores de transportes que compõem as rodovias federais brasileiras. Tais pesquisas foram levadas a efeito entre os dias 26/27/28/29/30 de novembro a 01/02 de dezembro de 2005. Vale ressaltar que no Estado de Santa Catarina foram 9 postos de coleta de tráfego. Essas informações também foram utilizadas para o cálculo das estimativas.

4.3. Departamento Estadual de Infra-estrutura - DEINFRA

Os dados de volumes de tráfego relacionados a esta fonte são oriundos de contagens realizadas dentro do Programa Rodoviário do Estado de Santa Catarina.

Os dados foram coletados em postos temporários, com a utilização do equipamento SCCV-FOCO F9, o qual é um equipamento para a contagem de tráfego de forma automática, permanente, volumétrica, classificatória, com sensores aéreos, em rodovias pavimentadas e não pavimentadas. Para uma localização mais precisa, os postos de coleta foram georreferenciados, utilizando-se equipamentos GPS.

O sistema é composto por um sensor de microondas micro controlado, com tecnologia própria, ligado por uma interface inteligente, que monitora e processa todos os dados do sensor e dos sistemas de comutação de energia.

4.4. Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT

Os dados referentes a volumes de tráfego foram retirados do documento que compreende o Estudo de Tráfego do Trecho 2 e 7 da 2ª etapa do Programa de Concessão de Rodovias Federais, o qual foi realizado com o objetivo de caracterizar o tráfego atual (sem cobrança de pedágio), e de

projetar a evolução do tráfego de veículos ao longo do período de concessão de 25 anos, considerando a cobrança de pedágio.

As contagens volumétricas classificatórias foram realizadas por uma consultora nos meses de setembro e outubro de 2004, e nas tabelas a seguir apresentam-se os períodos de realização das contagens volumétricas classificatórias juntamente com a sua localização. A tabela apresenta alguns valores em vermelho, os quais estão assim apresentados para chamar atenção para os postos localizados no estado de Santa Catarina.

Tabela 4: Localização do Posto de Contagem – Trecho 2

Praça	Estado	km	Duração	Período
1	PR	137,00	05 dias	29/09 a 03/10
2	PR	205,00	05 dias	03/10 a 07/10
3	SC	80,00	03 dias	05/10 a 07/10
4	SC	152,00	03 dias	05/10 a 07/10
5	SC	235,00	03 dias	29/09 a 01/10

Fonte: ANTT (2006)

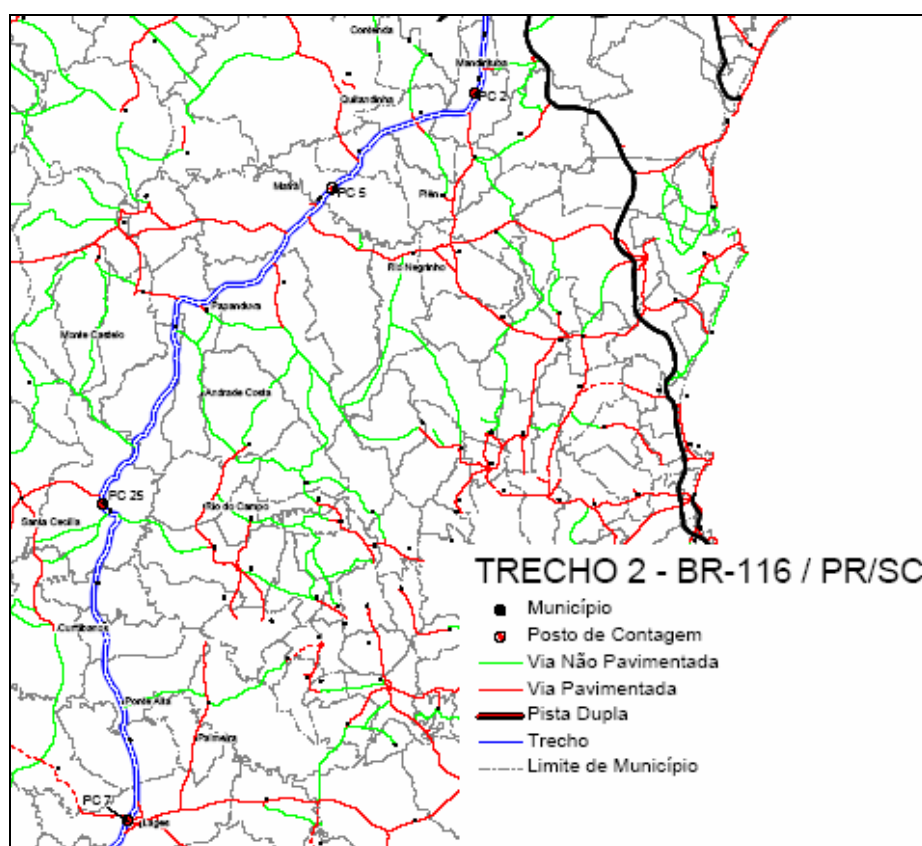


Figura 10: Mapa da Localização do Posto de Contagem – Trecho 2

Fonte: ANTT (2006)

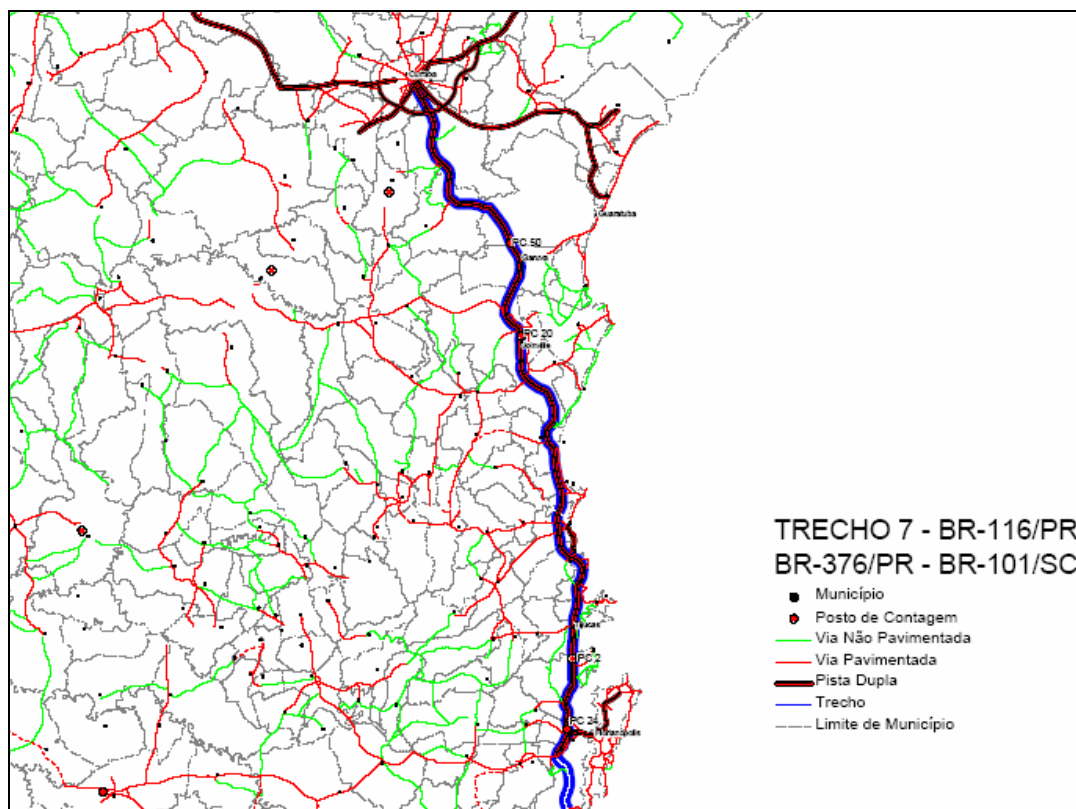


Figura 11: Mapa de Localização do Posto de Contagem – Trecho 7
Fonte: ANTT (2006)

Tabela 5: Localização do Posto de Contagem – Trecho 7

Posto	Estado	Via	km	Duração	Período
1	PR	BR-376	654	05 dias	29/09 a 03/10
2	SC	BR-101	2	03 dias	05 a 07/10
3	SC	BR-101	78	03 dias	05 a 07/10
4A	SC	BR-101	162	05 dias	03 a 07/10
4B	SC	BR-101	166	03 dias	05 a 07/10
5	SC	BR-101	219	03 dias	29/09 a 01/10

Fonte: ANTT (2006)

5. TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento dos dados é uma das etapas principais do trabalho, uma vez que a determinação do VMD para os anos faltantes foi um dos aspectos propulsores da realização desta pesquisa.

Deste modo, o tratamento dos dados se deu em etapas, as quais são descritas nos itens a seguir.

- ✓ Levantamento dos Dados;
- ✓ Transcrição dos dados;
- ✓ Processamento dos dados;
- ✓ Estimativas para os anos e meses faltantes.

5.1. Levantamento dos Dados

A etapa de levantamento consistiu-se em encontrar dados relevantes no que diz respeito aos volumes de tráfego existentes nas rodovias federais catarinenses. Assim, foram encontradas informações em diversas fontes (item 4), as quais foram cuidadosamente analisadas.

Além dos dados volumétricos, também foram levantados dados classificatórios. O critério de classificação de veículos das diferentes fontes utilizadas pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 6: Classificação Veicular

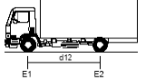
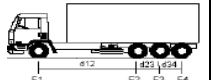
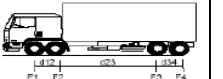
Classificação DNIT	Ilustrações	Classificação DEINFRA	Classificação PNCT 1979 1986	Classificação CIM	Classificação CENTRAN	Classificação REV	Classificação PNCT - 1999 2001	Classificação de Saída	
A	 	Carros de Passeio	Carros de Passeio	Leves	P1	Passeios e Leves	Leves	Passeio	Veículos de Passeio (VP)
U	 		Camionetas	Utilitários	P2				
					P3				
2C		Caminhões	Caminhões simples	Caminhões	C1	Caminhões Leves	Médios	02 eixos (VS)	Caminhões (CO e O)
3C			Caminhões duplos		C2			03 eixos (VS)	
4C			-		C3			-	
4CD			-		-			-	

Tabela 6: Classificação Veicular – continuação

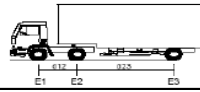
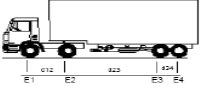
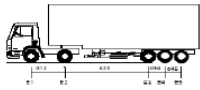
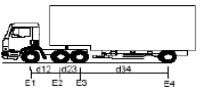
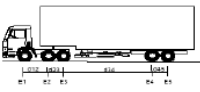
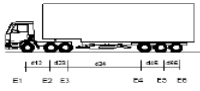
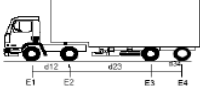
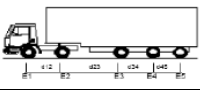
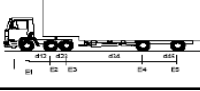
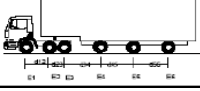
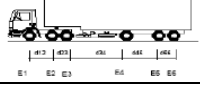
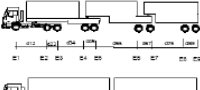
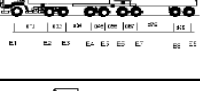
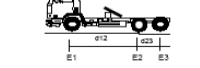
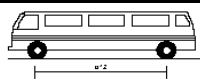
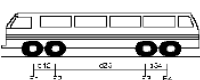
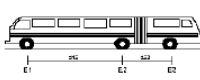
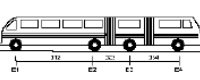
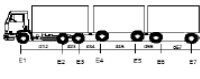
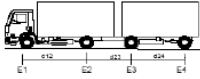
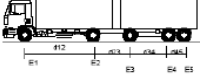
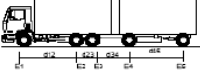
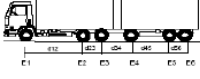
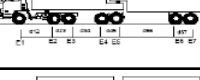
Classificação DNIT	Ilustrações	Classificação DEINFRA	Classificação PNCT 1979_1986	Classificação CIM	Classificação CENTRAN	Classificação REV	Classificação PNCT - 1999_2001	Classificação de Saída	
2S1		Semi-reboque	Semi-reboque / reboque	Semi-reboque	S1	Pesados	02 eixos (R/SR)	Semi-reboque (SR)	
2S2					S2				
2S3					S3				
3S1					S4		Caminhões semi-reboque		03 eixos (R/SR)
3S2					S5				
3S3					S6				
2I2					-		Pesados		02 eixos (R/SR)
2I3					-				03 eixos (R/SR)
3I2					-				02 eixos (R/SR)
3I3					-				03 eixos (R/SR)
2J3					-				03 eixos (R/SR)
3J3					-				
3T6					SE2	Caminhões semi-reboques especiais	03 eixos (R/SR)		
					SE3				
X		Veículos Especiais						Especiais	

Tabela 6: Classificação Veicular – continuação

Classificação DNIT	Ilustrações	Classificação DEINFRA	Classificação PNCT 1979 1986	Classificação CIM	Classificação CENTRAN		Classificação REV	Classificação PNCT - 1999 2001	Classificação de Saída
2CB		Caminhões	ônibus	ônibus	O1	ônibus	Médios	02 eixos (VS)	ônibus (CO e O)
3CB					O2			03 eixos (VS)	
4CB					O3			-	
2SB1					-			02 eixos (VS)	
2IB2					-				
3Q4		Semi-reboque	Caminhões semi-reboques / reboques	Caminhões	R1	Caminhões reboques	Pesados	03 eixos (R/SR)	Caminhões reboques (RE)
2C2					R2			02 eixos (R/SR)	
2C3					R3				
3C2					R4			03 eixos (R/SR)	
3C3					R5				
3D4					R6				
3D3					-				
M		motos/outros	-	outros	M	Motos	Leves	moto (VS)	Motos

5.2. Transcrição dos Dados

A transcrição dos dados consistiu-se em transpor os dados levantados na etapa anterior de modo a possibilitar a rápida e fácil análise dos dados. Os

dados sobre fluxos de veículos podem ser expostos das mais variadas formas, dependendo da finalidade dos estudos. Geralmente, são tabulados de forma a agrupá-los em intervalos de tempo, fornecendo os volumes de uma determinada seção (IPR, 2006).

Os volumes obtidos nas contagens normalmente são representados das seguintes formas:

- ✓ Analiticamente, por meio de tabelas sumárias das quais constem os dados necessários à análise dos volumes.
- ✓ Graficamente, por meio de histogramas, fluxogramas lineares e gráficos de variação, ou seja:
 - Histogramas: em que a escala horizontal representa a unidade de tempo e a escala vertical o volume médio diário.
 - Fluxogramas lineares: em que os volumes são referenciados a uma mesma base horizontal representando a extensão da via. Os volumes são apresentados perpendicularmente segundo uma determinada escala vertical.
 - Gráficos: mostrando as variações sazonais, diárias ou horárias no volume.

Deste modo, a partir dos dados obtidos nas fontes apresentadas no item 4, gerou-se planilhas organizadas de acordo com o tipo de dado apresentado (anual, mensal, semanal ou horário), as quais podem ser visualizadas no Anexo 1.

5.3. Processamento dos Dados

Essa etapa consistiu em determinar os volumes médios mensais e anuais de alguns anos tendo por base informações referentes a contagens horárias, semanais e mensais.

5.3.1. Determinação do Volume Médio Diário Mensal

Para o cálculo dos volumes mensais foram empregados dois procedimentos. O primeiro utilizou os dados obtidos nos Redutores Eletrônicos de Velocidade - REV, e o segundo os dados obtidos em contagens semanais realizadas em pontos específicos. Esses dois procedimentos são descritos a seguir.

5.3.1.1 Determinação do Volume Médio Mensal a Partir dos Dados dos REV

A fim de determinar o volume médio mensal a partir dos dados dos REV realizou-se primeiramente a transposição dos dados, que estavam disponibilizados no site do DNIT em formato Adobe PDF, para o formato XLS em planilhas do *Microsoft Office Excel®*.

Tabela 7: Exemplo de Tabela com os Dados do REV Localizado na BR 116

REDUTOR ELETRÔNICO DE VELOCIDADE

Veículos por categoria por hora

Veículos entre: 01/07/2004 e 31/07/2004

Santa Catarina

SC01021012 - T2395000 DSC2C0395

BR 116 KM 180,0

	Leve		Médio		Pesado		Sem categoria		Contra mão		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
00:00-00:59	559	0,87	467	1,63	796	2,16	11	7,69	0	0,00	1833	1,41
01:00-01:59	297	0,46	276	0,97	539	1,46	4	2,80	0	0,00	1116	0,86
02:00-02:59	254	0,40	254	0,89	497	1,35	2	1,40	0	0,00	1007	0,78
03:00-03:59	235	0,37	239	0,84	479	1,30	1	0,70	0	0,00	954	0,73
04:00-04:59	332	0,52	315	1,10	558	1,51	3	2,10	0	0,00	1208	0,93
05:00-05:59	557	0,87	605	2,12	922	2,50	2	1,40	0	0,00	2086	1,61
06:00-06:59	1234	1,92	1055	3,69	1360	3,69	3	2,10	0	0,00	3652	2,81
07:00-07:59	2348	3,65	1374	4,81	1792	4,87	3	2,10	0	0,00	5517	4,25
08:00-08:59	3484	5,42	1513	5,29	1937	5,26	3	2,10	0	0,00	6937	5,34
09:00-09:59	4054	6,31	1670	5,84	1904	5,17	2	1,40	0	0,00	7630	5,88
10:00-10:59	4397	6,84	1774	6,21	2143	5,82	1	0,70	0	0,00	8315	6,41
11:00-11:59	4659	7,25	1569	5,49	1889	5,13	4	2,80	0	0,00	8121	6,26
12:00-12:59	4409	6,86	1504	5,26	1707	4,63	12	8,39	0	0,00	7632	5,88
13:00-13:59	5078	7,90	1681	5,88	1957	5,31	5	3,50	0	0,00	8721	6,72
14:00-14:59	4820	7,50	1746	6,11	1968	5,34	5	3,50	0	0,00	8539	6,58
15:00-15:59	4947	7,70	1825	6,39	2116	5,75	7	4,90	0	0,00	8895	6,85
16:00-16:59	5010	7,80	1857	6,50	2158	5,86	9	6,29	0	0,00	9034	6,96
17:00-17:59	5142	8,00	1847	6,46	2365	6,42	2	1,40	0	0,00	9356	7,21
18:00-18:59	4113	6,40	1705	5,97	2223	6,04	11	7,69	0	0,00	8052	6,20
19:00-19:59	2790	4,34	1456	5,09	2021	5,49	15	10,49	0	0,00	6282	4,84
20:00-20:59	1966	3,09	1281	4,48	1712	4,65	13	9,09	0	0,00	4992	3,85
21:00-21:59	1549	2,41	1052	3,68	1544	4,19	8	5,59	0	0,00	4153	3,20
22:00-22:59	1190	1,85	900	3,15	1293	3,51	10	6,99	0	0,00	3393	2,61
23:00-23:59	804	1,25	615	2,15	952	2,58	7	4,90	0	0,00	2378	1,83
	64248	100,000	28580	100,000	36832	100,000	143	100,00	0	100,000	129803	100,000

Após a transposição, calculou-se a média de veículos que passaram em determinada hora durante o mês, uma vez que os dados fornecidos são totais, ou seja, as planilhas fornecem o número total de veículos que passaram dentro da hora em um determinado mês.

O cálculo dessa média utilizou a seguinte equação:

$$\text{Volume..Médio..Horário} = \frac{\text{Volume..Total..de..Veículos..na..Hora..no..Mês}}{\text{Número..de..Dias..do..Mês}}$$

Após a determinação dos volumes médios horários, determinou-se o volume médio mensal a partir da seguinte equação:

$$\text{Volume..Médio..Diário..Mensal} = \left(\sum \text{volume..médio..horário} \right) \times \text{número..de..dias..do..mês..analisado}$$

5.3.1.2 Determinação do Volume Médio Mensal a Partir dos Dados de Contagens Semanais

A determinação do Volume médio mensal a partir dos dados de contagens semanais se deu de modo mais simples, uma vez que contagens de 24 horas realizadas durante o período de uma semana podem ser extrapoladas para o mês.

Deste modo, se a pesquisa for feita durante uma semana, deve-se calcular a média diária dessa semana, somando os números de informações de cada tipo de veículo, para cada dia da semana e dividir por 7. Esse número médio de informações de cada tipo de veículo será considerado representativo do mês em que situa a semana (IPR, 2006).

Dentre os dados utilizados para esse processamento estão aqueles obtidos pelo CENTRAN e pelo DEINFRA, de acordo com o item 4.

5.3.2. Determinação do Volume Médio Diário Anual

Para cálculo do volume médio diário do ano, foram considerados os valores obtidos no item anterior, tomando-se o cuidado de observar o número de dias do mês. Assim, a determinação do volume médio diário do ano foi obtida a partir da seguinte equação:

$$Volume..Médio..Diário..Anual = \sum_{janeiro}^{dezembro} volume..médio..diário..do..mês(i) \times número..de..dias..do..mês(i)$$

5.4. Estimativas para os Anos e Meses Faltantes

Sharma *et al.* (2003) afirmam que uma das técnicas de estimativa, mais populares são os fatores de ajustes, desenvolvidos a partir de dados históricos coletados em postos de contagem contínua.

Contudo, de acordo com a AASHTO (1992), a estimação de dados faltosos não é recomendada, pois pode introduzir erros que não são quantificáveis. Entretanto, para algumas análises avançadas, pode-se utilizar a técnica de estimação de dados faltosos, desde que sejam seguidas algumas diretrizes, como:

- ✓ Qualquer banco de dados de um programa de monitoramento de tráfego deve indicar ao usuário a qualidade e a quantidade de dados que estão sendo usados nos cálculos das estatísticas de tráfego em um determinado local. Também deve informar os procedimentos de coleta e duração das contagens, a precisão e o erro das estimativas disponíveis.
- ✓ Na base de dados devem ser identificados os valores perdidos que foram estimados. Isso assegura o Princípio Básico da Integridade dos Dados, o qual afirma que as medidas de tráfego devem ser armazenadas sem quaisquer modificações ou ajustes.
- ✓ Os órgãos que se utilizam dessas técnicas devem claramente documentar os procedimentos usados para a estimação de dados

perdidos e informar qual a magnitude da interpolação ou extrapolação no cálculo das estatísticas de tráfego obtidas.

Deste modo, este trabalho tentou seguir as premissas descritas nos itens acima citados, e para tanto foram utilizados alguns modelos de estimativas, os quais estão descritos na seqüência.

5.4.1. Determinação dos Volumes de Tráfego a Partir dos Fatores de Expansão

Os dados das contagens podem ser classificatórios ou totais, podendo ser obtidos de contagens ininterruptas (24 horas durante todo o ano), ou contagens periódicas (3 dias, uma semana, um mês, etc.).

Dado que o tráfego varia ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano, quando se deseja determinar qual o volume médio diário, semanal, mensal ou anual, pode-se usar fatores de correção. Esses fatores são denominados: fatores de expansão horária; fatores de expansão diária e; fatores de correção mensal e foram utilizados nos cálculos dos volumes de tráfego estimados neste trabalho.

Para se obter números para tais fatores, há que se dispor das curvas de variação de tráfego. Estas podem ser encontradas em relatórios de contagens anteriores realizadas ao longo do ano. Se o trecho não dispõe dessas informações, deve-se escolher outro que as tenha e que sirva como referência. Obviamente, tal trecho deve possuir características de sazonalidade semelhantes às do segmento em estudo (Valente, 1994).

Os fatores de expansão podem ser exemplificados a partir das seguintes equações:

$$f_{horai} = \frac{Volume_{dahora_i}}{Volume_{médiododia}}$$

$$f_{diadasemanai} = \frac{Volume_{dodiadasemana_i}}{Volume_{médiodasemana}}$$

$$f_{mêsi} = \frac{Volume_{domês_i}}{Volume_{médiodoano}}$$

Depois de calculados os fatores de expansão para o ano com informação, os mesmos podem ser aplicados às contagens realizadas, chegando-se deste modo, aos valores diários, mensais e/ou anuais para o ano em estudo.

5.4.2. Modelo de Previsão Baseado em Séries Históricas

Este modelo de previsão é baseado em técnicas conhecidas, as quais descrevem um conjunto de métodos de pesquisa que, entre outros tópicos, envolve o planejamento a ser realizado, a coleta qualificada dos dados, a inferência, o processamento, a análise e a disseminação das informações.

Muitos métodos de previsão baseiam-se no conceito de que existindo algum padrão na série histórica, este pode ser distinguido da aleatoriedade. Assim, esse padrão pode ser “quebrado” (decomposto) em sub-padrões, que permitem identificar cada componente da série em separado (Filho et al, 2006).

Segundo Makridakis et al (1998), o processo de decomposição se propõe a identificar dois componentes básicos, presumidamente existentes na série:

- Tendência: representa as mudanças ao longo do prazo;

- Sazonalidade: relacionado a flutuações periódicas, de período constante, que podem ser causadas por mudanças de estação, mês do ano, feriados, etc.

A decomposição assume que os dados são arranjados da seguinte forma:

$$\begin{aligned}\text{dado} &= \text{padrão} + \text{erro} \\ &= f(\text{tendência, sazonalidade, erro})\end{aligned}$$

O erro representa as flutuações que não têm um padrão definido (não é tendência, não é sazonalidade...). Na prática, os erros são estimados pelos resíduos (que são as diferenças entre os valores observados e o valor *padrão* da série).

Deste modo, o modelo geral da série pode ser apresentado pela equação abaixo:

$$Y_t = f(S_t, T_t, E_t)$$

onde:

Y_t = valor atual da série no período t ,

S_t = índice sazonal no período t ,

T_t = índice da tendência no período t ,

E_t = erro no período t .

Segundo Morettin (1981), a componente sazonal representa as flutuações da série de acordo com algum fator de sazonalidade. A tendência representa o aumento ou declínio gradual nos valores das observações de uma série temporal. Com a remoção das componentes de sazonalidade e tendência, a componente aleatória fica determinada.

Wheelwright (1985) coloca que vários procedimentos para a decomposição de séries temporais foram desenvolvidos, cada qual tentando isolar as componentes não-observáveis da série o mais acuradamente

possível. O objetivo desses procedimentos consiste em remover cada uma das componentes, permitindo que o comportamento da série temporal seja melhor compreendido e, conseqüentemente, prognosticar valores futuros mais apropriados.

No caso em estudo, utilizou-se o modelo de decomposição multiplicativo, o qual é empregado quando as magnitudes das mudanças sazonais variam de acordo com o nível da série.

O desenvolvimento do modelo de previsão por séries históricas foi realizado com auxílio do software *Statistica*, que é uma ferramenta de métodos estatísticos produzida pela *StatSoft.*, além do auxílio de uma ferramenta do *Microsoft Office Excel®*, denominada *Phicast*. Os dois procedimentos utilizados para definição dos modelos de previsão são descritos com mais detalhes na seqüência.

5.4.2.1 *Statistica*

O software *Statistica* dispõe de processos apropriados para recolher, organizar, classificar, apresentar e interpretar conjuntos de dados, além de disponibilizar estatísticas essenciais, com poder de análise e facilidade de benefícios de uso.

Assim, com a ajuda dessa ferramenta, foi possível definir valores inconsistentes ou faltantes dentro de determinados intervalos de dados, tendo por base o modelo de previsão baseado na série histórica. Para determinar tais valores, foi necessário seguir os procedimentos abaixo:

- I. Levantamento dos trechos do PNV com carência ou inconsistência de informações dentro de determinado intervalo.
- II. Análise de dados inconsistentes existentes no intervalo de dados. Os valores considerados inconsistentes foram retirados do intervalo, uma vez que poderiam proporcionar distorções nos resultados.

III. Inserção de todos os dados do intervalo no software *Statistica*, o qual realizou as análises explicadas anteriormente. O resultado é apresentado sob a forma de gráficos e tabelas. Um exemplo pode ser visualizado nas figuras abaixo.

Figura 12: Relatório de Saída do Statistica

STATISTICA - [116bsc2890.stw - B 1. Original series (116.sta)]

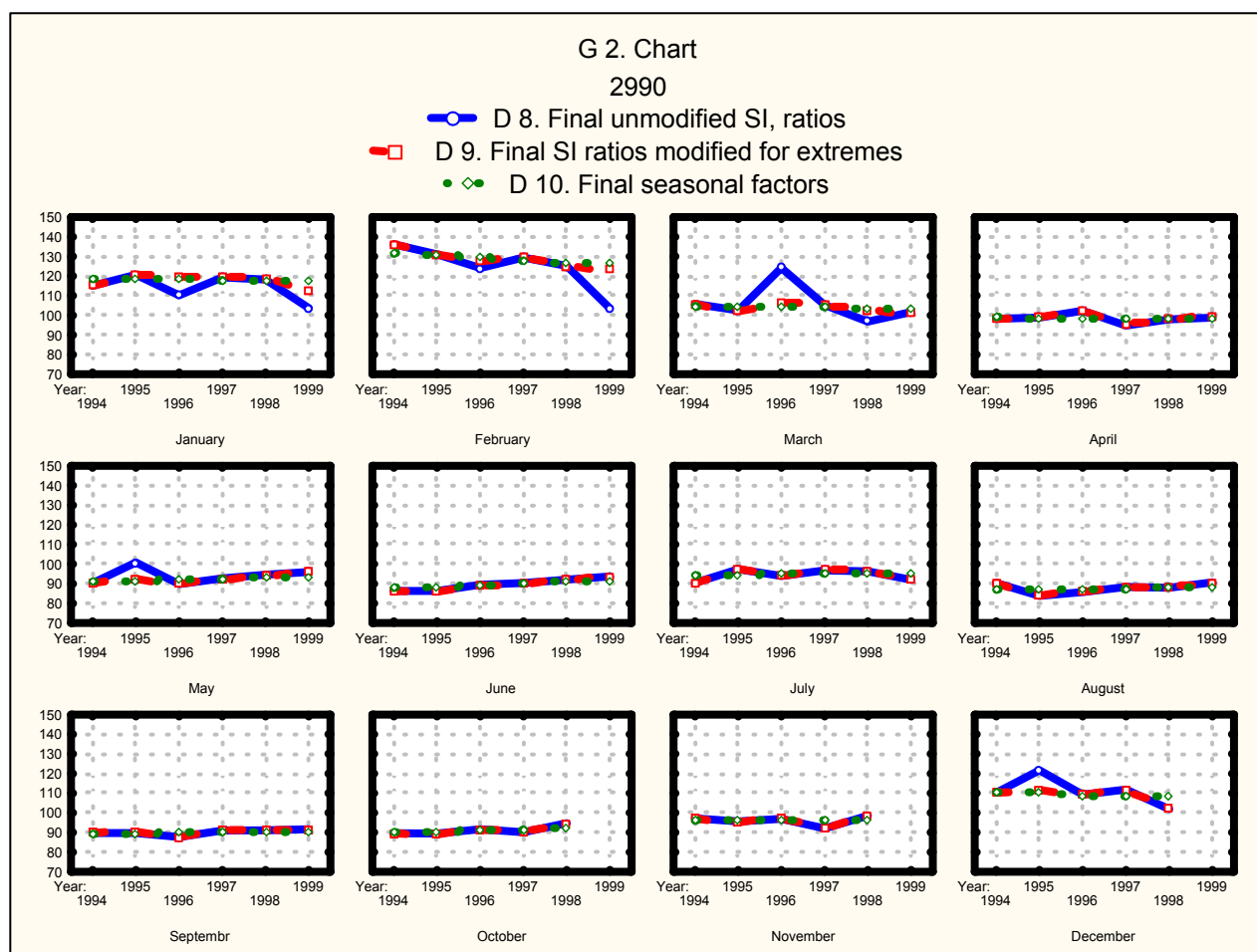
File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

116bsc2890

B 1. Original series (116.sta)
Table total: 179360, Mean: 2599,41 Std.Dev.: 363,8200
2990

Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Total
1994	2716,000	3210,000	2501,000	2327,000	2150,000	2079,000	2215,000	2253,000	2269,000	2280,000	2466,000	2771,000	29237,000
1995	2995,000	3219,000	2500,000	2404,000	2455,000	2111,000	2395,000	2075,000	2237,000	2252,000	2441,000	3166,000	30250,000
1996	2928,000	3358,000	3406,000	2819,000	2464,000	2431,000	2527,000	2293,000	2343,000	2467,000	2632,000	2981,000	32649,000
1997	3259,000	3522,000	2854,000	2567,000	2520,500	2474,000	2672,000	2456,000	2551,000	2545,000	2617,000	3204,000	33241,500
1998	3405,000	3614,000	2790,000	2800,000	2668,000	2555,000	2623,000	2337,000	2345,333	2353,667	2362,000	2370,333	32223,333
1999	2378,667	2387,000	2395,333	2403,667	2412,000	2420,333	2428,667	2437,000	2496,000				21758,667
Average	2946,944	3218,333	2741,056	2553,445	2444,917	2345,055	2476,778	2308,500	2373,555	2379,533	2503,600	2898,467	

Figura 13: Gráfico de Saída do Statistica



- IV. Nesta etapa os dados gerados foram inseridos nas tabelas, com uma nomenclatura de fonte diferente, a fim de demonstrar ao usuário quais os dados determinados através de análises estatísticas e não através de levantamentos de campo.

5.4.2.2 Phicast

O *Phicast* é um suplemento do *Microsoft Office Excel®* destinado a tornar as técnicas de previsão de séries temporais disponíveis para os usuários deste software. Esse procedimento consiste em utilizar também um modelo de série temporal para projeções de dados. Contudo ele diferencia-se do procedimento anterior pelo fato de poder ser utilizado para prever mais do que valores consecutivos dentro de um determinado ano.

O procedimento utilizado neste trabalho foi desenvolvido no *Microsoft Office Excel®*, com auxílio da ferramenta *Phicast*, a partir das seguintes etapas:

- I. Colocação das informações existentes, no *Microsoft Office Excel®*;
- II. Seleção dos dados anteriores ao intervalo que se desejava determinar;
- III. Acesso ao menu *Phicast* → *Exponential Smoothing*.

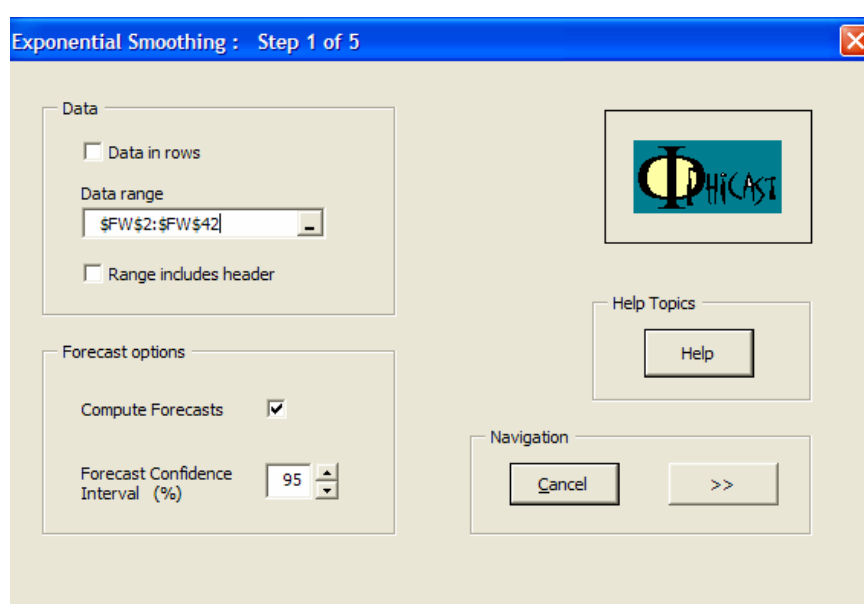


Figura 14: Etapa 1 do Phicast

A janela apresentada na figura anterior, permitiu a seleção da coluna a ser utilizada para análise e o intervalo de confiança do resultado.

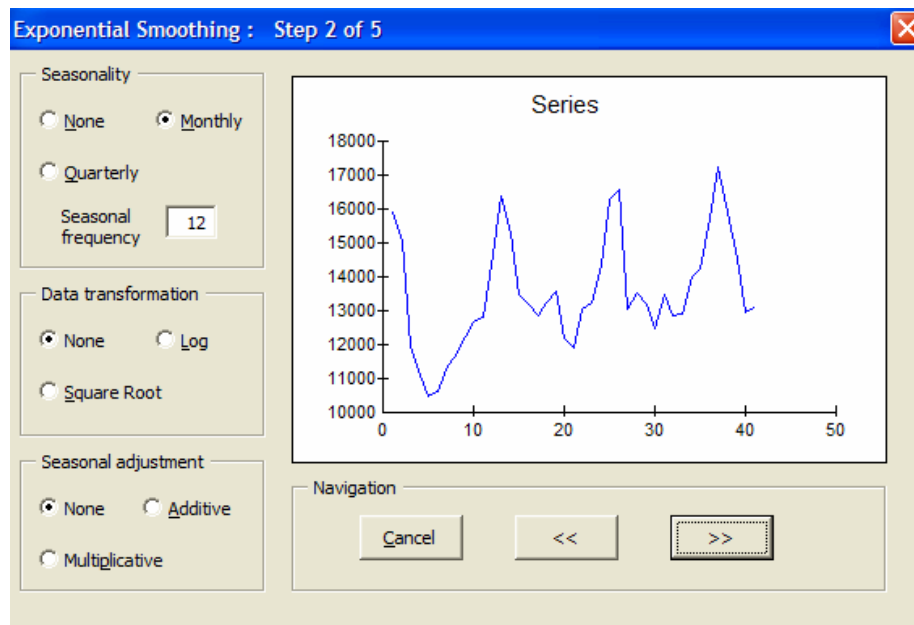


Figura 15: Etapa 2 do Phicast

Na tela da Figura 15 , preencheu-se o tipo de sazonalidade adotada. Nesse caso a sazonalidade mensal (*seasonality monthly*).

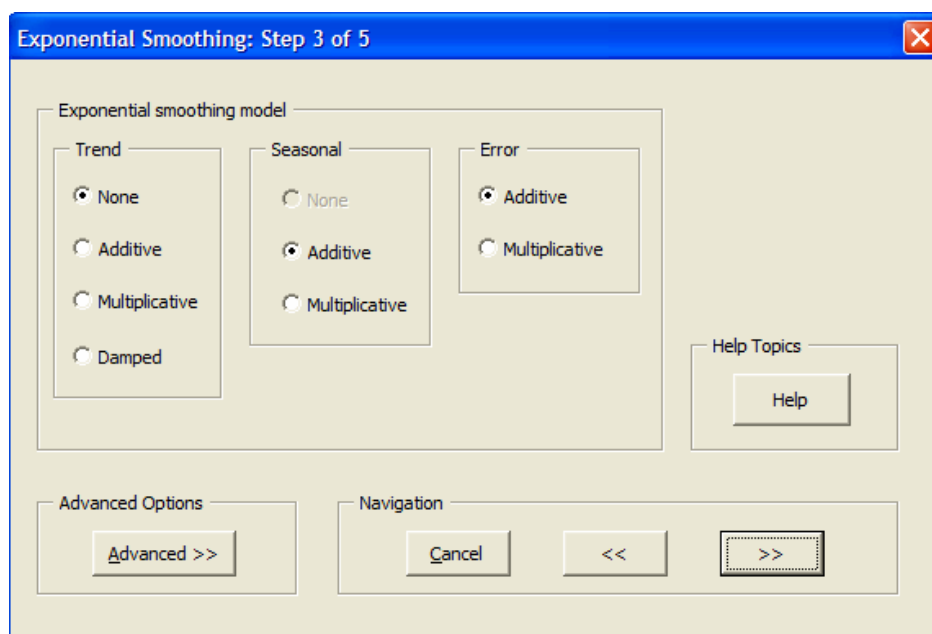


Figura 16: Etapa 3 do Phicast

Conforme mostra a Figura 16, a etapa 3 do *Phicast* permitiu classificar a tendência da série, o tipo de modelo e o erro. As alterações que foram feitas

nessa janela dizem respeito somente a tendência, a qual pode ser multiplicativa ou *damped*.

A opção multiplicativa foi selecionada quando o gráfico gerado na tabela anterior teve um comportamento semelhante no decorrer dos anos analisados, e a opção *damped* quando essa condição não for verificada.

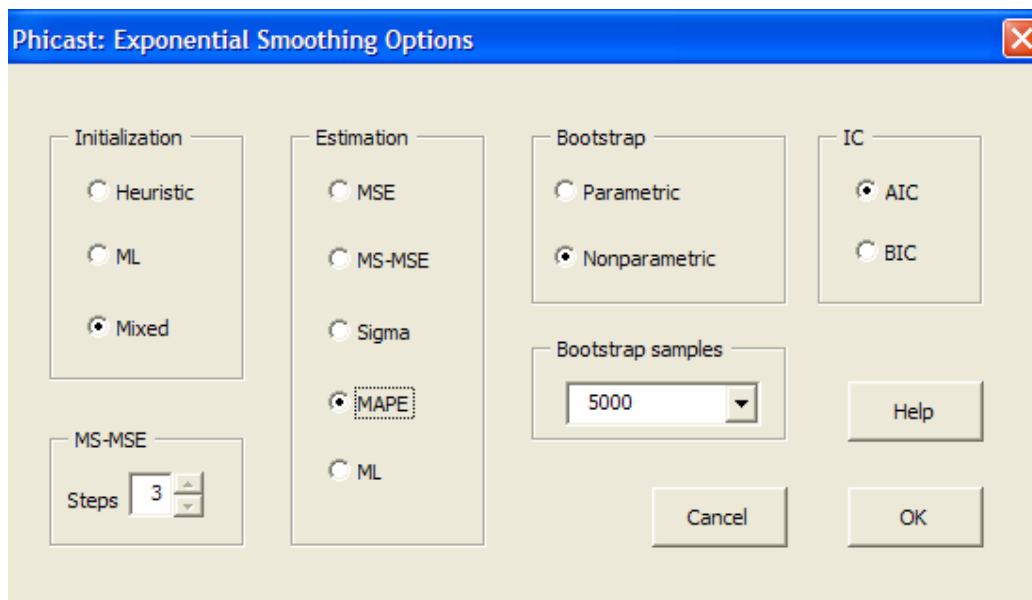


Figura 17: Opção Avançada da Etapa 3

Conforme observado na Figura 17, foi necessário selecionar a opção “advanced” e marcar a opção MAPE, a qual está associada ao tipo de erro a ser utilizado.

Exponential Smoothing: Step 4 of 5

Exponential smoothing model
ANA (Pegels classification AA2)
Local level, Additive seasonal, Additive error

Model Name
Series_26

Forecast horizon
Periods ahead 24

Navigation
Cancel << >>

Figura 18: Etapa 4 do *Phicast*

Na etapa 4, conforme mostra a Figura 18, foi feita a escolha do número de previsões que se desejava determinar (*periods ahead*), sendo que quanto maior o número, mais dados serão obtidos.

Após o preenchimento desta janela, foi apresentada uma tela demonstrativa dos procedimentos, gerando-se em seguida uma planilha e um gráfico com os resultados obtidos.

Primeiramente foi observado se o gráfico apresentado estava de acordo com o comportamento normal do tráfego (característica sazonal e crescente). Caso essas características fossem obtidas, era verificado se o MAPE era inferior a 5%. A partir disso, os resultados gerados eram aceitos.

Se o comportamento do gráfico gerado com a utilização de todos os dados não tivesse sido adequado, utilizava-se um intervalo menor de dados para a realização da projeção. Neste caso, a possibilidade de geração de um grande volume de dados ficava mais limitada e com maiores chances de erro.

5.4.3. Regressão

A regressão simples calcula uma estimativa de relacionamento entre duas variáveis Y_t e X_t , e serve para esclarecer muitos conceitos importantes na aplicação de regressão no mundo real. A regressão demonstra quantitativamente a força de uma causalidade ou um simples relacionamento que ocorre de X_t para Y_t . Nesse sentido, Y_t é a variável dependente da variável X_t , a qual é denominada variável independente. Quando o valor de X_t se altera por alguma razão, em consequência, o valor de Y_t se alterará também. É também comum chamar Y_t a variável explicada e X_t a variável explicatória. A equação que representa a regressão simples é a seguinte:

$$Y_t = a + bX_t + e_t$$

Onde a e b são coeficientes a serem estimados, e o critério da estimação é a minimização do erro e_t , o qual é a diferença entre o valor observado e o valor previsto.

Neste trabalho, este método foi utilizado nas estimativas dos volumes de tráfego anuais, para os trechos sem esta informação. Para tanto, foram realizados os procedimentos apresentados no exemplo a seguir.

Tabela 8: Exemplo de Cálculo para Estimativa de VMD

Trecho do PN	Ano	Fonte	Tipo Veículo	VMD
470BSC0295	1996	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	6977
470BSC0295	1997	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	1002
470BSC0295	1998	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	1002
470BSC0295	1999	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	1137
470BSC0295	2000	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	1292
470BSC0295	2001	Valor Estimado pelo Departamento Nacional de Infra - Estrutura de Transportes. Disponibilizado no Sistema de Estatística de Acidentes Rodoviários - SEA	Todos	1391

Conforme mostrado na Tabela 8, o trecho do PNV 470BSC0295 não possui informações a partir do ano de 2001. Assim, a fim de determiná-las foi utilizado análise de regressão. A análise de regressão envolve a determinação de uma equação da reta de regressão ($Y = a + b.x$), concebida através das variáveis critério (y , dependente ou de resposta) e a independente (x).

A relação linear entre as duas variáveis é medida pelo coeficiente de correlação (R^2), o qual varia de -1 a 1 , onde 1 é a correlação perfeita e o oposto indica forte correlação negativa. Valores próximos de zero indicam fraca correlação.

Se existir um R^2 elevado poder-se-ia prever y para eventos futuros. Assim, para um R^2 igual a $0,80$, tem-se que 80% da variabilidade decorre de x . Inversamente, pode-se dizer que 20% da variância de Y não é atribuível às diferenças em x .

Para desenvolver o método, os dados referentes aos Volumes Médios Diários Anuais foram copiados para o *Microsoft Office Excel®* e posteriormente foi elaborada uma tabela com o seguinte formato:

Tabela 9: TMDA para o Trecho do PNV 470BSC0295

470BSC0295		
Ano	TMDA	t
1996	6977	0
1997	1002	1
1998	1002	2
1999	1137	3
2000	1292	4
2001	1391	5

onde:

Ano: anos com as informações que se têm;

TMDA: tráfego médio diário anual;

t: ano em estudo.

Após a elaboração da tabela, utilizou-se a ferramenta do *Microsoft Office Excel®* de análise de dados, na qual é possível aplicar o método da regressão. Uma das telas de entrada pode ser visualizada na figura abaixo.

Figura 19: Tela de Entrada da Ferramenta

onde:

Intervalo y de entrada= valores conhecidos de TMDA;

Intervalo x de entrada= valores dos anos (*t*)

O resultado dessa regressão foi organizado em uma tabela, na qual é apresentado o valor de R^2 e a curva de regressão gerada.

Tabela 10: Estatística da Regressão

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,970400766
R-Quadrado	0,941677647
R-quadrado ajustado	0,922236863
Erro padrão	48,52628154
Observações	5

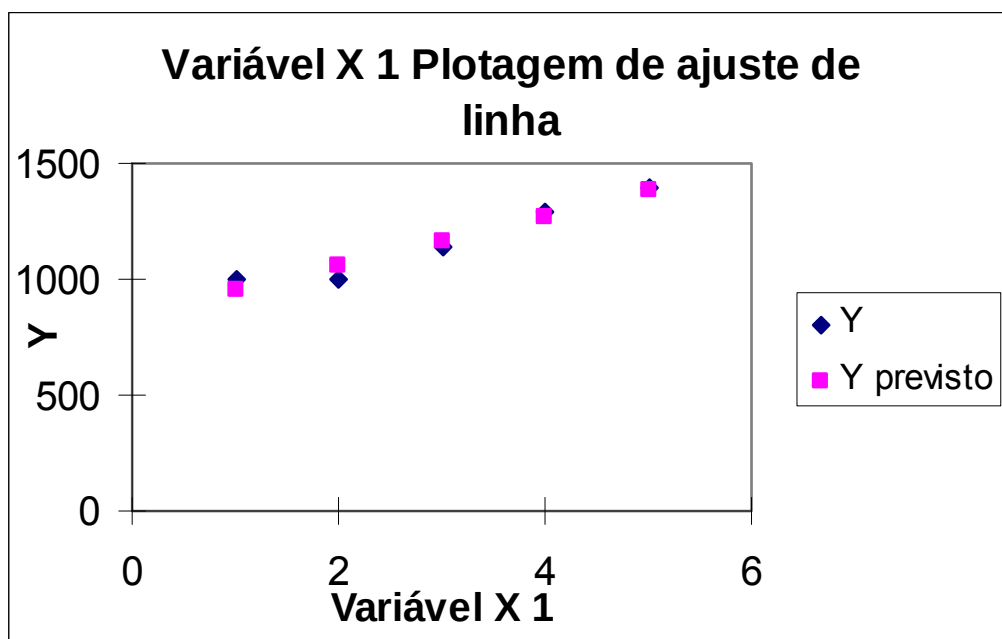


Figura 20: Curva de Regressão Gerada

No caso em estudo, o valor de R^2 é maior do que 0,7 ($R^2 = 0,92$), assim a equação de regressão encontrada foi:

$$Y = 844,4 + 106,8 X$$

Com esta equação, foi possível encontrar valores para os anos sem informação (2002, 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007), conforme apresenta a Tabela 11.

Tabela 11: Valores do TMDA Estimado através de Regressão

470BSC0295		
Ano	TMDA	t
1996	6977	0
1997	1002	1
1998	1002	2
1999	1137	3
2000	1292	4
2001	1391	5
2002	1485	6
2003	1592	7
2004	1699	8
2005	1806	9
2006	1912	10
2007	2019	11

Com a utilização dos modelos para estimativas descritos, foi possível determinar informações de tráfego de anos e meses faltantes. Essa informações estimadas podem ser visualizadas no anexo 2 desse relatório.

6. POSSÍVEIS APLICAÇÕES UTILIZANDO O BANCO DE DADOS

Os dados que integram o banco são referentes às informações obtidas a partir de contagens globais, ou seja, de todos os veículos (caminhões, carros, ônibus, etc.) sem distinção; e também partir de contagens classificatórias (dados por tipo de veículo).

Assim, fazem parte do banco de dados, informações como:

- Tráfego médio diário anual (TMDA)

- Para cada trecho do PNV;
 - Para todos os veículos ou classificatória;
 - Para diferentes fontes;
 - Para diferentes anos.

- Tráfego médio diário mensal (TMDM)

- Para cada trecho do PNV;
 - Para todos os veículos ou classificatória;
 - Para diferentes fontes;
 - Para diferentes anos;
 - Para diferentes meses.

- Tráfego médio diário semanal (TMDS)

- Para cada trecho do PNV;
 - Para todos os veículos ou classificatória;
 - Para diferentes fontes;
 - Para diferentes anos;
 - Para diferentes meses;
 - Para diferentes dias da semana.

- Tráfego Médio Horário (TMH)

Para cada trecho do PNV;

Para todos os veículos ou classificatória;

Para diferentes fontes;

Para diferentes anos;

Para diferentes meses;

Para diferentes dias da semana;

Para diferentes horas do dia.

Na seqüência, alguns exemplos de relatórios e gráficos que podem ser gerados a partir das informações cadastradas no banco de dados de volumes de tráfego:

Tabela 12: Volume Médio Diário Mensal e Distribuição Segundo Intervalo Horário

Trecho do PNV: 101BSC4115 - Entroncamento SC-433 (P/ Pinheira) - Entroncamento SC-434 (P/ Garopaba)																									
Ano: 2000																									
Fonte de Dados: Site Oficial do Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre. Acesso em: 6/02/2007																									
Mês	Volume Médio Diário	Intervalo Horário																							
		0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	6 a 7	7 a 8	8 a 9	9a10	10a11	11a12	12a13	13a14	14a15	15a16	16a17	17a18	18a19	19a20	20a21	21a22	22a23	23a24
Janeiro	12928	224	152	117	128	157	258	395	540	670	792	868	840	724	762	822	836	814	800	737	617	533	460	370	289
Fevereiro	13221	235	165	132	131	162	281	424	581	662	757	860	863	719	788	819	835	811	817	765	646	570	485	386	306
Março	11886	199	154	120	110	140	247	415	545	631	693	728	738	619	650	700	748	760	749	722	601	530	442	349	269
Abril	9266	199	150	105	89	89	131	237	332	439	454	518	541	532	459	513	556	597	628	609	537	469	423	360	276
Maio	10131	147	117	100	124	196	313	418	505	542	572	553	521	535	618	640	671	679	630	581	481	395	320	249	196
Junho	10326	152	120	109	135	190	292	389	499	539	569	578	587	538	596	652	697	690	651	602	492	418	337	267	203
Julho	11047	185	133	107	93	106	184	299	455	532	629	654	645	563	634	691	772	792	775	701	600	505	401	319	247
Agosto	10403	180	133	103	87	113	197	327	488	508	604	615	590	496	574	618	670	699	724	661	556	490	392	312	241
Setembro	10481	182	131	102	89	108	197	324	464	517	592	620	595	525	593	633	699	719	726	669	557	485	391	305	232
Outubro	10989	150	121	114	142	229	381	504	562	624	649	611	577	598	656	684	690	712	686	601	487	400	324	264	200
Novembro	12284	203	173	160	192	294	485	616	689	754	674	646	544	606	671	714	726	748	753	659	554	451	377	321	251
Dezembro	12050	194	156	147	184	283	452	579	646	685	688	678	538	592	644	685	692	738	756	663	581	460	399	328	260
Média Horária		188	143	119	126	173	287	413	528	595	643	664	634	590	640	684	720	734	728	668	562	478	398	321	249
Maiores Volumes Médios Horários		235	173	160	192	294	485	616	689	754	792	868	863	724	788	822	836	814	817	765	646	570	485	386	306

Figura 21: Exemplo de Gráfico com Variação Horária

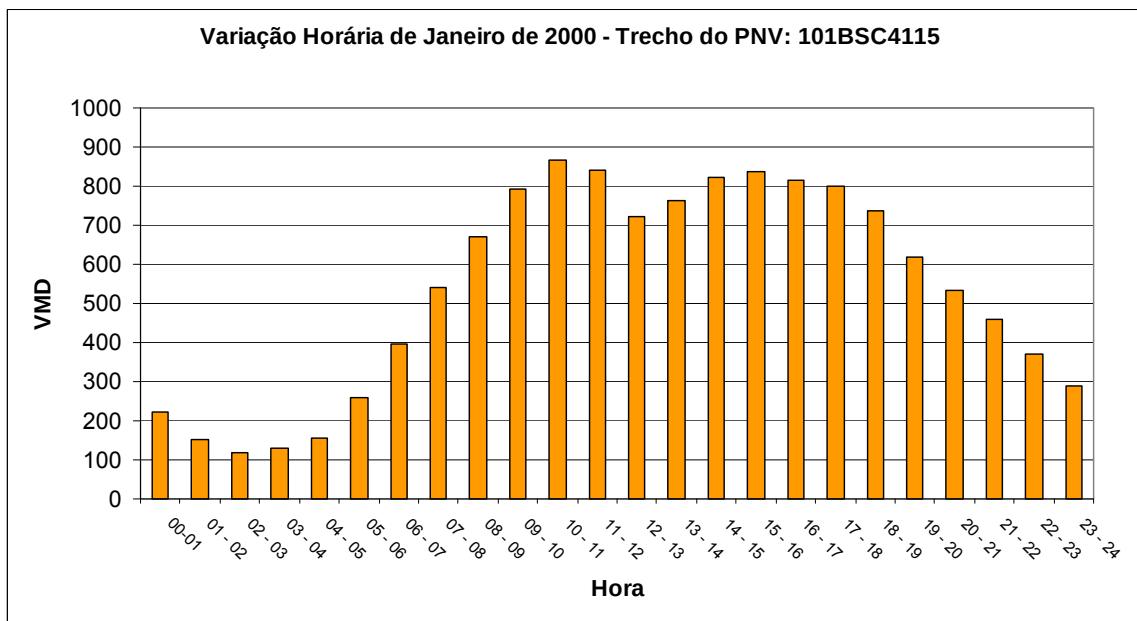


Figura 22: Exemplo de Gráfico com Variação Mensal

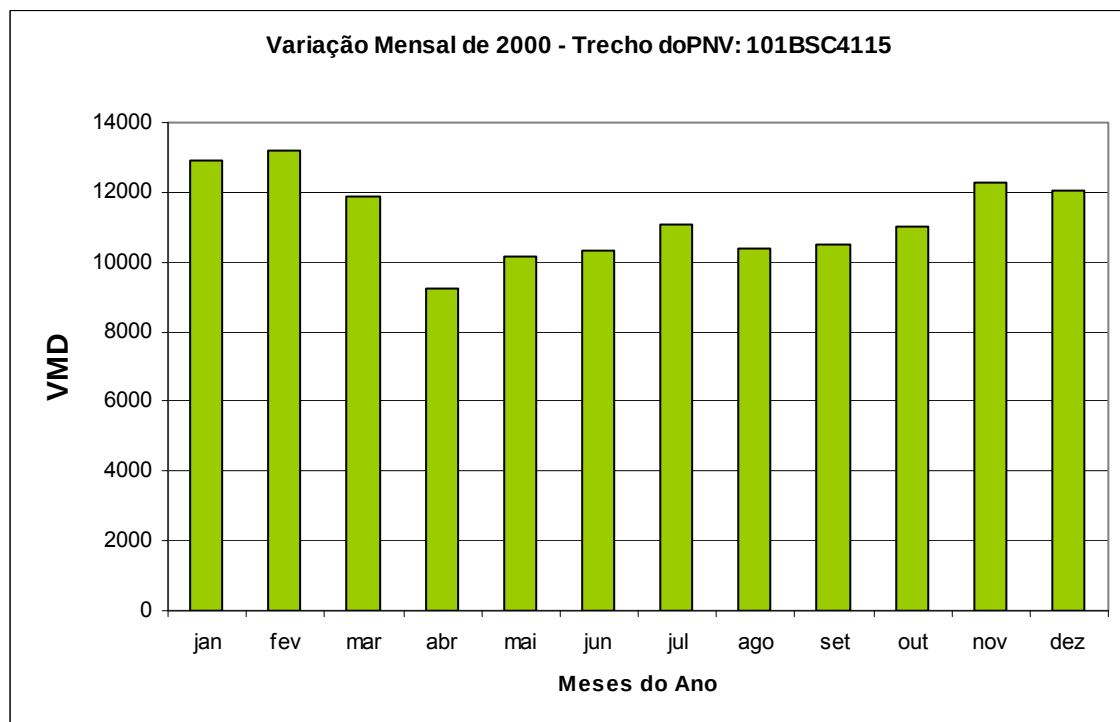
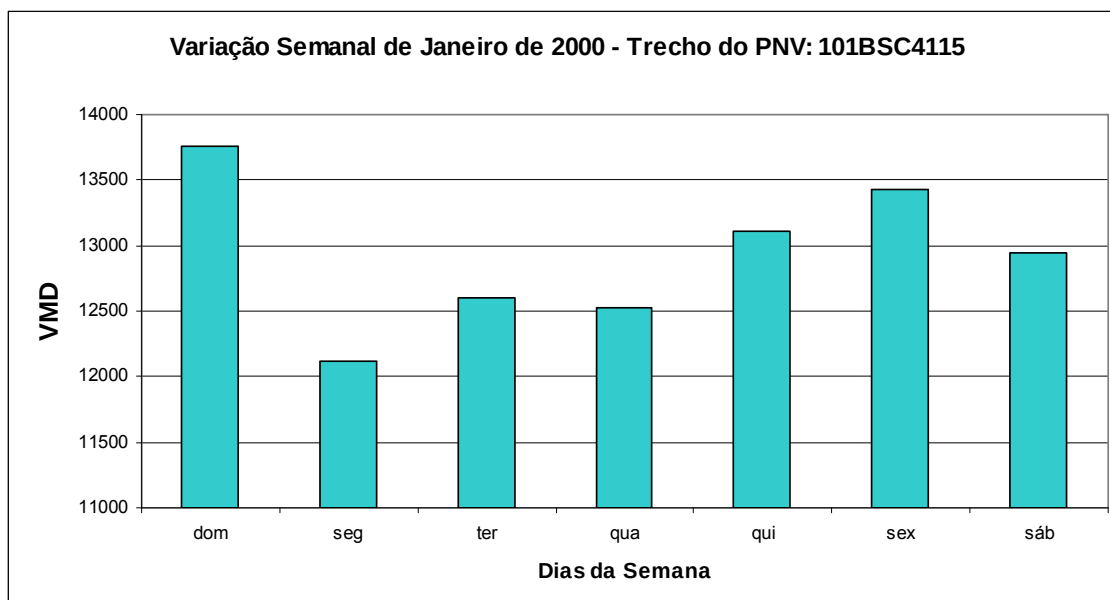


Tabela 13: Volume Médio Diário Mensal e Distribuição Segundo Dia da Semana

Trecho do PNV: 101BSC4115 - Entroncamento SC-433 (P/ Pinheira) - Entroncamento SC-434 (P/ Garopaba)								
Ano: 2000								
Fonte de Dados: Site Oficial do Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre. Acesso em: 6/02/2007								
Mês	Volume Médio Diário	Dia da Semana						
		Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
Janeiro	12928	13756	12122	12599	12520	13115	13434	12939
Fevereiro	13221	13862	9713	12815	12450	12465	14531	16710
Março	11886	12147	10029	11463	11913	11745	12810	12877
Abril	9266	10303	6830	8884	9529	11343	8606	9135
Maio	10131	10131	8629	9986	10512	10356	11276	10337
Junho	10326	10331	8977	9967	10991	10890	10972	9778
Julho	11047	11026	9609	10720	11313	11629	12201	11164
Agosto	10403	10325	8828	10290	10715	10760	11543	10226
Setembro	10481	10579	8197	10405	10898	10690	11818	10459
Outubro	10989	11190	9664	10754	11880	11485	11551	10739
Novembro	12284	12238	10109	11829	14597	13195	12217	10990
Dezembro	12050	11304	8715	11988	14174	12493	13282	12194
Média Diária		11433	9285	10975	11791	11681	12020	11462

Figura 23: Exemplo de Gráfico com Variação Semanal



7. CONCLUSÕES

Conforme se pode perceber neste relatório, os volumes de tráfego são fundamentais e se traduzem em ferramentas básicas para as tarefas de análise e planejamento de todo o sistema viário. Neste trabalho, foram apresentados alguns dos possíveis procedimentos a serem adotados para estimativa dos valores de volumes de tráfego atuais e futuros, os quais foram adotados nas estimativas realizadas pelo NEA.

Os volumes de tráfego obtidos a partir dos procedimentos descritos fornecerão subsídios importantes para a realização de estudos relacionados com a questão da segurança viária, e mais especificamente com a análise dos segmentos críticos.

Contudo, apesar dos bons resultados obtidos pelas técnicas e modelos para a estimação de dados faltosos e, dependendo da variável que se deseja obter, é importante que o órgão rodoviário investigue a dispensabilidade de tais métodos.

Assim, antes de o órgão rodoviário adotar alguma técnica para estimar dados faltosos, deve ser realizada uma análise sobre a magnitude da perda dos dados e a influência dessas falhas nas estatísticas de tráfego desejadas. Vale lembrar, também, que um bom monitoramento das falhas e da manutenção dos contadores automáticos, tão depressa quanto possível, é tão importante quanto a preocupação com as técnicas referidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Relatório de Estudos de Tráfego - Alternativa 01 - Trecho 02 Rodovia BR-116/PR/SC - Trecho Curitiba – Divisa SC/RS**. 2005. 145p.

AASHTO. **Guidelines for Traffic Data Programs**. America Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C. USA.

DNIT – **Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes**. Ministério dos Transportes. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/>>. Acessado em: 20 nov. 2006.

GOMES, M. J. T. L. **Volume Horário de projeto para as Rodovias Estaduais do Ceará: Análise e Contribuição**. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. CE. 2004.

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN. **Forecasting Methods and Applications**. 3th Edition. New York. 1998.

MELLO, José Carlos. **Planejamento dos Transportes**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975, 192p.

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia Maria de Castro. **Modelos para Previsão de Séries Temporais**. In : 13º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro : [s.n.], 1981.

MUELLER, Alessandro. **Uma Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Previsão do Mercado Acionário**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis SC. 1996.

PERKONS. Site da empresa. Disponível em: <www.perkons.com.br>. Acesso em: 12 de outubro de 2006.

SHARMA, S. C.; P. LINGRAS e M. ZHONG (2003). **Effect of Missing Value Imputations on Traffic Parameters Estimations from Permanent Traffic Counts**. Transportation Research Board, The 82th Annual Meeting, Washington, D.C., USA.

SMITH, B, L.; W. T. SCHERER e J. H. CONKLIN. **Exploring Imputation Techniques for Missing Data in Transportation Management Systems**. Transportation Research Board, The 82th Annual Meeting. Washington, D. C. USA.

VALENTE, Amir Mattar. **Informações Práticas para Realização de Estudos de Tráfego em Projetos de Engenharia Rodoviária**. Florianópolis SC. 1994

WHEELWRIGHT, Steven C.; MAKRIDAKIS, Spyros. **Forecasting Methods for Management**. 4th edition. New York : John Wiley & Sons Inc, 1985.

ZHONG, M.; P. LINGRAS; e S.C. SHARMA (2002). **Updating Missing Values of Traffic Counts: Factor Approaches, Time Series Analysis versus Genetically Designed Regression and Neural Network Models**. Transportation Research Part C, United Kingdom, 2002.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1: Dados Levantados nas Fontes Citadas no item 4.

O anexo 1 está disponível somente em formato digital, devido a quantidade de informações.

9.2. Anexo 2: Informações Estimadas a partir dos Dados Levantados e dos Procedimentos Descritos no item 5.4.