

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CONTRIBUIÇÃO À AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS  
PAVIMENTOS NA REGIÃO DE ROCHAS DE EMBASAMENTO  
CRISTALINO EM SANTA CATARINA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil da Universidade Federal de Santa  
Catarina como parte dos requisitos necessários  
para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia Civil

Alexandre de Oliveira

Florianópolis, Novembro de 2007

**CONTRIBUIÇÃO À AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS  
PAVIMENTOS NA REGIÃO DE ROCHAS DE EMBASAMENTO  
CRISTALINO EM SANTA CATARINA**

**ALEXANDRE DE OLIVEIRA**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

---

Prof. Dr. Glicério Trichês – Coordenador do PPGEC

---

Prof. Dr. Glicério Trichês – Orientador

---

Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon – Co-Orientador

Comissão Examinadora:

---

Dr. Nilton Valle – DEINFRA/SC

---

Prof. Dr. José Leomar Fernandes Junior – USP

---

Prof. Dr. Leto Momm - UFSC

*Este trabalho é dedicado aos meus Pais e  
ao meu Irmão, meus melhores amigos, meus  
verdadeiros amores.*

*“Lute Pelo Bom, Pelo Justo, e Pelo Melhor do Mundo”*  
(Olga Benário Prestes)

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ter me dado a oportunidade, dentre tantas outras pessoas, de concluir este desafio. Agradeço também por ter-me iluminado nos vários dias noites de trabalho.

Aos meus Pais Jocelino e Lúcia, e ao meu irmão André, amigos eternos e incondicionais, os quais sem seu incentivo, amor e carinho, durante os momentos mais difíceis, não conseguiria chegar até aqui.

À Aline Cunha Mendes, eterna companheira, pelo amor, compreensão e paciência.

Aos meus Professores Orientadores, e antes de mais nada meus amigos, Glicério Trichês e Antônio Fortunato Marcon, pelo conhecimento, paciência e incentivo dispendidos à conclusão desta dissertação.

Aos engenheiros do DEINFRA/SC José Luiz Schimitt, e Adão Marcos França por terem ajudado na obtenção e entendimento dos dados, bem como na concretização da atualização das estruturas e histórico dos pavimentos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização de mais este sonho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xxi</b>
<b>LISTA DE ABREVIACÕES .....</b>	<b>xxvii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xxx</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxxi</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 - Considerações Iniciais e Justificativa .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 - Objetivos .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 – Objetivos Gerais .....	4
1.2.2 - Objetivos Específicos.....	4
<b>1.3 - Organização do Trabalho.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 - Sistema de Gerência de Pavimentos .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 – Definição e Importância .....	6
2.1.1.1 - Em Nível de Rede .....	8
2.1.1.2 - Em Nível de Projeto .....	8
2.1.2 - Componentes de Um Sistema de Gerência de Pavimentos.....	9
2.1.3 Sistema de Gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC .....	10
2.1.3.1 Histórico .....	10
2.1.3.2 – Descrição do Sistema .....	11
2.1.4 Coleta de Dados.....	12
2.1.5 Base de Dados .....	13
2.1.6 Tipos de Dados .....	14
2.1.7 Bases de Dados Existentes .....	15
<b>2.2 MODELOS DE DESEMPENHO.....</b>	<b>20</b>
2.2.1 Considerações Iniciais .....	20
2.2.2 Tipos Básicos de Modelos de Previsão .....	21

2.2.3 Conceito da Divisão dos Pavimentos em Famílias Para Obtenção de Modelos de Desempenho .....	22
2.2.4 - Exemplos de Modelos de Previsão de Desempenho Existentes .....	23
2.2.4.1 – Modelos Obtidos por Regressão.....	23
2.2.4.2 - Equações Empírico-Mecanísticas .....	35
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Características Institucionais do DEINFRA/SC .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Características Geológicas do Estado de Santa Catarina.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3 Informações Gerais Sobre a Malha Rodoviária do Estudada.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4 Tipos de Materiais e Estrutura dos Pavimentos da Região em Estudo.....</b>	<b>49</b>
<b>3.5 Auscultações, Ponderações e Dados Obtidos Para a Seqüência da Pesquisa .....</b>	<b>58</b>
3.5.1 Auscultação de 1990.....	58
3.5.2 Auscultações de 1995, 1997 e 2001 .....	60
3.5.2.1 Defeitos de Superfície Levantados nas Auscultações .....	61
3.5.2.2 Defeitos de Superfície Utilizados Para o Desenvolvimento da Pesquisa.....	63
3.5.2.3 Medições da Irregularidade .....	66
3.5.2.4 Medições da Deflexão .....	68
<b>3.6 Avaliação do Tráfego Atuante.....</b>	<b>70</b>
3.6.1 Fatores de Veículos .....	75
3.6.1.1 Considerações Sobre a Bibliografia Consultada .....	76
3.6.1.2 Análise das Informações Bibliográficas e Definição dos Fatores de Veículo .....	80
3.6.2 Cálculo do Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão de 8,2t – $N_{8,2t}$ .....	83
<b>CAPÍTULO 4 - SÍNTESE DA CONDIÇÃO DA REDE NA REGIÃO EM ESTUDO.....</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Características Estruturais e Idade dos Pavimentos.....</b>	<b>86</b>
4.1.1 Revestimento .....	86
4.1.2 Base .....	90

4.1.3 Sub-base.....	92
4.1.4 Idade dos Pavimentos.....	95
<b>4.2 Condição dos Pavimentos .....</b>	<b>99</b>
<b>4.3 Parâmetros de Avaliação Funcional e Estrutural .....</b>	<b>103</b>
4.3.1 International Roughness Index (IRI).....	103
4.3.2 Deflexão Máxima Média.....	111
<b>4.4 Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão .....</b>	<b>114</b>
<b>CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PAVIMENTOS .....</b>	<b>117</b>
<b>5.1 Considerações Iniciais .....</b>	<b>117</b>
<b>5.2 Definição das Sub-Etapas Para a Análise do Comportamento dos Pavimentos</b>	<b>120</b>
5.2.1 Procedimentos de Avaliação Preliminar das Informações Individuais Disponíveis .....	122
5.2.1.1 Agrupamento e Cálculo de Parâmetros Preliminares de Cada Auscultação Para Cada Trecho Analisado .....	122
5.2.1.2 Exclusão de Dados Espúrios Fora do Intervalo Estatístico de Aceitação Dentro de Cada um dos Trechos Para Cada Levantamento .....	122
5.2.1.3 Parâmetros Estatísticos dos Dados .....	124
5.2.2 Definição das Linhas de Tendência de Desempenho dos Pavimentos.....	125
5.2.2.1 Definição das Famílias de Pavimentos e Forma de Apresentação dos Dados....	126
5.2.2.2 Filtragem dos Dados Entre Auscultações – Processo de Validação .....	129
5.2.2.3 Definição das Linhas de Tendência Preliminares e Filtragem dos Dados Espúrios Dentro de Cada Família – Processo de Validação .....	130
5.2.2.4 Análise dos “Nós” .....	191
5.2.2.5 Eliminação de Valores Extremos Dentro de Cada “Nó” Anômalo, Definição da Linha de Tendência Definitiva, Análise de Variância e Regressão Linear Múltipla.....	195
5.2.2.6 Resumo para as Linhas de Tendência Definitivas Obtidas .....	263



<b>CAPÍTULO 6 - COMPARAÇÃO DAS LINHAS DE TENDÊNCIA COM MODELOS DE DESEMPENHO DA LITERATURA.....</b>	<b>267</b>
<b>6.1 Considerações Iniciais .....</b>	<b>267</b>
<b>6.2 Definição do Parâmetro a Ser Analisado e Modelos de Desempenho Escolhidos Para as Comparações .....</b>	<b>267</b>
6.2.1 Definição do Parâmetro a Ser Analisado .....	267
6.2.2 Definição dos Modelos de Desempenho Utilizados Para a Comparação .....	269
<b>6.3 Variáveis Independentes Utilizadas Para a Estimativa da Irregularidade Teórica .....</b>	<b>271</b>
6.3.1 Definição das Variáveis Independentes Utilizadas .....	271
6.3.2 Considerações Sobre as Variáveis Independentes Utilizadas – Deflexão Máxima Recuperável .....	271
6.3.3 Validação das Variáveis Independentes Utilizadas .....	272
<b>6.4 Considerações Estatísticas Utilizadas na Definição das Curvas Teóricas e Comparações Com as Linhas de Tendência Obtidas.....</b>	<b>274</b>
6.4.1 Considerações Estatísticas Utilizadas na Definição das Curvas Teóricas .....	274
6.4.2 Comparações dos Modelos Teóricos Com as Linhas de Tendência Obtidas para Cada Família de Pavimento.....	274
<b>CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....</b>	<b>292</b>
<b>7.1. Conclusões .....</b>	<b>292</b>
<b>7.2. Recomendações Para Futuras Pesquisas.....</b>	<b>298</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>300</b>
<b>ANEXO A - ANÁLISE INDIVIDIAL DE CADA TRECHO PARA OS PARÂMETROS DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA (DEFM), IRREGULARIDADE (IRI), TRINCAMENTO TOTAL (TRINCA) E NÚMERO ESTRUTURAL CORRIGIDO (SNC) .....</b>	<b>322</b>
<b>ANEXO B - DADOS REFERENTES À CADA SUBFAMÍLIA, CONTENDO OS DADOS DE DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA, IRI, SNC E TRINCAMENTO TOTAL .....</b>	<b>330</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 3.1</b> – Regiões Geológicas em Santa Catarina .....	40
<b>FIGURA 3.2</b> – Mapa de Localização de Cada Trecho da Pesquisa.....	44
<b>FIGURA 4.1</b> - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados ) .....	87
<b>FIGURA 4.2</b> - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Pavimentos Não-Restaurados).....	87
<b>FIGURA 4.3</b> - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados).....	88
<b>FIGURA 4.4</b> - Extensões em CAUQ+PMQ e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados).....	89
<b>FIGURA 4.5</b> - Extensões em CAUQ e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados)	90
<b>FIGURA 4.6</b> - Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados).....	91
<b>FIGURA 4.7</b> - Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Não Restaurados).....	92
<b>FIGURA 4.8</b> Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados) .....	92
<b>FIGURA 4.9</b> - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados) .....	93
<b>FIGURA 4.10</b> - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Não-Restaurados).....	94
<b>FIGURA 4.11</b> - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados).....	95
<b>FIGURA 4.12</b> - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Restaurados e Não-Restaurados ).....	95
<b>FIGURA 4.13</b> - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Não-Restaurados) .....	96
<b>FIGURA 4.14</b> - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Restaurados) .....	97

<b>FIGURA 4.15</b> - Extensão x Ano de Abertura ao Tráfego (Trechos Restaurados e Não-Restaurados ).....	98
<b>FIGURA 4.16</b> - Extensão x Ano de Abertura (Trechos Não-Restaurados ).....	98
<b>FIGURA 4.17</b> - Extensão x Ano de Abertura (Trechos Restaurados ).....	99
<b>FIGURA 4.18</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Restaurados e Não Restaurados .....	100
<b>FIGURA 4.19</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Não Restaurados.....	101
<b>FIGURA 4.20</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Restaurados .....	102
<b>FIGURA 4.21</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em CAUQ e CAUQ+PMQ - Trechos Não-Restaurados.....	104
<b>FIGURA 4.22</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante - Trechos Não-Restaurados .....	105
<b>FIGURA 4.23</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em CAUQ e CAUQ+PMQ - Trechos Restaurados.....	107
<b>FIGURA 4.24</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante - Trechos Restaurados .....	107
<b>FIGURA 4.25</b> - Intervalos de Frequência de Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados e Não-Restaurados.....	112
<b>FIGURA 4.26</b> - Intervalos de Frequência de Deflexão Máxima Média - Trechos Não-Restaurados .....	113
<b>FIGURA 4.27</b> - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados .....	113
<b>FIGURA 4.28</b> - Intervalos de Frequência $N_{8,2t}$ DNER (USACE) - Trechos Não-Restaurados .....	115
<b>FIGURA 4.29</b> - Intervalos de Frequência $N_{8,2t}$ USACE - Trechos Restaurados .....	115
<b>FIGURA 4.30</b> - Intervalos de Frequência $N_{8,2t}$ AASHTO - Trechos Não-Restaurados .....	116
<b>FIGURA 4.31</b> - Intervalos de Frequência $N_{8,2t}$ AASHTO - Trechos Restaurados .....	116

<b>FIGURA 5.1</b> - Fluxograma Geral de Procedimentos Adotados nas Sub-Etapas de Análise do Comportamento dos Pavimentos .....	121
<b>FIGURA 5.2</b> - Fluxograma Seqüencial de Procedimentos Para o Agrupamento, Cálculo, Verificação de Dados Espúrios e Definição dos Parâmetros Estatísticos dos Dados .....	124
<b>FIGURA 5.3</b> - Fluxograma ilustrativo da divisão dos pavimentos em famílias .....	127
<b>FIGURA 5.4</b> - Fluxograma Seqüencial de Procedimentos Para a Filtragem dos Dados entre Auscultações, Definição de Linhas de Tendência Preliminares e Verificação de Pontos Espúrios.....	134
<b>FIGURA 5.5</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	137
<b>FIGURA 5.6</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	137
<b>FIGURA 5.7</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	138
<b>FIGURA 5.8</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	139
<b>FIGURA 5.9</b> - Família 1 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	141
<b>FIGURA 5.10</b> - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	141
<b>FIGURA 5.11</b> - Família 1 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	142
<b>FIGURA 5.12</b> - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	143
<b>FIGURA 5.13</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	146
<b>FIGURA 5.14</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	147
<b>FIGURA 5.15</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	148

<b>FIGURA 5.16</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	149
<b>FIGURA 5.17</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	152
<b>FIGURA 5.18</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	152
<b>FIGURA 5.19</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	153
<b>FIGURA 5.20</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	153
<b>FIGURA 5.21</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	156
<b>FIGURA 5.22</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	156
<b>FIGURA 5.23</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	157
<b>FIGURA 5.24</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	157
<b>FIGURA 5.25</b> - Família 1 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	160
<b>FIGURA 5.26</b> - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	160
<b>FIGURA 5.27</b> - Família 1 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	161
<b>FIGURA 5.28</b> - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	161
<b>FIGURA 5.29</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	165
<b>FIGURA 5.30</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	166

<b>FIGURA 5.31</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	167
<b>FIGURA 5.32</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	168
<b>FIGURA 5.33</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	170
<b>FIGURA 5.34</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	170
<b>FIGURA 5.35</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	172
<b>FIGURA 5.36</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	172
<b>FIGURA 5.37</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	175
<b>FIGURA 5.38</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	175
<b>FIGURA 5.39</b> - Família 1 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	176
<b>FIGURA 5.40</b> - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	176
<b>FIGURA 5.41</b> - Família 1 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	179
<b>FIGURA 5.42</b> - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	179
<b>FIGURA 5.43</b> - Família 1 Subfamília 2 $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	180
<b>FIGURA 5.44</b> - Família 1 Subfamília 2 Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	180
<b>FIGURA 5.45</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	184

<b>FIGURA 5.46</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	185
<b>FIGURA 5.47</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	186
<b>FIGURA 5.48</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	186
<b>FIGURA 5.49</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	189
<b>FIGURA 5.50</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	189
<b>FIGURA 5.51</b> - Família 2 Subfamília 2 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	190
<b>FIGURA 5.52</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	190
<b>FIGURA 5.53</b> - Fluxograma Ilustrativo dos Procedimentos Finais Para a Obtenção das Linhas de Tendência Definitivas.....	192
<b>FIGURA 5.54</b> - Estimativa B-Spline – Presença de mais de uma família (Adaptado de SHAHIN et al., 1987) .....	194
<b>FIGURA 5.55</b> - Estimativa B-Spline – Presença de ponto extremo (Adaptado de SHAHIN et al., 1987) .....	194
<b>FIGURA 5.56</b> - Intervalos de frequência ou “Nós” Anômalos e Supostas Movimentações a Partir da Exclusão de Valores Extremos.....	196
<b>FIGURA 5.57</b> - Extrapolação da condição para um trecho de pavimento em particular ou conjunto de trechos de um mesmo segmento homogêneo (Adaptado de SHAHIN et al., 1987).....	201
<b>FIGURA 5.58</b> - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	203
<b>FIGURA 5.59</b> - Resultado Final Para Análise dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	204
<b>FIGURA 5.60</b> - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	204

<b>FIGURA 5.61</b> - Resultado Final Para Análise dos “Nós” – Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	205
<b>FIGURA 5.62</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	207
<b>FIGURA 5.63</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	207
<b>FIGURA 5.64</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	211
<b>FIGURA 5.65</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	211
<b>FIGURA 5.66</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	213
<b>FIGURA 5.67</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração .....	214
<b>FIGURA 5.68</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Deflexão Máxima Média ( $\times 10^{-2}$ mm) Para Cada Ano de Levantamento.....	214
<b>FIGURA 5.69</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média ( $\times 10^{-2}$ mm) Para Cada Ano de Levantamento.....	215
<b>FIGURA 5.70</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO X Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	217
<b>FIGURA 5.71</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração .....	217



<b>FIGURA 5.72</b> - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	219
<b>FIGURA 5.73</b> - Resultado Final Para Análise dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	220
<b>FIGURA 5.74</b> - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	220
<b>FIGURA 5.75</b> - Resultado Final Para Análise dos “Nós” – Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	221
<b>FIGURA 5.76</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	221
<b>FIGURA 5.77</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	222
<b>FIGURA 5.78</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	226
<b>FIGURA 5.79</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	227
<b>FIGURA 5.80</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	228
<b>FIGURA 5.81</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	228
<b>FIGURA 5.82</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	230
<b>FIGURA 5.83</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	231
<b>FIGURA 5.84</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) Para Cada Ano de Levantamento .....	232
<b>FIGURA 5.85</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) Para Cada Ano de Levantamento .....	232
<b>FIGURA 5.86</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	234

<b>FIGURA 5.87</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	234
<b>FIGURA 5.88</b> - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	236
<b>FIGURA 5.89</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração .....	237
<b>FIGURA 5.90</b> - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração .....	238
<b>FIGURA 5.91</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (M/km) – Análise Após a Restauração .....	238
<b>FIGURA 5.92</b> - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	241
<b>FIGURA 5.93</b> - Resultado Final Para Análise dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	241
<b>FIGURA 5.94</b> – Inexistência de “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	242
<b>FIGURA 5.95</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	242
<b>FIGURA 5.96</b> - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	243
<b>FIGURA 5.97</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	247
<b>FIGURA 5.98</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	247
<b>FIGURA 5.99</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	249
<b>FIGURA 5.100</b> - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	250
<b>FIGURA 5.101</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	252

<b>FIGURA 5.102</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha De Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	252
<b>FIGURA 5.103</b> - Família 2 Subfamília 1 - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) Para Cada Ano de Levantamento.....	254
<b>FIGURA 5.104</b> - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) Para Cada Ano de Levantamento.....	254
<b>FIGURA 5.105</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	256
<b>FIGURA 5.106</b> - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	257
<b>FIGURA 5.107</b> - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração .....	259
<b>FIGURA 5.108</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração.....	259
<b>FIGURA 5.109</b> - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - $N_{8,2}$ AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração .....	261
<b>FIGURA 5.110</b> - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração.....	261
<b>FIGURA 6.1</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S1 – $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) – Antes da Restauração.....	275
<b>FIGURA 6.2</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	276
<b>FIGURA 6.3</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S1 – Antes da Restauração .....	277
<b>FIGURA 6.4</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 - $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	278
<b>FIGURA 6.5</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	279
<b>FIGURA 6.6</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 – Antes da Restauração .....	280

<b>FIGURA 6.7</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 - $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) – Após a Restauração.....	281
<b>FIGURA 6.8</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Após a Restauração .....	281
<b>FIGURA 6.9</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F1S2 – Após a Restauração .....	282
<b>FIGURA 6.10</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 - $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	283
<b>FIGURA 6.11</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	284
<b>FIGURA 6.12</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 – Antes da Restauração .....	285
<b>FIGURA 6.13</b> Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 – $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) - Após a Restauração .....	286
<b>FIGURA 6.14</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Após a Restauração .....	286
<b>FIGURA 6.15</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S1 – Após a Restauração .....	287
<b>FIGURA 6.16</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S2 - $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) - Antes da Restauração .....	288
<b>FIGURA 6.17</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S2 – Antes da Restauração .....	289
<b>FIGURA 6.18</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S2 - $N_{8,2t}$ AASHTO x IRI (m/km) - Após a Restauração .....	290
<b>FIGURA 6.19</b> - Comparações $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Após a Restauração.....	290
<b>FIGURA 6.20</b> - Relação Entre $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$ x $IRI_{LITERATURA}$ – F2S2 – Após a Restauração .....	291

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.1</b> - Frequência de Auscultação da Rede Estadual (Frequência Desejada, 1990) .....	3
<b>TABELA 1.2</b> - Frequência Atual de Auscultação da Rede Estadual. ....	3
<b>TABELA 2.1</b> - Classificação dos Modelos de Previsão (MAHONEY, 1990 <i>apud</i> HAAS et al. 1994).....	21
<b>TABELA 3.1</b> - Situação Atual Referente às Extensões de Rodovias Não Pavimentadas e em Obras de Pavimentação no Estado de Santa Catarina.....	41
<b>TABELA 3.2</b> - Situação Atual Referente às Extensões de Rodovias Pavimentadas no Estado de Santa Catarina.....	41
<b>TABELA 3.3</b> - Relação dos Trechos ou Subtrechos Seleccionados Para a Análise.....	45
<b>TABELA 3.3</b> - Relação dos Trechos ou Subtrechos Seleccionados Para a Análise - Continuação.....	46
<b>TABELA 3.4</b> - Rodovias Excluídas da Análise .....	47
<b>TABELA 3.4</b> - Rodovias Excluídas da Análise - Continuação.....	48
<b>TABELA 3.5</b> - Relação dos Trechos Conforme a Idade das Camadas do Pavimento.....	52
<b>TABELA 3.5</b> - Relação dos Trechos Conforme a Idade das Camadas do Pavimento - Continuação.....	53
<b>TABELA 3.6</b> – Características da Estrutura e da Idade dos Pavimentos Estudados .....	54
<b>TABELA 3.6</b> - Características da Estrutura e da Idade dos Pavimentos Estudados - Continuação.....	55
<b>TABELA 3.7</b> – Trechos Restaurados: Espessuras e Materiais do Revestimento Antes e Depois da Restauração .....	56
<b>TABELA 3.7</b> – Trechos Restaurados: Espessuras e Materiais do Revestimento Antes e Depois da Restauração - Continuação .....	57
<b>TABELA 3.8</b> - Analogia de Níveis de Severidade (SGP-DEINFRA/SC; DNER-ES 128/83) e Larguras dos Defeitos .....	65
<b>TABELA 3.9</b> - Análise Depurativa dos Segmentos Específicos Excluídos da Pesquisa. ....	67
<b>TABELA 3.9</b> - Análise Depurativa dos Segmentos Específicos Excluídos da Pesquisa - Continuação.....	68

<b>TABELA 3.10</b> - Tipos de Estruturas Seleccionadas .....	69
<b>TABELA 3.11</b> – Correlações Preliminares Obtidas Para Cada Tipo de Estrutura .....	70
<b>TABELA 3.12</b> - Volume de Tráfego Médio Diário por Ano de Auscultação e Fonte de Obtenção dos Dados.....	72
<b>TABELA 3.12</b> - Volume de Tráfego Médio Diário por Ano de Auscultação e Fonte de Obtenção dos Dados - Continuação .....	73
<b>TABELA 3.13</b> - Taxas de Crescimento de Tráfego Por Classe de Veículo.....	74
<b>TABELA 3.13</b> - Taxas de Crescimento de Tráfego Por Classe de Veículo - Continuação .....	75
<b>TABELA 3.14</b> - Fatores de Veículos (AASHTO) Postos Permanentes.....	77
<b>TABELA 3.15</b> - Fatores de Veículos (USACE) - Postos Permanentes .....	78
<b>TABELA 3.16</b> - Fatores de Veículos(AASHTO) - Postos Temporário.....	78
<b>TABELA 3.17</b> - Fatores de Veículos(USACE) - Postos Temporários .....	78
<b>TABELA 3.18</b> - Fatores de Veículos - Métodos DNER e AASHTO .....	79
<b>TABELA 3.19</b> - Percentuais de Veículos Vazios (Fonte: DER-SC/APPE, 1991).....	79
<b>TABELA 3.20</b> - Percentuais de Participação na Frota por Tipo de Veículo de Carga - (Fonte: DER-SC/APPE, 1991).....	80
<b>TABELA 3.21</b> - Comparação dos Percentuais da Amostra Origem-Destino em Relação aos do Tráfego Levantado de Veículos de Carga .....	80
<b>TABELA 3.22</b> - Fatores de Veículos por Tipo/Grupo de Veículos de Carga.....	82
<b>TABELA 3.23</b> - Fatores de Veículos Adotados Para Esta Pesquisa .....	82
<b>TABELA 3.24</b> - Fatores de Veículos Utilizados Atualmente pelo DEINFRA/SC .....	82
<b>TABELA 3.25</b> - N8,2t Acumulado Para Cada Trecho e Ano de Auscultação.....	84
<b>TABELA 3.25</b> - N8,2t Acumulado Para Cada Trecho e Ano de Auscultação - Continuação.....	85
<b>TABELA 4.1</b> - Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Restaurados e Não-Restaurados .....	109
<b>TABELA 4.2</b> - Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Não-Restaurados.....	110
<b>TABELA 4.3</b> - Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Restaurados.....	111

<b>TABELA 4.4</b> - Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados e Não Restaurados.....	114
<b>TABELA 4.5</b> – Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Não-Restaurados.....	114
<b>TABELA 4.6</b> - Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados.....	114
<b>TABELA 5.1</b> - Valores de z em Relação ao Número de Medições (n) .....	123
<b>TABELA 5.2</b> - Resíduos Tabelados - Nível de Significância de 5%.....	133
<b>TABELA 5.3</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 1 Subfamília 1 .....	136
<b>TABELA 5.4</b> - Relação dos trechos utilizados para a análise preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 1 Subfamília 2 .....	140
<b>TABELA 5.5</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 1 .....	144
<b>TABELA 5.5</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 1 - Continuação.....	145
<b>TABELA 5.6</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 2 .....	151
<b>TABELA 5.7</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 1 Subfamília 1 .....	155
<b>TABELA 5.8</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 1 Subfamília 2.....	159
<b>TABELA 5.9</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 1 .....	163
<b>TABELA 5.9</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 1 - Continuação .....	164
<b>TABELA 5.10</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 2.....	169
<b>TABELA 5.11</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 1 Subfamília 1 .....	174

<b>TABELA 5.12</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 1 Subfamília 2 .....	178
<b>TABELA 5.13</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 1 .....	182
<b>TABELA 5.13</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 1 - Continuação .....	183
<b>TABELA 5.14</b> - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 2 .....	188
<b>TABELA 5.15</b> - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão .....	198
<b>TABELA 5.16</b> - Estatísticas da Regressão e Coeficientes dos Regressores .....	199
<b>TABELA 5.17</b> - Intervalos de Freqüência Antes da Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	203
<b>TABELA 5.18</b> - Intervalos de Freqüência Após a Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração .....	204
<b>TABELA 5.19</b> - Intervalos de Freqüência Antes da Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	204
<b>TABELA 5.20</b> - Intervalos de Freqüência Após a Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração .....	205
<b>TABELA 5.21</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor $N_{8,2t}$ AASHTO .....	206
<b>TABELA 5.22</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos) .....	206
<b>TABELA 5.23</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores .....	208
<b>TABELA 5.24</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO e Hrevest .....	208
<b>TABELA 5.25</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores .....	209
<b>TABELA 5.26</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD .....	209



<b>TABELA 5.27</b> - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração.....	219
<b>TABELA 5.28</b> - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração.....	219
<b>TABELA 5.29</b> - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração.....	220
<b>TABELA 5.30</b> - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração.....	221
<b>TABELA 5.31</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor $N_{8,2t}$ AASHTO.....	223
<b>TABELA 5.32</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos).....	223
<b>TABELA 5.33</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores.....	223
<b>TABELA 5.34</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO e IDADE.....	224
<b>TABELA 5.35</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores.....	224
<b>TABELA 5.36</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD.....	225
<b>TABELA 5.37</b> - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração.....	240
<b>TABELA 5.38</b> - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” - $N_{8,2t}$ AASHTO – Antes da Restauração.....	241
<b>TABELA 5.39</b> - Intervalos de Frequência com Inexistência de “Nós” Anômalos - Idade (Anos) – Antes da Restauração.....	242
<b>TABELA 5.40</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor $N_{8,2t}$ AASHTO.....	244
<b>TABELA 5.41</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos).....	244

<b>TABELA 5.42</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores.....	244
<b>TABELA 5.43</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO e VMD .....	245
<b>TABELA 5.44</b> - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores .....	245
<b>TABELA 5.45</b> – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores $N_{8,2t}$ AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD .....	246
<b>TABELA 5.46</b> – Linhas de Tendência Obtidas Para Deflexão Máxima Média - DEF .	264
<b>TABELA 5.47</b> – Linhas de Tendência Obtidas Para o International Roughness Index - IRI .....	265
<b>TABELA 5.48</b> – Linhas de Tendência Obtidas Para o Trincamento Total - TRINCA .	266

## LISTA DE ABREVIACÕES

- AADT – Annual Average Daily Traffic
- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials
- ACOMP - Subsistema de Acompanhamento (SGP do DER/SC)
- ADOT - Arizona Department of Transportation
- ARAN - Automatic Road Analyser
- BG – Brita Graduada
- BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento
- BIRD – Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento
- CAUQ – Concreto Asfáltico Usinado à Quente
- CBR – Californian Bearing Ratio (%)
- CEBTP - Centre Experimental de Recherches et d'Etudes du Batiment et des Travaux Publics
- DEF - Deflexão Máxima Média ( $\times 10^{-2}$ mm)
- DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA VB – Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm)
- DEINFRA/SC – Departamento Estadual de Infra-Estrutura
- DER/SC - Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina
- DIEP - Diretoria de Estudos e Projetos do antigo DER/SC
- DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
- DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
- EBM - Expenditure Budgeting Model
- F1S1 – Família 1 Subfamília 1
- F1S2 – Família 1 Subfamília 2
- F2S1 – Família 2 Subfamília 1
- F2S2 – Família 2 Subfamília 2
- FHWA - Federal Highway Administration
- FWD – Falling Weight Deflectometer
- GEIPOT - Grupo de Estudos de Integração da Política de Transportes

GIS - Geographic Information System

HDM - Highway Design and Maintenance Standards Model

IDADE – Idade dos Pavimentos Desde a Abertura ao Tráfego ou Desde a Última Restauração (Anos)

INDOT - Indiana Department of Transportation

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

IQG - Índice de Qualidade Global (SGP do DER/SC)

IQP - Índice de qualidade do patrimônio (SGP do DER/SC)

IQU - Índice de qualidade para o usuário (SGP do DER/SC)

IRI - International Roughness Index (m/km)

ISC – Índice de Suporte Califórnia (%)

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

LTPP - Long-Term Pavement Performance

MS – Macadame Seco

N – Número de Medições ou Observações

$N_{8,2t}$  – Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão de 8,2t

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development

PAVER - Sistema de Gerência de Manutenção de Pavimentos (SHAHIN E WALTHER, 1990)

PCI - Pavement Condition Index

PICR - Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias

PMF - Pré-Misturado à Frio

PMQ - Pré Misturado à Quente

PNMRE/SC - Programa de Restauração e Manutenção das Rodovias Estaduais em Santa Catarina

PROG - Subsistema de Programação (SGP do DER/SC)

PSI – Present Serviceability Index

PURD - Portable Universal Roughness Device

QI – Quociente de Irregularidade (Contagens/Km)

RST - Laser Road Surface Tester

SAI – Saibro

SAM - Sistema de Administração de Manutenção

SB – Seixo Bruto

SBR - Seixo Britado

SC - Seixo Classificado

SE – Solo Estabilizado Granulometricamente

SGP - Sistema de Gerência de Pavimento

SMITR - Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta

SNC – Número Estrutural Corrigido

SPB – Seixo Parcialmente Britado

TRRL - Transport and Road Research Laboratory

VMD - Volume Médio Diário de Tráfego

VMP - Valor Médio do Parâmetro;

VSA - Valor de Serventia Atual

Z - Coeficiente de Confiança, estimado em função do número de observações do parâmetro  $\sigma$  – Desvio Padrão

## RESUMO

Com o objetivo de colaborar para um melhor entendimento do comportamento dos pavimentos pertencentes à região geológica de rochas de embasamento cristalino em Santa Catarina, esta dissertação visou a obtenção de linhas de tendência para a previsão da evolução da Deflexão, do Trincamento Total e da Irregularidade dos pavimentos. Para esta análise foram utilizados os dados coletados nos anos de 1990, 1995, 1997 e 2001, provenientes do Sistema de Administração de Manutenção - SAM (DER/SC, 1991) e do Sistema de Gerência de Pavimentos do então Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina - DER/SC, atual Departamento Estadual de Infra-Estrutura - DEINFRA/SC. As análises foram efetuadas considerando a evolução dos parâmetros mencionados acima, tanto antes quanto após as intervenções de restauração nos pavimentos. A metodologia utilizada foi estabelecida por SHAHIN et al. (1987). A determinação das Linhas de Tendência foi realizada através de processos de regressão simples envolvendo apenas uma variável independente ( $N_{AASHTO}$  ou IDADE). Além disso, contemplou análises de regressões lineares múltiplas, incluindo variáveis como a espessura total do pavimento em termos granulares ( $H_{total}$ ), espessura do revestimento ( $H_{revestimento}$ ), espessura do reforço ( $H_{reforço}$ ) e volume médio diário anual (VMDA). Também são mostrados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), Erro Padrão (EP) e Nível de Significância ( $\alpha$ ) para cada equação. O Nível de Significância ( $\alpha$ ) foi obtido através de tabelas estatísticas de ANOVA. Finalmente, as Linhas de Tendência obtidas para a Irregularidade foram comparadas com modelos de desempenho existentes na literatura.

## ABSTRACT

In order to achieve a better understanding of the pavements's performance from the basement complex geological region in Santa Catarina, this dissertation aims to obtain deflection, cracking and roughness's trend lines for the prediction of the pavements's future conditions. For these analyses it was used the data collected in the years of 1990, 1995, 1997 and 2001 for use of the Maintenance Management System and the Pavement Management System of former State Highway Department (DER/SC), currently State Infrastructure Department (DEINFRA/SC). The analyses were carried out considering the evolution of the mentioned parameters above, before and after pavement rehabilitation works. The applied methodology was established by SHAHIN et al. (1987). The trend lines determination was carried out through the process of simple regression considering only one independent variable ( $N_{AASHTO}$  or AGE). Additionally, it was performed multiple linear regression analyses, considering parameters as the total equivalent granular thickness of the pavement layers ( $H_{total}$ ), surface layer thickness ( $H_{revestimento}$ ), overlay thickness ( $H_{reforço}$ ) and average annual daily traffic (VMDA). It is also shown the determination coefficient ( $R^2$ ), the standard error (EP) and the significance level ( $\alpha$ ) for each trend line equation. The level of significance ( $\alpha$ ) was obtained using ANOVA statistic tables. Finally, the roughness trend lines obtained by using simple regression technique were compared to performance models found in existing literature.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Considerações Iniciais e Justificativa

No Brasil, as rodovias têm um papel vital para o escoamento da produção agrícola e industrial, sendo, muitas vezes, a única opção para o transporte de mercadorias entre os centros produtores e consumidores, assim como até aos portos e aeroportos.

Por outro lado, a sobrecarga do setor rodoviário deflagra a evidente necessidade da realização de serviços de manutenção e restauração da malha rodoviária Brasileira, sendo que o montante de recursos exigidos para estas atividades é, em quase 100% dos casos, superior ao disponível. Desta forma, os poucos recursos disponíveis devem ser utilizados da maneira mais racional e eficiente possível.

Esta situação tem levado os órgãos rodoviários e as instituições ligadas à pesquisa ao estudo do real comportamento dos pavimentos e dos materiais constituintes da sua estrutura do pavimento "in situ". Este tipo de ação faz com que se possa desenvolver ações que permitam selecionar as medidas mais eficazes para o planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos em condições aceitáveis de trafegabilidade.

Procedimentos como os descritos no parágrafo anterior visam garantir a preservação dos altos investimentos aplicados na construção das rodovias e possibilitam a priorização e a otimização da aplicação dos recursos para as atividades de manutenção da malha rodoviária.

Sendo assim, para que se possa conhecer o comportamento dos pavimentos, hoje e ao longo do tempo, e para apontar as melhores medidas a serem tomadas para conservação da malha rodoviária de uma determinada região se deve, primariamente, pensar na palavra “organização”. Por isso, e pensando nesta organização, é que os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs) têm sido tema de um número elevado de estudos e trabalhos desenvolvidos na área da engenharia rodoviária, especialmente durante as duas últimas décadas (MARCON, 1996).

No Brasil, os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGPs) têm sido mais divulgados e estudados a partir do início dos anos 80, quando o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) executou levantamentos e análises para gerência de pavimentos



da malha rodoviária federal. Desde então, tem sido progressivamente positiva a quantidade de trabalhos divulgados no país abordando a gerência de pavimentos ou assuntos a ela relacionados, mas a colocação em prática dos resultados não tem sido proporcional ao crescimento das publicações (MARCON, 1996).

O Estado de Santa Catarina tem em seu sistema rodoviário o mais importante componente do Sistema de Transportes do Estado, sendo composto por aproximadamente 8.843 Km de Estradas pavimentadas e não-pavimentadas operadas sob os mais diferentes níveis de jurisdição.

Em 1990, a malha rodoviária conservada pelo então Departamento de Estradas de Rodagem de Santa Catarina – DER/SC, atual DEINFRA/SC – Departamento Estadual de Infra-Estrutura, era de aproximadamente 5.300 km, dos quais 2.500 km se encontravam pavimentados. Os pavimentos mais antigos, embora em pequeno número, já apresentavam sinais claros da necessidade de intervenção do tipo selagem de trincas ou reforço. Foi, então, tomada a decisão de implementar um Sistema de Gerência de Pavimentos no âmbito do DER-SC, enfocando, inicialmente, as rodovias pavimentadas (MARCON, 1996).

O marco inicial para o SGP/DEINFRA foram os levantamentos de defeitos, Irregularidade e Deflexão executados em 1990, sob o contrato PJ. 016/90, que tinha por objetivo a avaliação subjetiva e objetiva com levantamentos das condições de superfície dos pavimentos, serviços de avaliação estrutural, estudos de alternativas de proteção ou restauração de pavimentos e estudos de avaliação econômica das alternativas. Os serviços foram executados sobre toda a malha catarinense conservada pelo então DER/SC e obedeceram, na divisão física desta malha a nomenclatura desenvolvida pelo Sistema de Administração de Manutenção (SAM) (DER/SC, 1991).

A elaboração da tese de Doutorado “Contribuição ao Desenvolvimento de Um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina” (MARCON, 1996) também contribuiu com o processo de consolidação do sistema, tendo como objetivo contribuir para o aprimoramento do SGP que se iniciou em 1990 e também através do entendimento da evolução dos defeitos dos pavimentos catarinenses bem como sua degradação estrutural ao longo do tempo.

Com a implantação do SGP do DEINFRA/SC em 1990, iniciou-se o ciclo de auscultações desses parâmetros na malha rodoviária Estadual. Até os dias de hoje estes levantamentos vem enfrentando dificuldades de se cumprirem com as frequências desejáveis, principalmente devido ao custo. A Tabela 1.1 fornece as frequências para a auscultação sistemática da malha rodoviária do Estado de Santa Catarina.

**TABELA 1.1** - Frequência de Auscultação da Rede Estadual (Frequência Desejada, 1990)

Ano	Deflexão	Defeitos	Irregularidade
n	•	•	•
n + 2		•	
n + 4	•	•	•
n + 6		•	
n + 8	•	•	•

Fonte: Manual de Procedimentos do Sistema de Gerência de Pavimentos do (DER/SC, 1997a)

Considerando as restrições de recursos em que, não só o DEINFRA/SC, mas todo o poder público em geral sofre no Brasil, a auscultação da malha rodoviária do estado de Santa Catarina, ao contrário do que foi programado pelo Manual de Procedimentos do Sistema de Gerência de Pavimentos, fez com que os levantamentos até o ano de 2001 apresentassem a frequência mostrada no Tabela 1.2.

**TABELA 1.2** - Frequência Atual de Auscultação da Rede Estadual.

Ano		Deflexão	Defeitos	Irregularidade
n	1990	•	•	•
n + 2	1992			
n + 4	1994			
n + 5	1995	•	•	•
n + 6	1996			
n + 7	1997		•	•
n + 8	1998			
n + 11	2001	•	•	•

Mas, de nada adiantam os levantamentos periódicos do Sistema de Gerência de Pavimentos, se estes dados não forem utilizados de forma científica e racional. Dentre as várias necessidades de um sistema formal de gerência de pavimentos, e como justificativa central para o presente trabalho, é imprescindível que se obtenham e se utilizem modelos

de previsão de desempenho próprios, obtidos a partir de parâmetros auscultados local e periodicamente.

Entretanto, se a opção for pela utilização de modelos de desempenho oriundos de outras regiões, deve-se ter muito cuidado e sempre proceder a devida calibração para cada situação ou região em que estão sendo utilizados. O comportamento destes modelos pode se mostrar extremamente satisfatório para determinados pavimentos, climas ou condições de tráfego mas, no entanto, pode ocasionar sérios equívocos em situações diferentes daquela para as quais o modelo foi desenvolvido.

Corroborando com o que foi dito nos parágrafos anteriores, cita-se ainda o programa HDM-4 (Highway Development & Management) que, dentre seus cinco manuais, dedica um volume exclusivamente para a calibração e adaptação dos modelos internamente utilizados pelo programa para situações locais. No volume 5, intitulado “Guia Para Calibração e Adaptação”, é explícita a preocupação com a necessidade da calibração de qualquer modelo de previsão de desempenho que seja utilizado fora da região em que foi desenvolvido.

## **1.2 - Objetivos**

### **1.2.1 – Objetivos Gerais**

O objetivo geral previsto para o presente trabalho é organizar os dados contidos no SGP/DEINFRA/SC e obter linhas de tendência a partir dos dados da série histórica disponível.

### **1.2.2 - Objetivos Específicos**

O primeiro objetivo específico deste trabalho é analisar o comportamento dos pavimentos antes e depois das intervenções de reabilitação através da obtenção de linhas de tendência para a evolução da Deflexão, Irregularidade e Trincamento na Região Geológica de Rochas de Embasamento em Santa Catarina – denominada de Região Geológica 1.

O segundo objetivo específico deste trabalho é a comparação das linhas de tendência obtidas nesta pesquisa com aquelas obtidas a partir de modelos de desempenho existentes na literatura e a obtenção de fatores de calibração.

### **1.3 - Organização do Trabalho**

Este trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Introdução e Objetivos

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica;

Capítulo 3 - Metodologia da Pesquisa;

Capítulo 4 - Síntese Geral da Condição dos Pavimentos na Região em Estudo

Capítulo 5 - Análise do Comportamento dos Pavimentos;

Capítulo 6 - Comparação das Linhas de Tendência com Modelos de Desempenho da Literatura; e

Capítulo 7 - Conclusões e Recomendações para Futuras Pesquisas

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Sistema de Gerência de Pavimentos

#### 2.1.1 – Definição e Importância

Em países extremamente dependentes do transporte rodoviário, como no caso do Brasil, o estado do pavimento das rodovias tem influencia significativa no custo de vida da sociedade como um todo, posto que estradas em condições precárias aumentam o custo operacional dos veículos assim como o tempo de viagem, o que gera reflexo imediato no valor do frete que, por sua vez, terá influencia no valor final dos produtos transportados e, conseqüentemente, no poder de compra da população em geral (CAMPOS, 2004).

Como forma de preservar os investimentos em infra-estrutura viária, minimizando seus custos, tanto para a sociedade, quanto para o órgão gestor, é que surge a gerência de pavimentos (CAMPOS, 2004).

Compilando-se o material AASHTO (1993), CHEN et al. (1993), (DNER (1993), QUEIROZ et al. (1992), HAAS et al. (1994), MARCON (1996); MAJIDZADEH et al. (1990) e ULLIDTZ (1987), nota-se que o conceito de SGP se diferencia pouco entre os autores. Pode-se então dizer que SGP é um conjunto de ferramentas ou métodos que auxiliam os tomadores de decisão a racionalizar decisões administrativas, com eficiência e eficácia, na procura da estratégia ótima, baseada em procedimentos racionais claramente estabelecidos que envolvem um tratamento coordenado de todas as atividades, incluindo planejamento e programação de investimentos, dimensionamento, construção, manutenção, avaliação periódica, pesquisa e treinamento em engenharia de pavimentos, visando a conservação do pavimento numa condição adequada de uso por um determinado período de tempo.

Segundo CARDOSO (1998), *"o conceito de SGP teve sua origem no final da década de 60 e no início dos anos 70. Desde então, sucessivas melhorias foram introduzidas nos SGP's"*. CARDOSO (1998) destaca, ainda, que modernamente os SGP podem ser considerados como parte integrante de um sistema mais amplo como o Sistema de Gerência de Infra-Estrutura ou de Rodovias, totalmente vinculados a um GIS (Geographic Information System). Com isto, pode-se trazer à tela de um computador, não

só qualquer elemento da estrada, como saber, exatamente, onde o mesmo se localiza, obtendo-se em segundos, todo seu histórico, condições atuais e as previsões para o futuro.

VILLELA (1999) destaca também que o enfoque sistêmico na gerência de pavimentos, de acordo com CARDOSO (1998), é *"indispensável para que o estado presente e a estimativa da evolução futura das condições dos pavimentos possam ser considerados no desencadeamento de procedimentos, para avaliação das opções de reparos, recapeamentos ou reabilitações, levando-se em conta, tanto as restrições orçamentárias e econômicas, como as necessidades da sociedade"*.

Depois de tentar definir o que é um SGP, pode-se sinteticamente concluir que uma das mais importantes funções de um Sistema de Gerência de Pavimentos é comunicar à administração superior o atual estado dos pavimentos, as atividades de manutenção e restauração necessárias e as conseqüências que diferentes níveis orçamentários podem causar na condição futura da rede. Desta forma, um SGP é projetado como uma ferramenta de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas, coordenando as atividades necessárias para planejar, projetar, construir e manter os pavimentos, de forma que o público usuário seja servido de maneira segura, eficiente e econômica. Um SGP não fornece as decisões prontas e finalizadas, mas uma base de conhecimento das possíveis conseqüências dos métodos alternativos relacionados à preservação de uma rede de pavimentos (AASHTO, 1990; SHAHIN et al, 1998; BREGA et al, 1998, *apud* BASÍLIO, 2002).

As atividades da gerência de pavimentos são caracterizadas em dois níveis:

- nível de rede - as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira de rodovias; e
- nível de projeto - são tomadas decisões técnicas de gerência enfocando projetos específicos ou trechos de pavimentos.

### **2.1.1.1 - Em Nível de Rede**

Em um SGP atuando em nível de rede, são priorizadas decisões administrativas que afetam uma determinada malha de estradas, ou seja, *"as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para uma rede inteira de rodovias"* (MARCON, 1996). CARDOSO (1998) destaca que o SGP atuando em rede *"permite que as necessidades de manutenção e reabilitação dos pavimentos sejam ordenadas, hierarquizadas e priorizadas, de acordo com critérios técnico-econômicos e políticos"* e diz respeito, portanto, a administradores, legisladores e políticos, além do corpo técnico de engenharia da instituição (*apud* VILLELA, 1999).

Segundo MARCON (1996), a organização de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede não é padronizada. Os componentes variam de acordo com uma série de fatores, entre os quais estão as características da malha viária, os equipamentos e recursos financeiros disponíveis e o conhecimento tecnológico da equipe responsável.

Alguns elementos são básicos, e fazem parte da maioria dos SGPs (MARCON, 1996):

- Coleta e Depuração de Dados;
- Base e Banco de Dados;
- Modelos de Previsão;
- Critérios de Decisão;
- Geração de Alternativas;
- Otimização e Análise de Conseqüências;
- Saídas;
- Retroalimentação; e
- Pesquisa e Treinamento.

### **2.1.1.2 - Em Nível de Projeto**

Os componentes básicos em nível de projeto são semelhantes aos descritos para nível de rede. As principais diferenças são (MARCON, 1996):

- a) a coleta dos dados é mais intensa, permitindo uma análise mais detalhada do pavimento avaliado; e
- b) a intervenção a ser executada deve ser mais adequada ao pavimento do trecho em questão e terá como restrição os recursos financeiros alocados na fase de análise em nível de rede.

Um sistema em nível de projeto não sobrevive sem o sistema em nível de rede e vice-versa, ou seja, deve haver uma coordenação de atividades de modo que haja uma comparação de investimentos alternativos em um único trecho de rodovia e entre vários trechos (AASHTO, 1993; CARDOSO, 1998; SOUZA E FORATO, 1992).

### **2.1.2 - Componentes de Um Sistema de Gerência de Pavimentos**

Genericamente a AASHTO (1993) considera que há três módulos principais em um SGP: a base de dados, o método de análise e a reavaliação do processo. HUDSON et al. (1979) também chegaram a conclusões similares com relação aos componentes ou subsistemas básicos de um SGP: informação, análise e implantação.

Para o Brasil, segundo QUEIROZ et al. (1992), os seguintes subsistemas foram considerados como importantes (*apud* VILLELA, 1999):

- Subsistema de Informação

Inclui dados sobre a extensão da rodovia, tipo de pavimento, irregularidade, defeitos, adequação estrutural, tráfego e custos. Um procedimento simples e realista para a coleta periódica de dados sobre a rede rodoviária está baseado em uma técnica de amostragem, escolhido como o mais adequado às necessidades e capacidades do órgão rodoviário.

- Subsistema de Estratégia de Manutenção

Deve estar apto para simular as condições do ciclo de vida e dos custos totais para alternativas de manutenção (e eventualmente, projeto) de múltiplas rodovias que compõem a rede. Este subsistema deve também auxiliar na determinação das necessidades atuais e futuras (i.e., aqueles segmentos na rede que alcançaram ou devem alcançar seu nível de intervenção imediata ou limite aceitável), dependendo do critério especificado.



- Subsistema de Otimização

Descreve a tomada de decisão a ser adotada sempre que as necessidades excedem os recursos disponíveis (situação comum em países em desenvolvimento).

- Subsistema de Descrição

Deve estar apto a fornecer informação sobre o estado atual da rede pavimentada, programas prioritários de reabilitação, reconstrução e manutenção e efeitos de diferentes índices orçamentados sobre estes programas e sobre o estado da rede.

Analisa alternativas de programas financeiros, tornando possível identificar o programa que trará maior benefício dentro do período de análise considerado, além de permitir a seleção de alternativas de custo-benefício tanto para reconstrução e restauração quanto para conservação.

Estas características se tornam importantes quando se consideram as crises econômicas e sociais mundiais, que têm provocado uma redução considerável nos investimentos nas áreas de infra-estrutura.

### **2.1.3 Sistema de Gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC**

#### **2.1.3.1 Histórico**

O sistema de pavimentos do DEINFRA/SC teve seu marco inicial em 1990, a partir da Avaliação Subjetiva e Objetiva com Levantamentos das Condições de Superfícies de Pavimentos, Serviços de Avaliação Estrutural de Pavimentos, Estudos de Alternativas de Proteção ou Restauração de Pavimentos e Estudos de Avaliação Econômica das Alternativas, sob contrato PJ 016/90.

Os estudos e o conjunto de atividades para a concepção e a implantação do atual Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) do DEINFRA/SC foram iniciados efetivamente em setembro de 1994, possibilitando ao corpo técnico órgão tomar decisões com base em estratégias devidamente avaliadas e otimizadas, e em intervenções na malha rodoviária adequadamente priorizadas (MAGALHÃES, 2001).

### 2.1.3.2 – Descrição do Sistema

O Sistema de Gerência de pavimentos do DEINFRA/SC foi concebido pra funcionar com base em 4 subsistemas fundamentais, sendo a análise feita em nível de rede, otimizando as estratégias e programando as obras, e em nível de trecho, com a solução técnica do projeto, que são:

- subsistema de informação;
- subsistema de avaliação das estratégias;
- subsistema de programação; e
- subsistema de acompanhamento.

#### a) Subsistema de Informação

É constituído por um banco de dados denominado VISAGE, desenvolvido na França, especialmente para funcionar com dados rodoviários. Ele engloba todos os dados necessários para caracterizar a malha rodoviária e, conseqüentemente, para servir de base à operação do SGP.

#### b) Subsistema de Definição e Avaliação das Estratégias

Em função das políticas de conservação do DEINFRA/SC, são definidas as várias estratégias compostas por uma ou diversas intervenções para aplicação, com determinada frequência, às diferentes categorias e classes de tráfego em que se dividiu a rede rodoviária.

A otimização de Estratégias, a serem aplicadas ao conjunto de segmentos homogêneos das rodovias, é feita pelo modelo HDM III (Highway Design and Maintenance Standarts Model - Versão III).

A otimização das estratégias é realizada por meio do programa EBM (Expenditure Budgeting Model), que utiliza os dados processados pelo programa HDM-III.

#### c) Subsistema de Programação

O Subsistema de Programação (PROG) é baseado nos dados que caracterizam os segmentos unitários armazenados no banco de dados VISAGE e nos resultados da avaliação das estratégias aplicadas aos subtrechos homogêneos em que a malha rodoviária foi dividida. O principio de funcionamento do subsistema proposto para a

programação consiste em uma análise de parâmetros com base em indicadores elementares, considerando para cada um:

- um índice de alerta: que indica que a rodovia deve ser colocada sob controle e deve ser objeto de uma programação a curto prazo; e
- um índice de intervenção: que significa a necessidade de se proceder imediatamente à execução de trabalhos de manutenção leve ou pesada, conforme o tipo de intervenção a adotar.

#### d) Subsistema de Acompanhamento

Em suma, o Subsistema de Acompanhamento (ACOMP) qualifica o estado da rede, acompanha sua evolução, mede o efeito dos recursos aplicados além de ser uma ferramenta eficaz para o tomador de decisão. Assim, este subsistema permite:

- medir o impacto da estratégia de manutenção em relação ao serviço oferecido ao usuário e em relação ao aspecto patrimonial, permitindo deste modo a valorização das simulações;
- perceber os efeitos de eventuais alterações orçamentárias; e
- fornecer elementos de negociação para justificar os orçamentos solicitados.

O subsistema funciona a partir de uma série de 3 índices:

- Índice de qualidade para o usuário (IQU): é função da irregularidade, da aderência pneu-pavimento e dos defeitos de superfície; e
- Índice de qualidade do patrimônio (IQP): é função do trincamento, da deflexão e da irregularidade.

Com base nos índices IQU e IQP é determinado o Índice de Qualidade Global (IQG).

#### **2.1.4 Coleta de Dados**

A coleta de dados é uma atividade fundamental em um sistema de gerência de pavimentos, pois representa o conjunto de informações disponíveis a respeito da malha (AASHTO, 1990).

Além de ser uma atividade prolongada, por se repetir periodicamente, é também dispendiosa, por isso é aconselhável que, os dados a serem levantados a cada auscultação

seja o estritamente necessário. Os dados já existentes, muitas vezes até alheios ao SGP, devem ser analisados para que se possa avaliar sua importância dentro do sistema, além dos equipamentos de propriedade do órgão ou disponíveis no mercado (BASÍLIO, 2002). Tanto em nível de rede como em nível de projeto, as classes de dados necessários para alimentar o banco de dados do sistema são basicamente as seguintes (HAAS et al, 1994; SHAHIN, 1994 e FERNANDES, 1996b):

- Inventário: contém informações pertinentes a cada pavimento, englobando características de caráter quase permanente, como: nome da rodovia, tipo de pavimento, espessuras e materiais constituintes das camadas, dados históricos referentes à construção, manutenção e restauração, posição no sistema de referenciamento, caso exista e informações referentes ao meio ambiente (temperatura, pluviometria, etc);
- Condições do pavimento: esta classe de dados refere-se às informações coletadas em cada pavimento sob o ponto de vista estrutural e funcional. A partir destes dados, pode-se tecer um diagnóstico do estado do trecho analisado ou de toda a rede e desenvolver linhas de tendência de desempenho dos pavimentos. Os principais dados desta classe são os seguintes: irregularidade longitudinal, degradação física, segurança e capacidade estrutural;
- Tráfego: esta classe de dados se refere à contagem volumétrica e classificatória de veículos e pesagem de veículos de carga. Com estes dados, torna-se possível o conhecimento do tráfego usuário da rodovia, o volume médio diário (VMD), tráfego passado e taxa de crescimento da frota; e
- Custos: relativos aos custos de construção, manutenção, reabilitação e custo de operação dos veículos.

### **2.1.5 Base de Dados**

BOUZIGUES et al. (1985) afirmam: *“um sistema de gerência de pavimentos apóia-se essencialmente em uma base de dados rodoviários que, por sua vez, condiciona largamente o desenvolvimento e o progresso posteriores”*.

Quando a base de dados é concebida em uma base digital (em computador) e gerenciada por um sistema (conjunto de programas), esta é denominada de banco de dados (DNER/DYNATEST, 1993; OECD, 1987).

MARCON (1996) ressalta que, em engenharia rodoviária, a base de dados representa um componente imprescindível. Caracteriza-se como um conjunto de elementos e informações relativos à malha viária de um órgão federal, estadual ou municipal, ou ainda de uma empresa privada que detém a concessão de um determinado trecho ou de um grupo de trechos de rodovia.

Com o uso do microcomputador e com a criação de programas com interfaces “amigáveis”, a facilidade de acesso aos dados foi extremamente facilitada, inclusive para quem não tem conhecimentos aprofundados de informática.

### **2.1.6 Tipos de Dados**

Os dados coletados em um SGP nem sempre são únicos em todos os sistemas. A escolha dos dados mais importantes para um SGP depende dos objetivos para o qual este foi proposto. Deve-se considerar fatores como recursos disponíveis para levantamentos, capacidade de análise em nível de rede e projeto, acurácia, frequência de uso, confiabilidade e periodicidade. (RTAC, 17; GRIVAS et al., 1991b; OECD, 1987; SETRA, 1995, *apud* MARCON, 1996).

Segundo HAAS et al. (1989), as principais classes de dados de pavimentos são as seguintes:

- a) desempenho: irregularidade, defeitos de superfície, atrito, defletometria e propriedades dos materiais das camadas;
- b) história: construção, manutenção, tráfego e de acidentes;
- c) custos: construção, manutenção, reabilitação e dos usuários;
- d) política: orçamento e alternativas disponíveis;
- e) geometria: dimensões da seção, curvas, inclinações transversal e longitudinal, degraus acostamentos/meios fio;
- f) meio ambiente: drenagem e clima.

É de suma importância, e de preferência que seja obrigatória, a identificação espacial e temporal dos dados coletados. A localização espacial das informações pode ser obtida pelo uso de um sistema de referenciamento único. A identificação temporal não é menos importante e exige o registro da data de coleta e de entrada no banco de dados (HAAS et al., 1994; RTAC, 17; OECD, 1987).

É preciso entender que, a medida em que novas campanhas são executadas, muitos dados devem ser substituídos ou na maioria das vezes atualizados. Existem também os resultados gerados por estudos ou pesquisas específicos com base nos dados coletados. Por isso, há uma necessidade efetiva de se preocupar com o item documentação, definindo critérios de arquivamento realmente confiáveis (MARCON, 1996).

### **2.1.7 Bases de Dados Existentes**

As bases de dados são concebidas de modos diferentes pelos órgãos ou empresas, mas existem muitos pontos em comum.

A seguir são apresentados alguns exemplos de base de dados, que evidenciam as semelhanças e diferenças das mesmas. São mostrados, também, alguns exemplos de sistemas que funcionam como banco de dados (MARCON, 1996):

- Pesquisa ICR

Na Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR), a base de dados não foi concebida para gerência de pavimentos, mas foi aproveitada para elaboração de modelos de desempenho.

- Departamento de Transportes do Arizona (“Arizona Department of Transportation” - ADOT)

Segundo ZANIEWSKI et al. (1990), o Departamento de Transportes do Arizona (ADOT) foi um dos primeiros departamentos de transportes a desenvolver um SGP formal.

Conforme descrito em HAAS et al. (1994), o Sistema de Gerência de Pavimentos começou em 1969, após a compra de um equipamento Dynaflect. A base de dados está instalada em computador de grande porte que serve para armazenamento de dados e em microcomputador para operações diárias do grupo de gerência de pavimentos. O SGP do ADOT armazena dados históricos do desempenho de pavimentos desde 12.

- Sistema de Informação ARGUS

Este sistema é descrito em CAROFF et al. (1993). Trata-se de uma base de dados informatizada que funciona em ambiente “Windows”, facilitando a comunicação. Entre os dados que podem ser armazenados.

O sistema ARGUS possui um conjunto de programas capazes de gerar uma série de relatórios (saídas) a partir dos dados armazenados, entre os quais destacam-se:

- respostas a perguntas multicriteriais;
  - valores estatísticos; e
  - esquemas itinerários (desenhos) mostrando dados de estrutura, tráfego, geometria, auscultação, etc.
- Base de Dados Apresentada pela OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)

Segundo OECD (1987), alguns itens que podem estar contidos numa base de dados para um sistema de gerência de pavimentos são:

- a) identificação da rodovia e do distrito;
- b) geometria: largura das faixas de rolamento e dos acostamentos;
- c) construção: materiais, módulos de Young, idade e espessura das camadas;
- d) condição do pavimento: média e desvio padrão da capacidade de suporte, irregularidade, resistência ao atrito, profundidade da trilha e os dados dos levantamentos de superfície;
- e) alterações planejadas como: alargamento de pista, construção de ciclovias, etc.;
- f) custos de serviços de construção, conservação e restauração.

- Banco de Dados da Coréia do Sul

Os autores AUTRET et al. (1991) apresentam a utilização do sistema MÉDOR (“Moyen d’Étude et D’ORganization de l’entretien routier”) aplicada à rede rodoviária da Coréia do Sul. O sistema foi concebido pelo “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées”, da

França. O sistema possui um banco de dados que é operado por vários programas internos e ainda pode ser ligado com outros programas ou sistemas externos.

Os principais dados utilizados na avaliação da rede sul coreana foram: identificação dos trechos, geometria, construção (estrutura), história, conservação e restauração, deflexões, irregularidade, defeitos, clima, tráfego e custos. Informações mais específicas e aplicações do sistema MÉDOR podem ser conseguidas em BRILLET E DUCROS (1994) e MESNARD (1994).

- Sistema VISAGE

O sistema VISAGE, segundo SETRA (1995) (*Service d'Etudes Techniques de Routes et Autoroutes*) e LEMAIRE E NISSOUX (1994), é um gerenciador de informações rodoviárias referenciadas em abcissas curvilíneas através de pontos de referência.

O sistema é composto de uma base de dados informatizada, cujo acesso é possível através de digitação direta ou de arquivos de ensaio de laboratório ou de campo.

Os dados podem ser constituídos pelos seguintes tipos:

- características geométricas principais da rodovia;
- as características estruturais dos pavimentos;
- os resultados dos testes feitos nos pavimentos;
- dados relativos a ocorrências de acidentes, níveis de tráfego, etc.; e
- localização de pontos importantes como: cidades, vilas, sinalização, cruzamentos, etc.

O sistema VISAGE oferece quatro tipos de saídas:

- Saída 1: edição de mapas rodoviários através do programa SACARTO, interligado ao VISAGE;
- Saída 2: edição de esquemas itinerários, nos quais a rodovia é representada por uma faixa sobre a qual são desenhados os símbolos representando as condições ou características que se quer analisar. A edição de esquemas itinerários é conseguida através do programa SILLAGE, interligado ao VISAGE;
- Saída 3: produção de valores e gráficos estatísticos de determinados trechos ou de uma rede;



- Saída 4: permite efetuar interrogações, isto é, seleção de dados com base em requisitos como trechos com condições boas de tráfego.
- Base de Dados do DNER (Atual DNIT)

No início de 1990, o DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) possuía um conjunto de arquivos com dados obtidos de levantamentos executados em 1987, 1988 e 1989, que eram utilizados como entrada de programas para avaliação de pavimentos, visando o planejamento da manutenção das rodovias federais. As informações armazenadas se referiam à história, estrutura, geometria, deflexões, profundidade de trilha de roda e tráfego. Nesta mesma época, o DNER contratou a concepção, desenvolvimento e implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a rede de rodovias federais. A base de dados criada para o sistema está descrita em DNER/DYNATEST, 1993 (*apud* MARCON, 1996).

Os dados principais armazenados foram: dados cadastrais (largura da pista, acostamento, etc.), deflexões, estruturas dos pavimentos, irregularidade, identificação dos trechos, estado da superfície e tráfego. As saídas do sistema eram em forma de relatórios, gráficos e mapas digitalizados que apresentavam características ou condições da rede. O sistema contava ainda com glossário das variáveis utilizadas e um programa para depuração de dados.

- Base de dados LTPP-FHWA

O programa LTPP (*Long-Term Pavement Performance*) do FHWA (*Federal Highway Administration*) visa suprir a necessidade de informações sobre o comportamento dos pavimentos rodoviários (flexíveis e rígidos) por meio da monitorização de seções de pavimentos em serviço, por um período de 20 anos. A pesquisa LTPP-FHWA foi concebida como um programa abrangente destinado a fornecer todas as informações possíveis no que diz respeito a pavimentos, com base na obtenção de dados de alta qualidade (PEDROSA, 2002, *apud* NASCIMENTO, 2005).

Tem como objetivos principais: determinar modelos de previsão de desempenho para utilização nos projetos e na gerência de pavimentos; analisar os efeitos específicos sobre os pavimentos das ações do tráfego, do meio ambiente, dos tipos de materiais de construção, da qualidade da construção e das práticas de manutenção; desenvolver novas

técnicas de projeto, construção e reabilitação de pavimentos; estabelecer uma base de dados de longo prazo, para atender aos objetivos da pesquisa SHRP e as necessidades futuras (ELKINS et al., 2003, *apud* NASCIMENTO, 2005).

Envolve também a coleta intensiva e completa de dados necessários para explicar o desempenho dos pavimentos. Esses dados são armazenados dentro do banco de dados da pesquisa nos seguintes módulos:

- Clima (CLM): contém os dados estatísticos relativos às condições climáticas do local onde se encontra a seção de teste, sendo que para cada seção de teste existe uma estação climática virtual. Os dados desta estação climática virtual são estimados a partir dos dados das cinco estações climáticas mais próximas de cada seção de teste LTPP;
- Inventário (INV): contém informações que incluem a localização da seção de teste, o tipo de pavimento, as espessuras e os tipos de camadas, as propriedades dos materiais, entre outras. Os dados do inventário são de natureza histórica e existem para todas as seções de teste GPS, sendo a maioria das informações baseadas em dados obtidos junto às agências rodoviárias;
- Manutenção (MNT): contém informações sobre os tipos de manutenções realizadas pelas agências rodoviárias nas seções de teste. As atividades de manutenção incluem tratamento superficial, selagem de trincas, selagem de juntas e remendos, executadas nas seções de teste em serviço;
- Monitorização (MON): é o maior banco de dados do LTPP-FHWA e contém os dados da monitorização do desempenho dos pavimentos tais como deflexão, defeitos, irregularidade longitudinal e transversal;
- Reabilitação (RHB): contém informações sobre os tipos de reabilitações realizadas pelas agências rodoviárias nas seções de teste. As atividades de reabilitação incluem recapeamento, reconstrução e adição de novas camadas, executadas nas seções de teste em serviço;
- Tráfego (TRF): apresenta dados do histórico de volume de tráfego e carregamento nas seções antes da monitorização e também estimativas baseadas nas medições do tráfego atuante nas seções de teste realizadas durante a pesquisa LTPP;

- Ensaio (TST): contém dados das amostras coletadas no campo e resultados de ensaios de laboratório, realizados nas amostras das seções de teste. Os ensaios de campo e laboratório são realizados para verificar e documentar a estrutura do pavimento nas seções de teste, além de estabelecer as propriedades e características dos materiais. Os dados da pesquisa LTPP estão armazenados no Sistema de Gerenciamento de Informações Nacionais (NIMS - *National Information Management System*) dos Estados Unidos.

## 2.2 MODELOS DE DESEMPENHO

### 2.2.1 Considerações Iniciais

Desempenho de um pavimento é a capacidade deste de atender seus objetivos ao longo do tempo (AASHTO, 1990). Os modelos de desempenho são estabelecidos para prever a velocidade de alteração dos valores dos parâmetros controladores das condições funcional e estrutural dos pavimentos (PATERSON, 1987). Ainda, Segundo HAAS et al. (1994-a), os modelos de desempenho possibilitam a previsão da evolução dos parâmetros de deterioração ou de serventia, ou seja, a capacidade de um pavimento para servir ao tráfego com conforto e segurança, em função do tempo ou das solicitações do tráfego.

Modelos de previsão são de grande utilidade em SGP. Tanto em nível de rede como projeto, os modelos podem auxiliar na seleção e otimização das estratégias de manutenção, planejamento orçamentário, prioridades de projetos, agendamento de levantamentos de forma a maximizar os benefícios para os usuários.

Para maximizar os efeitos da gerência de pavimentos, o uso de modelos de previsão de desempenho confiáveis é muito importante. *"A seleção de estratégias ótimas de manutenção depende da viabilidade de uso de modelos que reflitam as condições locais"* (NUÑEZ e SHAHIN, 1986).

Para o uso eficiente dos recursos de conservação é necessário calcular as condições ou o nível de serventia futuros dos diferentes trechos do pavimento em determinada rede rodoviária. Esta estimativa só é possível se o planejador ou o engenheiro de pavimentação tiver à disposição modelos de previsão de desempenho realistas. Além

disso, estes modelos são instrumentos tecnológicos essenciais para a análise de estratégias alternativas de projetos de pavimentos (QUEIROZ, 1984).

### 2.2.2 Tipos Básicos de Modelos de Previsão

Uma classificação básica para os modelos de previsão foi sugerida por MAHONEY (1990), baseada no trabalho preliminar de LYTTON (1987) apud HAAS et al (1994). Esta classificação leva em consideração os níveis de rede e de projeto de um SGP, e também dois tipos ou classes básicas de modelos: determinísticos e probabilísticos. Os modelos determinísticos são mais eficientes na previsão da resposta primária (deflexão, tensão, deformação), do comportamento estrutural (danos, pavimento e condição), do comportamento funcional (PSI, segurança) e de avaria do pavimento. Já os modelos probabilísticos são mais eficientes na previsão da transição e da curva de sobrevivência. A tabela 2.1 mostra a classificação dos modelos de previsão propostos por MAHONEY (1990) apud HAAS, et al (1994).

**TABELA 2.1** - Classificação dos Modelos de Previsão (MAHONEY, 1990 apud HAAS et al. 1994)

Níveis do Gerenciamento de Pavimentos	Tipos de Modelos						
	Determinísticos				Probabilísticos		
	Resposta Primária: Deflexão, Tensão, Deformação, etc	Estrutural: Danos, Pavimento, Condição	Funcional: PSI, Segurança, etc	Avaria: Carga Equivalente	Curvas de Sobrevivência	Modelos do Processo de Transição	
						Markov	Semi-Markov
<b>Redes Nacionais</b>				X	X	X	X
<b>Redes Estaduais</b>		X	X	X	X	X	X
<b>Redes Municipais</b>		X	X	X	X	X	X
<b>Projeto</b>	X	X	X	X			

Uma forma conveniente de agregação dessas duas classes está condicionada dentro de 4 tipos básicos de modelos de previsão, para propósitos operacionais, seria assim:

- a) Puramente mecânicos: baseados em alguns parâmetros de respostas primárias (comportamento) tal como tensão, deformação ou deflexão;
- b) Mecânico-Empíricos: onde um dos parâmetros de resposta inserido diz respeito à deterioração funcional ou estrutural medida tal como defeito ou irregularidade, através de equações de regressão;

- c) Regressão: onde a variável dependente da deterioração funcional ou estrutural medida ou observada é relacionada com uma ou mais variáveis independentes como resistência do subleito, aplicações de carga do eixo padrão, propriedades e espessuras das camadas do pavimento, fatores ambientais e suas interações; e
- d) Subjetivo: onde a experiência é lavada em consideração através de um caminho formalizado ou estruturado, usando modelos de processos transitórios.

O primeiro tipo, puramente mecânico, não tem sido correntemente desenvolvido, pois os engenheiros não usam parâmetros de respostas fundamentalmente primários como último recurso de decisão. Eles somente serão úteis se puderem ser desenvolvidos para prever os defeitos do pavimento ou propriedades que possam ser usadas em outros modelos tal como para projetos de espessura da camada de revestimento.

Conseqüentemente, o tipo mecânico-empírico, de aproximação da modelagem de deterioração, tem sido muito desenvolvida pelos pesquisadores em todo mundo.

### **2.2.3 Conceito da Divisão dos Pavimentos em Famílias Para Obtenção de Modelos de Desempenho**

Uma pesquisa conduzida pelo U.S Army Construction Engineering Research Laboratory resultou no desenvolvimento do que é conhecido como Método Família (NUÑEZ e SHAHIN, 1986). Este método foi projetado para uso no sistema de gerência Micro PAVER para relacionar o índice PCI (Pavement Condition Index) com o tempo, aplicável quando se dispõe de pelo menos uma avaliação de cada um dos trechos.

Esta metodologia consiste em coletar e agrupar informações relevantes dos trechos de rodovia, organizando-os em famílias, sendo que cada família de pavimentos é definida como um grupo de trechos com características semelhantes, baseadas no tipo, uso, classificação funcional e grau de deterioração. Os fatores utilizados para classificar uma família de pavimentos dependem do usuário do sistema e das informações disponíveis. Em seguida, para cada família definida, um arquivo de dados é criado, contendo todas as características relevantes dos trechos que a compõem. Esta metodologia baseia-se no fato de que trechos com estruturas semelhantes, porém com diferentes idades, tráfego e índices de condição, representam a deterioração da condição de um trecho de determinada família ao longo do tempo (SHAHIN et al, 1987; BOLIVAR e

ACHÚTEGUI, 1998). Deste modo, pode-se ter uma idéia do desempenho geral ou tendência ao longo do tempo, que se pode esperar para todos os trechos da família. (SHAHIN, 1994).

Ressalta-se ainda que a obtenção de modelos de previsão de desempenho apresentam normalmente erros nas estimativas de tempo para execução de eventuais serviços de manutenção ou reabilitação. Estes erros costumam ser menores quando o pavimento se aproxima da vida final e maiores quando estão no início da vida útil. Desta forma, os modelos de desempenho obtidos principalmente através do cenceito de famílias devem ser periodicamente atualizados, e as previsões devem restringir-se a períodos em que se tenha um razoável grau de confiabilidade. A impossibilidade de incluir todas as variáveis significativas, como drenagem, qualidade de construção e condições climáticas, colabora, também, para a ocorrência de erros e incertezas nos modelos (WATANATADA et al, 1987, BOLIVAR e ACHÚTEGUI, 1998).

## **2.2.4 - Exemplos de Modelos de Previsão de Desempenho Existentes**

### **2.2.4.1 – Modelos Obtidos por Regressão**

#### a) QUEIROZ (1981)

Os modelos obtidos por QUEIROZ (1981) utilizaram a base de dados utilizada na Pesquisa ICR (PICR). Os modelos empíricos foram obtidos por regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados e análise de cumeeira. Foram estabelecidos 5 modelos para estimar a irregularidade dos pavimentos em função da idade, do N e das variáveis estruturais (SN), deflexão com viga Benkelman ou com Dynaflect. Um destes modelos e o respectivo coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e erro padrão (EP) é (QUEIROZ, 1981; QUEIROZ, 1982):

$$\begin{aligned}
 \text{QI} = & 12,63 - 5,16 \text{ RH} + 3,31 \text{ ST} + 0,393 \text{ IDADE} + 8,66 (\log\text{NA}/\text{SNC}) \\
 & + 7,17 \times 10^{-5} (\text{D}_{\text{VB}} \times \log\text{NA})^2 \quad (2.1) \\
 \text{R}^2 = & 0,52 \\
 \text{EP} = & 10,22
 \end{aligned}$$

onde:

RH: - variável indicadora do estado da restauração:

RH = 0 - como construído

RH = 1 – recapeado;

IDADE: - idade do pavimento desde a construção ou reabilitação, em anos;

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO;

SNC: - número estrutural corrigido;

QI: - quociente de irregularidade (contagens/km);

ST: - variável indicadora do tipo de revestimento:

ST = 0 - concreto asfáltico

ST = 1 - tratamento superficial duplo; e

DVB: - deflexão máxima medida com viga Benkelman, em 0,01 mm.

Foi também definido um modelo para estimar o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton necessário para o aparecimento da primeira trinca. As variáveis já foram apresentadas anteriormente:

$$\log NA = 1,205 + 5,96 \log SNC \quad (2.2)$$

$$R^2 = 0,52$$

$$EP = 0,44$$

Foram também determinados outros 3 modelos para determinação da evolução do trincamento. Um destes modelos está apresentado a seguir:

$$CR = -18,53 + 0,0456 (D_{VB} \times \log NA) + 0,00501 (D_{VB} \times IDADE \times \log NA) \quad (2.3)$$

$$R^2 = 0,64$$

$$EP = 12,62$$

onde, além das variáveis apresentadas anteriormente, tem-se:

CR: - percentagem de área do pavimento com trincas tipos 2 a 4 e remendos.

É importante ainda, observar que as equações 2.10 e 2.12 são utilizadas no procedimento de projeto DNER-PRO 159/85 conforme DNER (1985a). No procedimento, os tipos de trincamento 2, 3 e 4 foram substituídos pelos tipos 2 e 3, apenas.

b) WATANATADA et al. (1987) e PATERSON (1987)

As equações utilizadas no “Highway Design and Maintenance Standards Model” (HDM III) conforme WATANATADA et al., 1987 foram apresentadas em PATERSON (1987) com pequenas modificações ou adaptações. Dentre os destaques mais significativos, nota-se que as equações obtidas se basearam em dados experimentais coletados no Brasil (GEIPOT, 1981) e as suas determinações em procedimentos estatísticos de regressão aliados, em alguns casos, a conceitos mecanísticos de comportamento de pavimentos.

Além dos modelos de Paterson, 1987, foram utilizados no HDM III modelos suplementares provenientes de outros estudos (WATANATADA et al., 1987). Devido ao grande número de equações incluídas no modelo HDM III, para este trabalho são apresentadas as equações de possível utilização em função das características dos dados disponíveis.

A idade média (anos) de pavimentos de concreto asfáltico para início do trincamento, caracterizado pelo momento em que 0,5% da área do trecho avaliado apresenta o defeito, é dada por:

$$TY_{cr2} = 4,21 \exp (0,139 \text{ SNC} - 17,1 \text{ YE}_4/\text{SNC}^2) \quad (2.4)$$

onde:

$TY_{cr2}$ : - idade média prevista para início do trincamento fino do revestimento, em anos;

SNC: - número estrutural corrigido;

$YE_4$ : - número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO com expoente 4, em milhões/faixa/ano.

$$TE_{cr2} = 0,0362 \times \text{SNC}^{2,65} \times e^{-0,143 \text{ SY}} \quad (2.5)$$

onde:

$TE_{cr2}$ : - número equivalente (médio) previsto de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO para início do trincamento, em milhões;

SY: -  $\text{SNC}^4/(1000 \times \text{YE}_4)$ , desde que SY seja menor ou igual a 8; e

SNC e  $YE_4$ : - como definidos para a equação 2.4.



As equações 2.4 e 2.5 também foram desenvolvidas por PATERSON (1987).

Após o início do trincamento, a velocidade de crescimento depende principalmente da área atingida pelo defeito e do tempo decorrido desde o início do trincamento. O incremento da área de trincamento, no caso de pavimentos de concreto asfáltico, é dado pelo seguinte modelo, baseado no tempo:

$$\text{ATR} = (1-z) \times 50 + z [z \times a \times b \times t_{ci} + z \times 0,5^b + (1 - z) \times 50^b]^{1/b} \quad (2.6)$$

$$R^2 = 0,31$$

onde:

ATR: - trincamento total, em percentagem;

$t_{ci}$ : - tempo desde o início do trincamento, em anos;

z: - variável de controle:

$$z = 1 \quad \text{se } t_{ci} \leq t_{50}$$

$$z = -1 \quad \text{em outros casos;}$$

$t_{50}$ : - tempo em que a área trincada chega a 50%, em anos; e

a e b: - coeficientes estatísticos.

O segundo modelo estima a área trincada através do número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO, suportado pelo pavimento desde o início do trincamento, sendo dada por:

$$\text{ATR} = (1 - z) \times 50 + z [z \times a \times b \times \text{NE}_{ci} + z \times 0,5^b + (1 - z) \times 50^b]^{1/b} \quad (2.7)$$

$$R^2 = 0,43$$

onde:

$\text{NE}_{ci}$ : - número equivalente acumulado de operações do eixo padrão desde o início do trincamento, em milhões.

A progressão da irregularidade provocada pela deterioração para qualquer tipo de revestimento obtida por PATERSON (1987) é representada por uma equação de aplicação complexa para muitos casos, equação esta utilizada no programa HDM III. Esta equação considera separadamente cada componente que pode influir na irregularidade do pavimento e foi obtida através de análise de regressão não-linear dos dados coletados no Brasil durante a PICR.

Existem, entretanto, modelos de previsão mais simples e de aplicação facilitada denominados modelos agregados (PATERSON, 1987). Este modelo de previsão de desempenho foi obtida por PATERSON (1987) através de análise de regressão não-linear dos dados coletados na PICR. Este modelo foi selecionado pelo fato que é bem mais simples de aplicar do que o modelo incremental utilizado no HDM III (WATANATADA et al., 1987) e foi elaborado com dados coletados no Brasil durante a PICR. Desta fonte bibliográfica foi escolhida a seguinte equação que exemplifica os modelos agregados:

$$RI = [RI_0 + 725 (1 + SNC)^{-4,99} \times YE_4] e^{-0,0153 \times IDADE} \quad (2.8)$$

onde:

RI: - índice de irregularidade do pavimento para uma determinada idade, em m/km;

RI<sub>0</sub>: - índice de irregularidade no início da análise, em m/km (IRI);

YE<sub>4</sub>: - número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton calculado pelo método da AASHTO com expoente 4, em milhões por faixa;

IDADE: - idade do pavimento desde a construção ou reabilitação, em anos; e

SNC: - número estrutural corrigido.

O modelo 2.8 apresentou um  $R^2 = 0,75$  e um erro padrão de 0,48 m/km(IRI), tendo sido obtida por regressão não linear de mínimos quadrados. Segundo PATERSON (1987), este tipo de modelo deve ser usado de preferência para soluções específicas, como projeto de pavimento ou avaliação de custos de danos da rodovia e taxas de usuários.

#### c) YSHIBA (2003)

O trabalho de YSHIBA (2003) mostra o desenvolvimento modelos estatísticos para previsão do desempenho de pavimentos, mediante o estabelecimento de modelos de regressão tendo por base dados históricos de avaliações da condição da malha rodoviária do Estado do Paraná de 1995 e 1998. A análise do comportamento dos pavimentos é efetuada utilizando-se uma programação fatorial que, através de análise de variância (ANOVA), permite a determinação do nível de significância de fatores pré-selecionados (variáveis independentes: tráfego, idade e estrutura do pavimento) e de suas interações, bem como a modelagem do desempenho dos pavimentos (variáveis dependentes: irregularidade longitudinal e condição estrutural).

Ressalta-se também que este trabalho mostra a possibilidade o desenvolvimento de modelos de desempenho sem dados históricos de avaliação da condição dos pavimentos ou tendo-se apenas dados coletados por um curto período de tempo.

Os pavimentos considerados na análise se constituem de revestimento em concreto asfáltico com espessuras entre 3 e 10cm, base em brita graduada com espessuras entre 10 e 20cm e subbase granular com espessuras entre 10 e 30cm. A região deste estudo foi a região geológica de derrame basáltico, correspondendo a 42% da área total do Estado do Paraná. Os modelos obtidos são mostrados a seguir:

- Pavimentos Não-Reabilitados - 1995

Irregularidade longitudinal de pavimentos não reabilitados e avaliados em 1995:

$$\text{IRI} = 2,8 + 0,38 P(I) + 0,31 P(N) - 0,16 P(S) + 0,09 P(I) P(N) - 0,08 P(I) P(S) \quad (2.9)$$

$$R^2 = 0,75$$

Deflexão máxima recuperável de pavimentos não reabilitados e avaliados em 1995:

$$\text{DEF} = 56,0 + 8,7 P(I) + 4,25 P(N) - 4,75 P(S) + 1,81 x P(I) x P(S) \quad (2.10)$$

$$R^2 = 0,62$$

sendo:

$$P(I) = \frac{I - 13}{8} \quad P(N) = \frac{N - 5 \times 10^4}{10^5} \quad P(S) = \frac{S - 5,5}{2}$$

onde:

*I*: - idade em Anos;

*N*: - número equivalente anual de operações do eixo padrão de 8,2t; e

*S*: - número estrutural corrigido.

- Pavimentos Não-Reabilitados 1998

Irregularidade longitudinal de pavimentos não reabilitados e avaliados em 1998:

$$\text{IRI} = 2,91 + 0,43 P(I) + 0,24 P(N) - 0,21 P(S) + 0,12 P(I)P(N) \quad (2.11)$$

$$R^2 = 0,69$$

Deflexão máxima recuperável de pavimentos não reabilitados e avaliados em 1998:

$$\text{DEF} = 57,6 + 7,9 P(I) + 5,13 P(N) - 3,54 P(S) \quad (2.12)$$

$$R^2 = 0,60$$

sendo:

$$P(I) = \frac{I - 15}{8} \quad P(N) = \frac{N - 10^5}{1,8 \times 10^5} \quad P(S) = \frac{S - 5,5}{2}$$

- Pavimentos Reabilitados 1995

Irregularidade longitudinal de pavimentos reabilitados e avaliados em 1995

$$\text{IRI} = 2,37 + 0,12 P(I) + 0,22 P(N) - 0,14 P(S) \quad (2.13)$$

$$R^2 = 0,81$$

Deflexão máxima recuperável de pavimentos reabilitados e avaliados em 1995:

$$\text{DEF} = 47,2 + 2,2 P(I) + 3,81 P(N) - 2,7 P(S) + 1,44 P(N) P(S) \quad (2.14)$$

$$R^2 = 0,83$$

sendo:

$$P(I) = \frac{I - 6}{3} \quad P(N) = \frac{N - 1,1 \times 10^5}{1,9 \times 10^5} \quad P(S) = \frac{S - 8}{2}$$

- Pavimentos Reabilitados 1998

Irregularidade longitudinal de pavimentos reabilitados e avaliados em 1998

$$\text{IRI} = 2,5 + 0,10 P(I) + 0,15 P(N) - 0,15 P(S) - 0,03 P(I) P(S) + 0,03 P(N) P(S) \quad (2.15)$$

$$R^2 = 0,80$$

Deflexão máxima recuperável de pavimentos reabilitados e avaliados em 1998:

$$\text{DEF} = 47,38 + 2,25 P(I) + 3,63 P(N) - 2,88 P(S) + 1,63 P(N) P(S) \quad (2.16)$$

sendo:

$$P(I) = \frac{I - 9}{4} \quad P(N) = \frac{N - 1,2 \times 10^5}{2 \times 10^5} \quad P(S) = \frac{S - 7}{2}$$

d) INDIANA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION PROGRAM  
DEVELOPMENT DIVISION AND RESEARCH DIVISION, INDOT (2001)

GULEN et al. (2001) desenvolveram, em conjunto com o professor Jie Shan da Purdue University e o Federal Highway Administration, uma pesquisa intitulada “Desenvolvimento de Modelos de Previsão de Desempenho Melhorados para o Sistema de Gerência de Pavimentos de Indiana (USA)”.

O INDOT é um órgão progressivamente comprometido com o Sistema de Gerência de Pavimentos. Por esta razão, modelos de previsão de desempenho, atualizados com o menor número de variáveis independentes, são importantes para prever a performance de vários tipos de pavimentos, objetivando, então, o planejamento futuro de sua reabilitação ou reconstrução. Ressalta-se, ainda, que em Indiana, os dois tipos principais de pavimentos são o rígido (Placas de Concreto) e o flexível (Pavimentos Betuminosos).

Nesta pesquisa foram utilizados dados de 1999 e 2000 para que se pudesse desenvolver os modelos de regressão. A pesquisa abrangeu vários tipos de pavimentos em sistemas de rodovias Estaduais e Inter-Estaduais.

O International Roughness Index (IRI), em polegadas por milha, foi a principal variável dependente utilizada enquanto que a idade do pavimento e o tráfego médio diário anual foram utilizados como variáveis independentes nos melhores modelos pesquisados.

Os dados dos trechos de rodovias testados, os quais foram aleatoriamente selecionados para o estudo, não produziram, estatisticamente, grandes modelos de previsão de desempenho. Provavelmente a não uniformidade da construção e da capacidade de suporte do subleito foram as principais causas. Entretanto, os principais modelos, ou seja, aqueles que mais se aproximaram ou que ultrapassaram um  $R^2$  de 0,50 passaram a ser utilizados pelo INDOT:

- Pavimentos Flexíveis em Estradas Inter-Estaduais

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 43 + 1,8 * \text{AGE} + 0,0004 * \text{AADT} & (2.17) \\ R^2 &= 0,70 \end{aligned}$$

- Pavimentos Flexíveis com Recapeamento Delgado em Rodovias Inter-Estaduais

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 37 + 10,4 * \text{AGE} + 0,0002 * \text{AADT} & (2.18) \\ R^2 &= 0,34 \end{aligned}$$

- Pavimentos Flexíveis com Recapeamento em Rodovias Estaduais

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 65 + 8,1 * \text{AGE} + 0,0009 * \text{AADT} & (2.19) \\ R^2 &= 0,90 \end{aligned}$$

- Pavimentos Flexíveis em Rodovias Estaduais

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 64 + 4,0 * \text{AGE} + 0,0008 * \text{AADT} & (2.20) \\ R^2 &= 0,30 \end{aligned}$$

onde:

IRI: - Índice de Irregularidade do Pavimento (polegada/milha);

AGE: - Idade do Pavimento (anos); e

AADT: - Tráfego Médio Diário Anual.

e) MARCON (1996)

MARCON (1996) propôs em sua tese de doutorado a avaliação do comportamento da evolução dos defeitos, irregularidade e Deflexão para os pavimentos da malha rodoviária de Santa Catarina. A base de dados utilizada foi proveniente de estudos e pesquisas na área rodoviária desenvolvidos até então em Santa Catarina, bem como o levantamento executado em 1990. Este levantamento teve como objetivo a Avaliação Subjetiva e Objetiva com Levantamentos das Condições de Superfícies de Pavimentos, Serviços de Avaliação Estrutural de Pavimentos, Estudos de Alternativas de Proteção ou Restauração de Pavimentos e Estudos de Avaliação Econômica das Alternativas. Os levantamentos foram executados sobre toda a malha pavimentada catarinense conservada pelo DEINFRA/SC e obedeceram, na divisão física desta malha, a nomenclatura desenvolvida pelo então Sistema de Administração da Manutenção (SAM) do antigo DER/SC.

Os pavimentos da malha rodoviária de Santa Catarina foram divididos em três famílias de acordo com a região geológica, na qual estão situados. As três regiões foram:

- Região 1 - Embasamento - constituída de solos originados principalmente de gnaisses, granulitos e granitos;
- Região 2 - Gonduânicas Sedimentares - cujos solos são formados pela decomposição de rochas sedimentares como argilitos, siltitos e arenitos; e
- Região 3 - Gonduânicas Vulcânicas - onde os solos resultaram da decomposição de basaltos.

Para efeitos de revisão bibliográfica, serão descritos somente os resultados obtidos para a Região 1 que é o enfoque deste trabalho

- Deflexão Máxima Média

Para as deflexões máximas médias, que foram elaborados através do agrupamento dos trechos por região, foram geradas as seguintes equações de regressão, sendo apresentadas aqui as que melhor se ajustaram aos pontos.

$$\text{DEFM} = 60,235 \times \text{IDADE}^{0,2002} \quad (2.21)$$

$$R^2 = 0,14$$

$$\text{DEFM} = 26,0 \times \text{NA}^{0,0954} \quad (2.22)$$

$$R^2 = 0,19$$

onde:

DEFM: - deflexão máxima média, em 0,01 mm;

IDADE: - idade do pavimento desde a construção, em anos; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO.

- Quociente de Irregularidade

$$\text{QI} = 21,891 \times e^{0,0339 \times \text{IDADE}} \quad (2.23)$$

$$R^2 = 0,43$$

$$\text{QI} = 25,798 + 6 \times 10^{-6} \times \text{NA} - 3 \times 10^{-13} \times \text{NA}^2 \quad (2.24)$$

$$R^2 = 0,69$$

onde:

QI: - quociente de irregularidade (contagens/km);

e: - 2,7183;

IDADE: - idade do pavimento desde a construção ou reabilitação, em anos; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO.

- Trincamento Total

$$\text{ATR} = 0,039 \times \text{IDADE}^{3,1215} \quad (2.25)$$

$$R^2 = 0,48$$

$$\text{ATR} = 3 \times 10^{-8} \times \text{NA}^{1,3981} \quad (2.26)$$

$$R^2 = 0,53$$

onde:

ATR: - percentual de área do pavimento com trincamento total;

IDADE: - idade do pavimento, em anos; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO.

f) BASÍLIO (2001)

Este trabalho consistiu na análise do comportamento dos pavimentos da rede rodoviária estadual de Goiás, representados por uma amostra, por meio da observação das linhas de tendências de comportamento e pela retroanálise de bacias de deflexão para obtenção dos módulos elásticos das camadas do pavimento e do subleito. Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos junto ao órgão responsável pela malha rodoviária estadual, a Agência Goiana de Transportes e Obras Públicas (AGETOP) e são provenientes de dois levantamentos realizados em nível de rede, nos anos de 1996 e 2001, e outros dois em nível de projeto, nos anos de 1998 e 2000. A amostra selecionada para esta pesquisa foi composta apenas por pavimentos que nunca sofreram intervenção significativa, sendo a mesma representada por 236 trechos, totalizando 3,6 quilômetros de rodovias e se baseou na metodologia apresentada por NUNEZ E SHAHIN (1986), a amostra foi dividida em duas "famílias", dependendo do tipo de revestimento apresentado.

- Família de Revestimento em TSD

- Afundamento de trilha de roda:

$$\text{ATR} = 1 \times 10^{-6} \times \text{NA} + 1,9 \quad (2.27)$$

$$R^2 = 0,58$$

Onde:

ATR: - afundamento da trilha de roda, mm; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

- Deflexão Máxima Média

Os trechos levantados se distribuem numa nuvem de pontos, indicando que não existe relação entre as deflexões máximas médias de cada trecho e o número de repetições do eixo padrão de 8,2 ton;

- Irregularidade

$$\text{QI} = 6,5729 \times \text{NA}^{0,1398} \quad (2.28)$$

$$R^2 = 0,58$$



onde:

QI: - quociente de irregularidade, em contagens/km; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

- Família de Revestimento em CBUQ

- Afundamento de Trilha de Roda:

$$\begin{aligned} \text{ATR} &= 6 \times 10^{-7} \times \text{NA} + 1,9814 & (2.29) \\ R^2 &= 0,66 \end{aligned}$$

onde:

ATR: - afundamento da trilha de roda, mm; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

- Deflexão Máxima Média

$$\begin{aligned} \text{DEFM} &= 7 \times 10^{-13} \times \text{NA}^2 + 9 \times 10^{-7} \times \text{NA} + 57,602 & (2.30) \\ R^2 &= 0,61 \end{aligned}$$

onde:

DEFM - deflexão máxima média, em centésimos de milímetros; e

NA - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

- Irregularidade

$$\begin{aligned} \text{QI} &= 3 \times 10^{-13} \times \text{NA}^2 + 2 \times 10^{-6} \times \text{NA} + 37,741 & (2.31) \\ R^2 &= 0,61 \end{aligned}$$

onde:

QI: - quociente de irregularidade, em contagens/km; e

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

- Trincamento

A análise do trincamento foi feita somente para os trechos revestidos com CBUQ, considerando a área trincada e o número de repetições do eixo padrão.

$$\begin{aligned} \text{TRI} &= 1 \times 10^{-5} \times \text{NA} - 0,6982 & (2.32) \\ R^2 &= 0,81 \end{aligned}$$

onde:

TRI: - porcentagem da área trincada; e

NA - número equivalente de operações do eixo padrão (AASHTO, 1993).

### 2.2.4.2 - Equações Empírico-Mecanísticas

#### a) QUEIROZ (1981)

As equações empírico-mecanísticas obtidas por QUEIROZ (1981) foram classificadas como mecanísticas em QUEIROZ (1981). Entretanto, em HAAS et al. (1994), com base em um trabalho publicado pelo mesmo autor (QUEIROZ, 1983b), as mesmas equações são classificadas em empírico-mecanísticas.

Assim, foram definidas duas equações classificadas como empírico-mecanísticas das quais se destacam modelos para previsão da irregularidade do pavimento e previsão da porcentagem de área trincada.

As equações para previsão da evolução da irregularidade são:

$$\log QI = 1,426 + 0,01117 IDADE - 0,1505 RH + 0,001671 VSN3 \times \log NA \quad (2.33)$$

$$R^2 = 0,25$$

$$EP = 0,14$$

$$\log QI = 1,2 + 9,22 \times 10^{-3} IDADE + 9,08 \times 10^{-2} ST - 7,03 \times 10^{-2} RH + 5,57 \times 10^{-4} SEN1 \times \log NA \quad (2.34)$$

$$R^2 = 0,51$$

$$EP = 0,11$$

onde:

Log: - logaritmo decimal;

QI: - quociente de irregularidade, em contagens/km;

IDADE: - idade do pavimento desde a construção ou recapeamento, em anos;

RH: - variável indicadora do estado de reabilitação:

RH = 0 . . . . como construído

RH = 1 . . . . recapeado;

VSN3: - deformação específica de compressão vertical no topo do subleito ( $10^{-4}$ );

NA: - número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO;

ST: - variável indicadora do tipo de revestimento:

ST = 0 . . . . concreto asfáltico

ST = 1 . . . . tratamento superficial duplo; e

SEN1 - energia de deformação na face inferior do revestimento ( $10^{-4}$  kgf.cm).

Para previsão da evolução do percentual de área trincada foi obtida uma outra equação:

$$CR = - 8,70 + 0,258 HST1 - 1,006 \times 10^{-7} HST1 \times NA \quad (2.35)$$

onde, além das variáveis apresentadas anteriormente, tem-se:

CR: - porcentagem de área do pavimento com trincas tipos 2 a 4 e remendos; e

HST1: - tensão de tração horizontal na face inferior do revestimento ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

## CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DA PESQUISA

Para caracterizar efetivamente a metodologia da pesquisa, procurou-se organizá-la em etapas que podem ser caracterizadas, em primeira instância, por informações de caráter geral. Em um segundo momento, a metodologia se consolida pela concretização da pesquisa, contendo as informações e resultados obtidos. As etapas propostas para a descrição da metodologia são:

- Etapa 1: Características Institucionais do DEINFRA/SC;
- Etapa 2: Características Geológicas do Estado de Santa Catarina;
- Etapa 3: Informações Gerais sobre Malha Rodoviária do Estudada;
- Etapa 4: Tipos de Materiais e Estrutura dos Pavimentos da Região em Estudo;
- Etapa 5: Referenciamento e Consolidação das Rodovias em Campo;
- Etapa 6: Auscultações, Ponderações e Dados Obtidos Para a Sequência da Pesquisa;
- Etapa 7: Avaliação do Tráfego Atuante;
- Etapa 8: Síntese Geral da Condição dos Pavimentos na Região em Estudo;
- Etapa 9: Análise do Comportamento dos Pavimentos;
- Etapa 10: Comparação das Linhas de Tendência com Modelos de Desempenho da Literatura; e
- Etapa 11: Conclusões e Recomendações para Futuras Pesquisas.

As etapas de 1 a 7 são apresentadas neste capítulo.

A Etapa 8, caracteriza-se por um panorama geral da rede pavimentada referente à região do estado a ser estudada. Este panorama foi denominado como sendo uma síntese geral da condição da rede. Esta síntese descreve, através de estatística descritiva, ou intervalos de frequência, a incidência dos materiais empregados na pavimentação bem como espessuras típicas das camadas dos pavimentos. Além disso, apresenta uma visão sintetizada da situação deflectométrica, de irregularidade e do trincamento total dos pavimentos, levando-se em consideração principalmente os requisitos descritos na Etapa 6 deste capítulo. A Etapa 8, apesar de não se caracterizar como pré-requisito para o entendimento da seqüência desta pesquisa, será apresentada no Capítulo 4.

A etapa 9 - “Análise do Comportamento dos Pavimentos” – também será abordada em capítulo próprio, isto é, no Capítulo 5, caracterizando efetivamente a metodologia da pesquisa. As demais etapas 10 e 11 serão apresentadas, respectivamente, nos Capítulos 6 e 7.

### **3.1 Características Institucionais do DEINFRA/SC**

A Lei Complementar nº 244, de 30 de janeiro de 2003, publicada no Diário Oficial - SC - nº 17.086 de 31.01.2003 criou o Departamento Estadual de Infra-Estrutura (DEINFRA/SC), como órgão autárquico, dotado de personalidade jurídica de direito público e patrimônio próprio, vinculada à Secretaria de Estado da Infra-Estrutura, com sede e foro na Capital do Estado de Santa Catarina, podendo instalar unidades de apoio inter-regionais.

A criação do DEINFRA/SC englobou as atividades de duas autarquias da estrutura do Estado existente anteriormente sendo: o Departamento de Estradas Rodagem (DER), que tinha como atribuições as atividades relativas ao transporte rodoviário do Estado de Santa Catarina; e o Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas (DEOH), que tinha como atribuições as atividades relativas às obras de Edificações e Hidráulicas.

O DEINFRA/SC incorpora as atividades de fiscalização das obras e serviços, mas não mais somente no âmbito rodoviário e sim, também, no âmbito da infra-estrutura. As atividades a desenvolver no âmbito regional ficaram mais abrangentes no DEINFRA/SC em relação ao DER/SC.

### **3.2 Características Geológicas do Estado de Santa Catarina**

O DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral)/CRM (1987) e TEIXEIRA (1993) estabelecem que o Estado de Santa Catarina pode ser dividido em três grandes categorias sob o ponto de vista geológico. A Figura 3.1 mostra esta divisão, que será descrita a seguir:

- Região Geológica 1 - Rochas de Embasamento Cristalino

Esta região do estado é constituída por rochas de embasamento cristalino, ou seja, por rochas metamórficas de alto grau de metamorfismo, como granulitos e gnaisses.

Apresenta também rochas ígneas do tipo granito e rochas associadas bem como também rochas meta sedimentares e vulcânicas, mas estas em menos quantidade.

Os solos originados pela decomposição das rochas de embasamento, de uma maneira geral, apresentam valores de índice de suporte de razoável a bom, e baixa expansão, quando submetidos ao ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia). Os saibros (horizonte C) da decomposição de granitos e gnaisses com frequência são utilizados como reforço ou sub-base na construção de pavimentos, todavia, freqüentemente, apresentam comportamento resiliente não adequado para estas camadas.

- Região Geológica 2 - Rochas Gonduânicas

Esta categoria é formada por rochas sedimentares: do tipo arenito, siltito, argilito e folhelho situados entre a linha delimitadora oeste das rochas de embasamento e uma linha irregular que passa pelas cidades de Porto União, Timbó Grande, Santa Cecília, Ponte Alta do Norte, Curitibanos, Ponte Alta, Correia Pinto, Lages, Urubici, Lauro Müller, Nova Veneza, Timbé do Sul, Turvo, Jacinto Machado, Sombrio e Praia Grande.

Os solos originados da decomposição de rochas sedimentares da categoria gonduânica apresentam, geralmente, baixos índices de suporte e expansão elevada.

- Região Geológica 3 – Rochas Vulcânicas

Região formada por rochas vulcânicas do tipo basalto com algumas ocorrências pequenas e localizadas de rochas ácidas do tipo riodacito. Os derrames basálticos e de rochas ácidas ocupam aproximadamente 51,5 % da área do Estado. Estes tipos de rocha ficam situados na área a oeste da região das rochas gonduânicas sedimentares, indo até a fronteira com a Argentina.

Os solos originados da decomposição de rochas basálticas e de riodacitos, de uma maneira geral, apresentam valores de índice de suporte razoáveis e expansão abaixo de 2%. Os solos de má qualidade são aqueles provenientes da decomposição da zona amigdaloidal do derrame basáltico.

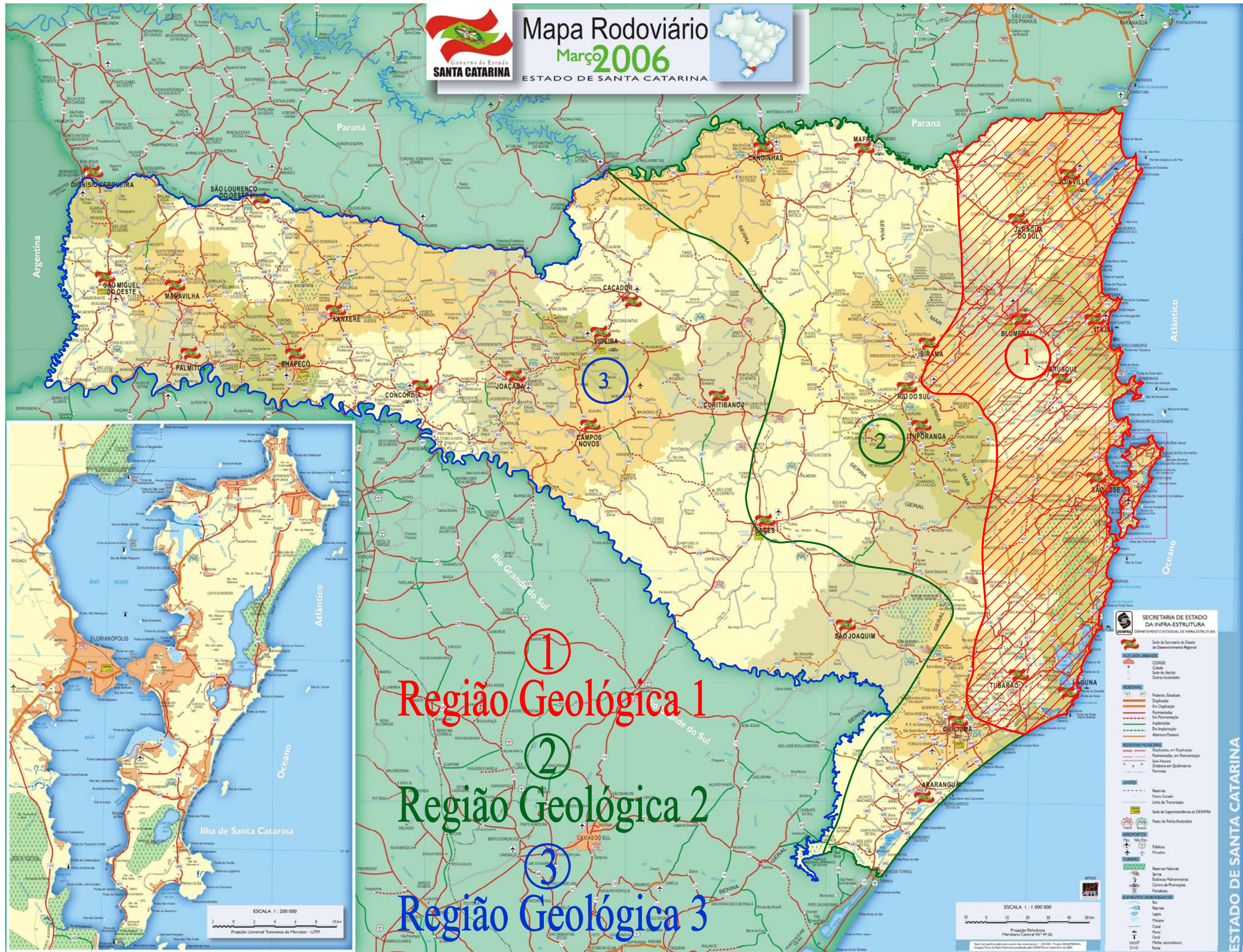


FIGURA 3.1 - Regiões Geológicas em Santa Catarina

### 3.3 Informações Gerais Sobre a Malha Rodoviária do Estudada

A rede rodoviária estadual de Santa Catarina está disseminada de maneira mais ou menos homogênea por todo o Estado. O Estado tem em seu sistema rodoviário o mais importante componente do Sistema de Transportes, totalizando, em 2005, 8.843 km de rodovias operadas sob três diferentes níveis de jurisdição: federal, estadual e municipal.

Nas Tabelas 3.1 e 3.2, pode-se observar os dados atualizados referentes às extensões de rodovias Federais, Estaduais e Municipais na malha catarinense, descrevendo com detalhes a sua situação, abordando as extensões de rodovias em planejamento, em obras de implantação, pavimentadas e não-pavimentadas até dezembro de 2005.

**TABELA 3.1 - Situação Atual Referente às Extensões de Rodovias Não Pavimentadas e em Obras de Pavimentação no Estado de Santa Catarina**

SITUAÇÃO REDE	PLANEJADA (Km)	NÃO PAVIMENTADA (Km)			EM OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO (Km)
		LEITO NATURAL	IMPLANTADA	TOTAL	TOTAL
FEDERAL	335,7	29,7	0,0	29,7	102,6
ESTADUAL TRANSITÓRIA	0,0	245,6	3,0	248,6	0,0
ESTADUAL	284,0	1.880,7	218,3	2.099,0	259,9
SUB-TOTAL	619,7	2.156,0	221,3	2.377,3	362,5
MUNICIPAL	43.382,0	52.977,0	0,0	52.977,0	0,0
TOTAL	44.001,7	55.133,0	221,3	55.354,3	362,5

Fonte: Sistema Rodoviário Estadual, 2005

**TABELA 3.2 - Situação Atual Referente às Extensões de Rodovias Pavimentadas no Estado de Santa Catarina**

SITUAÇÃO REDE	PAVIMENTADA (Km)			
	PAVIMENTO PISTA SIMPLES	EM OBRAS DUPLICAÇÃO	DUPLICADA	TOTAL
FEDERAL	1.656,6	256,8	224,3	2.137,7
ESTADUAL TRANSITÓRIA	711,2	0,0	4,7	715,9
ESTADUAL	3.300,1	0,0	32,5	3.332,6
SUB-TOTAL	5.667,9	256,8	261,5	6.186,2
MUNICIPAL	914,6	0,0	0,0	914,6
TOTAL	6.582,5	256,8	261,5	7.100,8

Fonte: Sistema Rodoviário Estadual, 2005



Para este estudo serão analisadas somente as rodovias estaduais pertencentes à região geológica 1 e pavimentadas até o ano de 2001, totalizando uma extensão de 867,2 km.

A extensão total de Rodovias Pavimentadas e Não-pavimentadas entre Estaduais e Estaduais Transitórias para a região geológica 1 até 2001, ano em que foram coletados os dados junto ao banco de dados VISAGE do DEINFRA/SC, somavam um total de 1703,9 Km. Cabe salientar também que da extensão total, para esta análise, foram excluídos 836,8 Km em trechos de rodovias desta região cujas características eram:

- Trechos Municipais;
- Trechos em Pavimento Rígido (Concreto de Cimento Portland);
- Trechos em Perímetros Densamente Urbanizados;
- Trechos com Pavimento em Paralelepípedo;
- Trechos em Rodovias Não-Pavimentadas;
- Trechos em Pavimento com Base em Paralelepípedo;
- Trechos em Rodovias Não-Pavimentadas até 2001;
- Trechos em Rodovias sem Informações Cadastrais.

Ressalta-se também que em função da demanda necessária ao Planejamento do Desenvolvimento Rodoviário do Estado, o DEINFRA/SC também teve como prioridade a atualização do Plano Rodoviário Estadual.

Em vista disso, foi publicado no Diário Oficial do Estado do dia 09/03/2006 o Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE), elaborado de acordo com a Lei Federal nº 5.917, de 10 de setembro de 1973, e que estabelecia o prazo de até dois anos para a implementação das alterações referentes às siglas e tipos de rodovias utilizado pelo antigo DER/SC, além do cadastro georreferenciado e a efetiva definição da jurisdição dos trechos em perímetros urbanos, estabelecidos pelas respectivas leis municipais.

A Tabela 3.3 apresenta a relação dos trechos ou subtrechos selecionados para a análise, mas levando em consideração não o novo referenciamento citado no parágrafo anterior, mas sim o referenciamento anterior ao novo Plano Rodoviário Estadual. Salienta-se que os distritos a que cada trecho pertence foram mantidos os mesmos da estrutura organizacional do antigo DER/SC. Isto se dá pelo motivo de que as saídas do banco de

dados VISAGE (DEINFRA/SC) ainda forneciam os dados referentes à estrutura organizacional antiga.

As rodovias excluídas desta análise conforme citado anteriormente, pertencentes à região geológica 1, podem ser visualizadas na Tabela 3.4

Na Figura 3.2, pode-se observar a localização de cada trecho utilizado na pesquisa, conforme a Tabela 3.3.

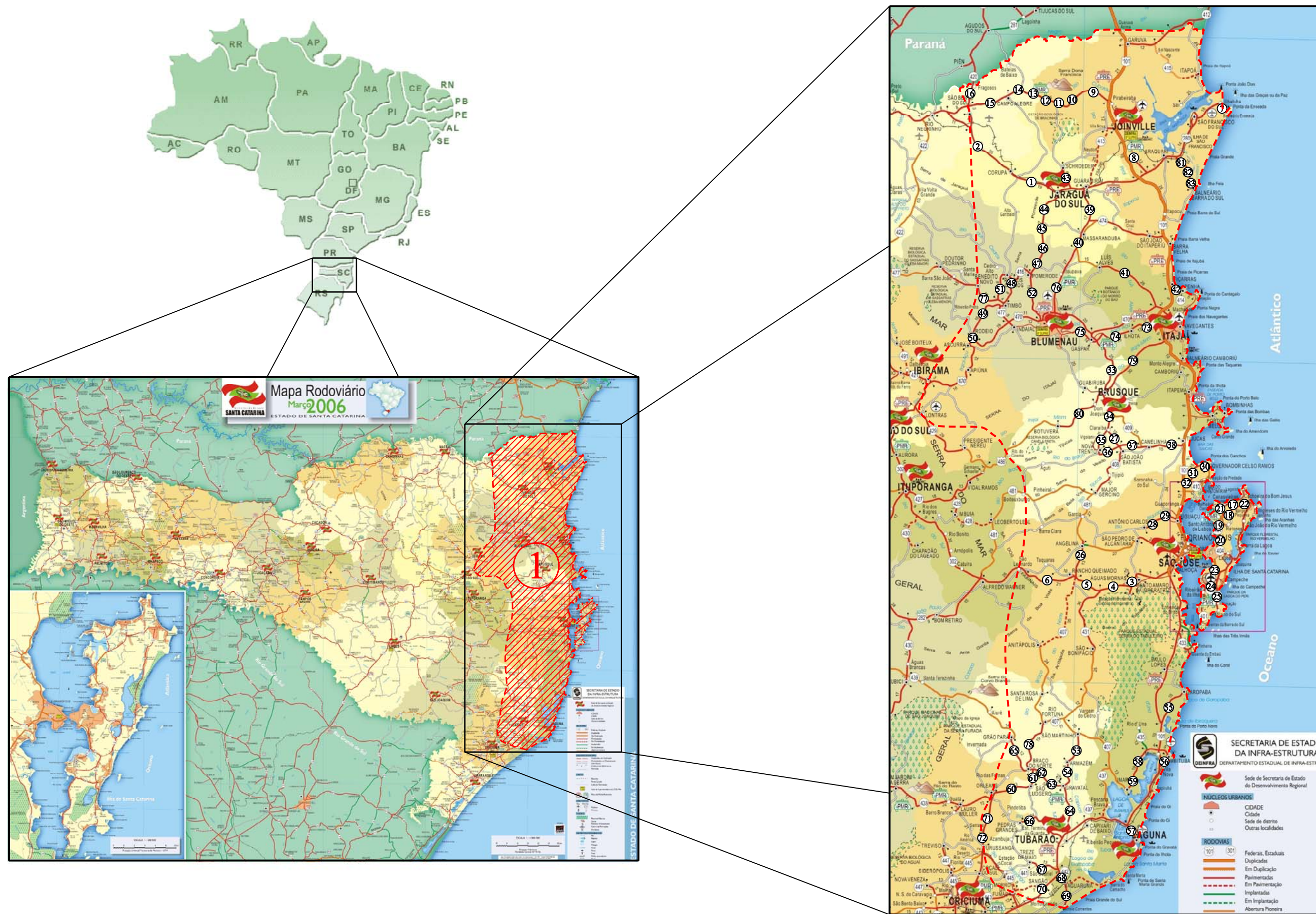


FIGURA 3.2 - Localização de Cada Trecho da Pesquisa

TABELA 3.3 - Relação dos Trechos ou Subtrechos Selecionados Para a Análise

Nº de Ordem	Rodovia	Km Inicial	Km Final	Extensão	Nº Distrito	Nome Distrito	Nº	Trecho	Acostamento Esquerdo	Pista	Acostamento Direito
1	SC 280T	66 + 360	84 + 188	17,83	1	JOINVILLE	29	JARAGUA DO SUL - CORUPÁ	1,00	7,00	1,00
2	SC 280T	84 + 188	121 + 150	36,96	17	SAO BENTO DO SUL	30	CORUPA - SÃO BENTO SUL	1,00	7,00	1,00
3	SC 282T	23 + 860	32 + 712	8,85	9	FLORIANOPOLIS	50	SANTO AMARO IMPERATRIZ - A.MORNAS	1,50	6,60	1,50
4	SC 282T	32 + 712	42 + 800	10,09	9	FLORIANOPOLIS	69	ÁGUAS MORNAS - ENT. SC431	1,20	7,00	1,20
5	SC 282T	42 + 800	58 + 542	15,74	9	FLORIANOPOLIS	70	ENT. SC431 - RANCHO QUEIMADO	1,20	7,00	1,20
6	SC 282T	58 + 542	78 + 915	20,37	9	FLORIANOPOLIS	75	RANCHO QUEIMADO - SÃO LEONARDO	1,20	7,00	1,20
7	SC 301	0 + 0	15 + 744	15,74	1	JOINVILLE	210	BALN. ENSEADA - SÃO FRANCISCO DO SUL ( Ent. BR 280)	2,00	7,00	2,00
8	SC 301	43 + 686	51 + 100	7,41	1	JOINVILLE	230	ENT. BR 280 - JOINVILLE	2,00	7,00	2,00
9	SC 301	75 + 100	83 + 100	8,00	1	JOINVILLE	240	PIRABEIRABA (BR101) - PÉ SERRA DONA FRANCISCA	2,50	7,20	2,50
10	SC 301	93 + 380	98 + 400	5,02	17	SÃO BENTO DO SUL	250	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.1)	2,00	6,80	2,00
11	SC 301	98 + 400	104 + 0	5,60	17	SÃO BENTO DO SUL	250	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.2)	2,00	6,80	2,00
12	SC 301	104 + 0	106 + 0	2,00	17	SÃO BENTO DO SUL	250	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.3)	2,00	6,80	2,00
13	SC 301	106 + 0	113 + 0	7,00	17	SÃO BENTO DO SUL	250	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.4)	2,00	6,80	2,00
14	SC 301	113 + 0	120 + 600	7,60	17	SÃO BENTO DO SUL	250	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.5)	2,00	6,80	2,00
15	SC 301	120 + 600	135 + 0	14,40	17	SÃO BENTO DO SUL	260	CAMPO ALEGRE - S. BENTO DO SUL	2,00	6,80	2,00
16	SC 301	135 + 0	142 + 995	8,00	17	SÃO BENTO DO SUL	270	S. BENTO DO SUL - FRAGOSOS	2,00	6,80	2,00
17	SC 401	0 + 0	2 + 80	2,08	9	FLORIANOPOLIS	540	CANASVIEIRAS - ENT. SC 403	2,00	7,00	2,00
18	SC 401	2 + 80	7 + 67	4,99	9	FLORIANOPOLIS	540	ENT. SC 403 - ENT. SC 402	2,00	7,00	2,00
19	SC 401	7 + 67	10 + 316	3,25	9	FLORIANOPOLIS	540	ENT. SC 402 - STO ANTONIO DE LISBOA	2,00	7,00	2,00
20	SC 401	10 + 316	19 + 692	9,38	9	FLORIANOPOLIS	540	STO ANTONIO DE LISBOA - ITACORUBI	2,00	7,00	2,00
21	SC 402	0 + 0	5 + 11	5,01	9	FLORIANOPOLIS	570	JURERÉ - SC 401	2,00	7,00	2,00
22	SC 403	0 + 0	6 + 743	6,74	9	FLORIANOPOLIS	580	INGLESES - ENT. SC 401	2,00	7,00	2,00
23	SC 405	0 + 0	2 + 830	2,83	9	FLORIANOPOLIS	600	ENT. SC401 - ENT. SC406 (RIO TAVARES)	1,00	7,00	1,00
24	SC 405	2 + 830	8 + 169	5,34	9	FLORIANOPOLIS	600	ENT. SC406 (RIO TAVARES) - ENT. SC406 (ALTO RIBEIRÃO)	1,50	7,00	1,50
25	SC 406	37 + 508	46 + 831	9,32	11	FLORIANOPOLIS	630	ENT. SC405 (Alto Ribeirão) - PANTANO/SUL	1,50	7,00	1,50
26	SC 407	60 + 600	73 + 658	13,06	9	FLORIANOPOLIS	635	ANGELINA - ENT. BR 282	1,00	7,00	1,00
27	SC 408	0 + 0	14 + 390	14,39	16	BRUSQUE	650	CLARAÍBA - S.J. BATISTA	0,50	6,60	0,50
28	SC 408	85 + 235	91 + 100	5,87	9	FLORIANOPOLIS	660	A.CARLOS - BR101 (BIGUAÇÚ) (Subt. 1)	0,50	6,60	0,50
29	SC 408	91 + 100	98 + 114	7,01	9	FLORIANOPOLIS	660	A.CARLOS - BR101 (BIGUAÇÚ) (Subt. 2)	0,00	6,60	0,00
30	SC 410	0 + 0	4 + 0	4,00	9	FLORIANOPOLIS	670	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 1)	0,00	7,00	0,00
31	SC 410	4 + 0	9 + 100	5,10	9	FLORIANOPOLIS	670	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 2)	0,00	7,00	0,00
32	SC 410	9 + 100	14 + 788	5,69	9	FLORIAN	670	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 3)	0,00	7,00	0,00
33	SC 411	0 + 0	24 + 704	24,70	16	BRUSQUE	680	GASPAR - BRUSQUE	2,20	7,00	2,20
34	SC 411	24 + 704	39 + 487	14,78	16	BRUSQUE	690	BRUSQUE - CLARAÍBA	0,50	6,60	0,50
35	SC 411	40 + 149	51 + 807	11,66	16	BRUSQUE	700	CLARAÍBA - NOVA TRENTO	1,00	6,60	1,00
36	SC 411	51 + 807	59 + 400	7,59	16	BRUSQUE	710	NOVA TRENTO - S.J.BATISTA	2,00	7,00	2,00
37	SC 411	59 + 400	70 + 200	10,80	16	BRUSQUE	720	S.J.BATISTA - CANELINHA	2,00	7,00	2,00
38	SC 411	70 + 200	83 + 547	13,35	16	BRUSQUE	720	CANELINHA - TIJUCAS	2,00	7,00	2,00
39	SC 413	44 + 845	62 + 453	17,61	1	JOINVILLE	740	GUARAMIRIM - MASSARANDUBA	2,50	7,50	2,50
40	SC 413	62 + 453	67 + 94	4,64	2	BLUMENAU	750/751	MASSARANDUBA - ENT SC 474	2,50	7,00	2,50
41	SC 413	82 + 615	110 + 869	28,25	2	BLUMENAU	760	LUIS ALVES - BR 470	0,70	6,60	0,70
42	SC 414	9 + 436	9 + 992	0,66	2	BLUMENA	770	PENHA - BR 101 (Subt.2)	2,00	7,00	2,00
43	SC 416	0 + 0	6 + 205	6,21	1	JOINVIL	780	SCHOEREDER - BR 280	2,00	6,60	2,00
44	SC 416	16 + 962	25 + 0	8,04	1	JOINVILLE	790	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 1)	1,00	6,60	1,00
45	SC 416	25 + 0	28 + 800	3,80	1	JOINVILLE	790	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 2)	1,00	6,60	1,00
46	SC 416	28 + 800	35 + 0	6,20	1	JOINVILLE - BLUMENAU	790	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 3)	1,00	6,60	1,00

**TABELA 3.3 - Relação dos Trechos ou Subtrechos Selecionados Para a Análise - Continuação**

Nº de Ordem	Rodovia	Km Inicial	Km Final	Extensão	Nº Distrito	Nome Distrito	Nº	Trecho	Acostamento Esquerdo	Pista	Acostamento Direito
47	SC 416	35 + 0	38 + 508	3,51	2	BLUMENAU	790	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 4)	1,00	6,60	1,00
48	SC 416	38 + 614	63 + 267	24,65	2	BLUMENAU	791	TIMBÓ - POMERODE E AC. A RIO DOS CEDROS	1,00	6,60	1,00
49	SC 416	63 + 828	80 + 573	16,75	2	BLUMENAU	800	TIMBÓ - RODEIO	1,00	6,60	1,00
50	SC 416	80 + 573	83 + 893	3,32	2	BLUMENA	810	RODEIO - ENT. BR 470	1,00	6,60	1,00
51	SC 417	8 + 813	14 + 696	5,88	2	BLUMENAU	820	RIO DOS CEDROS - TIMBÓ	1,00	6,60	1,00
52	SC 418	0 + 0	16 + 757	16,76	2	BLUMENAU	830	POMERODE - ENT. BR 470	2,00	7,00	2,00
53	SC 431	81 + 829	95 + 529	13,70	5	TUBARÃO	1030	SAO MARTINHO - ARMAZEM	0,50	6,60	0,50
54	SC 431	95 + 529	104 + 430	8,90	5	TUBARÃO	1040	ARMAZEM - GRAVATAL	1,00	6,60	1,00
55	SC 434	0 + 0	15 + 278	15,28	5	TUBARÃO	1050	GAROPABA - BR 101	1,50	6,60	1,50
56	SC 435	0 + 0	5 + 994	5,99	5	TUBARÃO	1060	IMBITUBA - BR101	0,00	10,00	0,00
57	SC 436	0 + 0	5 + 615	5,62	5	TUBARÃO	1070	BR101 - LAGUNA	3,00	7,00	3,00
58	SC 437	4 + 858	20 + 0	15,14	5	TUBARÃO	1082	BR-101 - IMARUI (Subt. 2)	1,50	6,60	1,50
59	SC 437	20 + 0	28 + 150	8,15	5	TUBARÃO	1082	BR-101 - IMARUI (Subt. 1)	1,50	6,60	1,50
60	SC 438	165 + 600	178 + 502	12,90	20	CRICIUMA	1150	ORLEANS - SAO LUDGERO	2,00	6,60	2,00
61	SC 438	178 + 502	185 + 336	6,83	5	TUBARÃO	1160	S. LUDGERO - BRAÇO DO NORTE	2,50	7,00	2,50
62	SC 438	185 + 336	197 + 176	11,84	5	TUBARÃO	1170	BRAÇO DO NORTE - GRAVATAL (Subt.1)	2,50	7,00	2,50
63	SC 438	197 + 176	200 + 800	3,62	5	TUBARÃO	1170	BRAÇO DO NORTE - GRAVATAL (Subt.2)	2,50	7,00	2,50
64	SC 438	200 + 800	217 + 500	16,70	5	TUBARÃO	1180	GRAVATAL - BR 101 (TUBARÃO)	2,50	7,00	2,50
65	SC 439	132 + 500	143 + 535	11,04	5	TUBARÃO	1190	GRÃO PARÁ - BRAÇO DO NORTE	1,00	6,60	1,00
66	SC 440	19 + 406	31 + 385	11,98	5	TUBARÃO	1200	PEDRAS GRANDES - GUARDA	1,00	7,00	1,00
67	SC 441	0 + 0	12 + 946	12,95	5	TUBARÃO	1210	TREZE DE MAIO - ENT. BR 101	1,00	6,60	1,00
68	SC 442	0 + 0	3 + 460	3,46	5	TUBARÃO	1220	ENT. BR 101 - JAGUARUNA	1,50	6,60	1,50
69	SC 442	4 + 750	12 + 663	7,91	5	TUBARÃO	1230	JAGUARUNA - ARROIO CORRENTES.	1,00	7,00	1,00
70	SC 443	0 + 0	4 + 0	4,00	5	TUBARÃO	1240	ENT. BR 101 - SANGÃO	0,00	6,80	0,00
71	SC 446	0 + 0	9 + 0	9,00	20	CRICIUMA	1320	ORLEANS - URUSSANGA (Subt. 2)	1,50	6,60	1,50
72	SC 446	9 + 0	18 + 735	9,74	20	CRICIUMA	1320	ORLEANS - URUSSANGA (Subt. 1)	1,50	6,60	1,50
73	SC 470	0 + 0	12 + 914	12,91	2	BLUMENAU	1810	ENT. BR 101 - ILHOTA	2,50	7,00	2,50
74	SC 470	12 + 914	28 + 726	15,81	2	BLUMENAU	1820	ILHOTA - GASPARG	2,50	7,00	2,50
75	SC 470	28 + 726	36 + 0	7,27	2	BLUMENAU	1830	GASPARG - BLUMENAU	2,50	7,00	2,50
76	SC 474	40 + 577	66 + 435	25,86	2	BLUMENAU	1920	ENT. SC 413 - ENT. BR 470 (BLUMENAU)	2,00	7,00	2,00
77	SC 477T	165 + 458	178 + 619	13,16	2	BLUMENAU	1960	BENEDITO NOVO - ENT. SC 417 (TIMBÓ)	1,00	6,60	1,00
78	SC 482	0 + 0	19 + 572	19,57	5	TUBARÃO	2035	RIO FORTUNA - BRAÇO DO NORTE	1,00	7,00	1,00
79	SC 486T	7 + 560	37 + 584	30,02	16	BRUSQUE	2060	ENT. BR 101 - BRUSQUE	2,00	7,00	2,00
80	SC 486T	44 + 684	58 + 154	13,47	16	BRUSQUE	2070	DOM JOAQUIM - BOTUVERÁ	1,50	7,00	1,50
81	SC 495	0 + 0	2 + 0	2,00	1	JOINVILLE	2200	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 1)	1,50	7,00	1,50
82	SC 495	2 + 0	5 + 300	3,30	1	JOINVILLE	2200	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 2)	1,50	7,00	1,50
83	SC 495	5 + 300	10 + 620	5,32	1	JOINVILLE	2200	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 3)	1,50	7,00	1,50

LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº – Numeração segundo o SGP (DEINFRA)

TABELA 3.4 - Rodovias Excluídas da Análise

Nº de Ordem	Rodovia	Km Inicial	Km Final	Nome Distrito	Região Geológica	Trecho	Camada 1		Camada 2		Camada 3		Camada 4		Motivo da Exclusão
							Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	
1	SC 301	63 + 568	67 + 269	JOINVILLE	1	BR101 - ENT SC 413	-	-	-	-	-	-	-	-	Rodovia Municipal
2	SC 301	83 + 100	86 + 700	JOINVILLE	1	PÉ DA SERRA D. FRANCISCA - A. SERRA D. FRANCISCA	-	-	-	-	-	CCP	-	PAR	Pavimento Rígido
3	SC 301	86 + 700	92 + 0	JOINVILLE	1	PÉ DA SERRA D. FRANCISCA - A. SERRA D. FRANCISCA	-	-	-	-	-	CCP	-	PMF	Pavimento Rígido
4	SC 301	92 + 0	93 + 200	SÃO BENTO DO SUL	1	PÉ DA SERRA D. FRANCISCA - A. SERRA D. FRANCISCA	-	-	-	-	-	CCP	-	PAR	Pavimento Rígido
5	SC 301	93 + 200	93 + 380	SÃO BENTO DO SUL	1	PÉ DA SERRA D. FRANCISCA - A. SERRA D. FRANCISCA	-	-	-	-	-	CCP	-	PMF	Pavimento Rígido
6	SC 400	0 + 0	3 + 637	FLORIANOPOLIS	1	ENT. SC 402 - DANIELA	-	-	-	-	-	-	-	-	Sem Informações
7	SC 401	32 + 692	35 + 900	FLORIANOPOLIS	1	SACO DOS LIMOES - ENT. SC 405	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano
8	SC 401	35 + 900	39 + 504	FLORIANOPOLIS	1	ENT. SC 405 - AEROPORTO	5,00	CAUQ	-	-	-	-	-	-	Sem Informações
9	SC 401	43 + 607	46 + 684	FLORIANOPOLIS	1	TAPERA - ENT SC 405	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
10	SC 401	46 + 684	57 + 401	FLORIANOPOLIS	1	ENT. SC 405 - TAPERA	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
11	SC 401	57 + 401	62 + 906	FLORIANOPOLIS	1	TAPERA - CAIEIRA BARRA DO SUL	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
12	SC 404	0 + 0	5 + 389	FLORIANOPOLIS	1	ITACORUBI - LAGOA/CONCEIÇÃO (Subt.1)	-	-	5,00	CAUQ	5,00	CAUQ	25,00	PAR	Base Paralelepípedo
13	SC 404	5 + 389	6 + 135	FLORIANOPOLIS	1	ITACORUBI - LAGOA/CONCEIÇÃO (Subt.2)	-	-	5,00	CAUQ	5,00	CAUQ	25,00	PAR	Base Paralelepípedo
14	SC 404	6 + 135	7 + 869	FLORIANOPOLIS	1	LAGOA/CONCEIÇÃO - PONTE	-	-	-	-	5,00	CAUQ	22,00	PAR	Base Paralelepípedo
15	SC 405	8 + 169	12 + 813	FLORIANOPOLIS	1	ENT. SC406 (ALTO RIBEIRÃO) - ENT. SC 401 (Ac. à Tapera)	-	-	-	-	4,00	PAR	22,00	BG	Paralelepípedo
16	SC 406	0 + 0	6 + 200	FLORIANOPOLIS	1	INGLESES - R. VERMELHO (Subt.1)	-	-	4,00	CAUQ	18,00	SE (SC)	10,00	SE	Base Solo Cal
17	SC 406	6 + 200	7 + 849	FLORIANOPOLIS	1	INGLESES - R. VERMELHO (Subt.2)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Base Solo Cal
18	SC 406	7 + 849	18 + 59	FLORIANOPOLIS	1	R. VERMELHO - BA. LAGOA	-	-	4,00	CAUQ	18,00	SE (SC)	10,00	SE	Base Solo Cal
19	SC 406	18 + 59	21 + 542	FLORIANOPOLIS	1	BA. LAGOA - PRAIA MOLE (ESQ. P/ JOAQUINA)	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano
20	SC 406	21 + 542	23 + 683	FLORIANOPOLIS	1	PRAIA MOLE (ESQ. P/ JOAQUINA) - ENT. SC 404	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano
21	SC 406	24 + 339	29 + 606	FLORIANOPOLIS	1	ENT. SC404 - RIO TAVARES	-	-	-	CAUQ	-	-	-	-	Sem Informações
22	SC 406	29 + 606	29 + 795	FLORIANOPOLIS	1	R. TAVARES - CAMPECHE	-	-	-	CAUQ	-	-	-	-	Sem Informações
23	SC 406	29 + 795	33 + 754	FLORIANOPOLIS	1	CAMPECHE - M. D'PEDRAS	-	-	-	CAUQ	-	-	-	-	Sem Informações
24	SC 406	33 + 754	37 + 508	FLORIANOPOLIS	1	M. D'PEDRAS - ENT. SC 405	-	-	-	CAUQ	-	-	-	-	Sem Informações
25	SC 407	11 + 860	33 + 0	FLORIANOPOLIS	1	ENT. BR 101 - S.P. ALCANTARA	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
26	SC 407	33 + 0	60 + 185	FLORIANOPOLIS	1	S. PEDRO ALCANTARA - ANGELINA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
27	SC 407	73 + 658	108 + 481	FLORIANOPOLIS	1	ENT. BR 282T (RANCHO QUEIMADO) - ANITÁPOLIS	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
28	SC 407	108 + 481	132 + 520	TUBARÃO	1	ANITÁPOLIS - S. ROSA DE LIMA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
29	SC 407	132 + 520	151 + 60	TUBARÃO	1	S. ROSA DE LIMA - RIO FORTUNA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
30	SC 407	151 + 60	172 + 610	TUBARÃO	1	R. FORTUNA - SÃO MARTINHO	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
31	SC 407	172 + 610	196 + 67	TUBARÃO	1	S. MARTINHO - ENT. SC437 (IMARUI)	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
32	SC 408	14 + 390	38 + 15	BRUSQUE	1	S.J. BATISTA - MAJOR GERCINO	-	-	5,00	CAUQ	18,00	BG	20,00	MS	NP até 2001
33	SC 408	38 + 15	49 + 8	BRUSQUE	1	MAJOR GERCINO - GARCIA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
34	SC 408	98 + 114	100 + 0	FLORIANOPOLIS	1	A. CARLOS - BR101 (BIGUAÇÚ) (Subt. 2)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
35	SC 409	0 + 0	1 + 648	BRUSQUE	1	ENT. SC 411 (BRUSQUE) - CANELINHA (Subt. 1)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
36	SC 409	1 + 648	24 + 510	BRUSQUE	1	ENT. SC 411 (BRUSQUE) - CANELINHA (Subt. 2)	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
37	SC 410	14 + 788	34 + 983	FLORIANOPOLIS	1	GOV. CELSO RAMOS - ENT. BR 101	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
38	SC 411	39 + 487	43 + 0	BRUSQUE	1	BRUSQUE - CLARAÍBA	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
39	SC 412	0 + 0	7 + 0	BRUSQUE	1	BOMBINHAS - PORTO BELO	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
40	SC 412	7 + 0	15 + 136	BRUSQUE	1	PORTO BELO - BR101	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
41	SC 413	0 + 0	10 + 996	JOINVILLE	1	JOINVILLELE - BR101	-	-	5,00	CAUQ	-	-	-	-	Rodovia Municipal
42	SC 413	10 + 996	40 + 457	JOINVILLE	1	VILA NOVA - GUARAMIRIM	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
43	SC 413	67 + 94	82 + 615	BLUMENAU	1	ENT. SC 474 - LUIZ ALVES	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
44	SC 414	0 + 0	9 + 436	BLUMENAU	1	PENHA - BR 101 (Subt.1)	5,00	CAUQ	5,00	CAUQ	12,00	BG	10,00	PAR	Base Paralelepípedo
45	SC 415	0 + 0	30 + 987	JOINVILLE	1	ENT. SC 412 (GARUVA) - ITAPOÁ	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
46	SC 416	7 + 680	16 + 962	JOINVILLE	1	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (P. Urbano)	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano

**TABELA 3.4 - Rodovias Excluídas da Análise - Continuação**

Nº de Ordem	Rodovia	Km Inicial	Km Final	Nome Distrito	Região Geológica	Trecho	Camada 1		Camada 2		Camada 3		Camada 4		Motivo da Exclusão
							Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	Espess. (cm)	Material	
47	SC 417	0 + 0	4 + 934	BLUMENAU	1	ENT SC 416 - RIO DOS CEDROS (Sem Levantamento)	-	-	5,00	CAUQ	15,00	BG	18,00	MS	Sem Levantamento
48	SC 417	4 + 934	8 + 813	BLUMENAU	1	RIO DOS CEDROS - TIMBÓ (Perímetro Urbano)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
49	SC 417	14 + 696	16 + 218	BLUMENAU	1	RIO DOS CEDROS - TIMBÓ (Paralelepípedo)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
50	SC 420	0 + 0	19 + 0	BLUMENAU	1	BLUMENAU - GUABIRUBA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
51	SC 420	19 + 0	28 + 729	BLUMENAU	1	GUABIRUBA - BRUSQUE	-	-	-	-	-	-	-	-	Rodovia Municipal
52	SC 431	0 + 0	33 + 582	FLORIANOPOLIS	1	AGUAS MORNAS - SÃO BONIFACIO	-	-	4,00	CAUQ	12,00	BG	15,00	MS	NP até 2001
53	SC 431	33 + 582	71 + 80	FLORIANOPOLIS	1	SÃO BONIFACIO - RIO FORTUNA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
54	SC 432	0 + 0	3 + 363	FLORIANOPOLIS	1	ENT. BR 282 - CALDAS DA IMPERATRIZ	-	-	-	-	-	-	-	-	Sem Informações
55	SC 433	0 + 0	7 + 890	FLORIANOPOLIS	1	BR101 - PINHEIRA	-	-	13,00	PAR	10,00	AREIA	20,00	SE	Paralelepípedo
56	SC 437	0 + 0	4 + 858	TUBARÃO	1	IMBITUBA - BR-101	-	-	-	-	6,00	CAUQ	30,00	BG	Perímetro Urbano
57	SC 437	28 + 150	41 + 572	TUBARÃO	1	IMARUI - ENT. SC 407	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
58	SC 437	41 + 572	68 + 204	TUBARÃO	1	ENT. SC 407 - ENT. BR 101 (CAPIVARI DE BAIXO)	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
59	SC 439	76 + 867	80 + 85	SÃO JOAQUIM	1	URUBICI - GRÃO PARÁ	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
60	SC 440	1 + 166	16 + 225	TUBARÃO	1	ORLEANS - PEDRAS GRANDES	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
61	SC 440	31 + 385	40 + 670	TUBARÃO	1	GUARDA - ENT. BR 101 (TUBARÃO)	-	-	-	-	-	-	-	PAR	Paralelepípedo
62	SC 442	4 + 320	4 + 750	TUBARÃO	1	JAGUARUNA - ARROIO CORRENTES	-	-	-	-	-	-	25,00	PAR	Paralelepípedo
63	SC 443	4 + 0	13 + 0	CRICIUMA	1	SANGAO - MORRO DA FUMAÇA	-	-	4,00	CAUQ	13,00	BG	17,00	MS	NP até 2006
64	SC 445	5 + 300	25 + 198	CRICIUMA	1	MORRO DA FUMAÇA - ENT. SC 446 (URUSSANGA)	-	-	4,00	CAUQ	13,00	BG	17,00	MS	NP até 2002
65	SC 470	36 + 0	40 + 0	BLUMENAU	1	GASPAR - BLUMENAU	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano
66	SC 474	0 + 0	13 + 800	JOINVILLE	1	ENT BR 101 - MASSARANDUBA (Subt.1)	-	-	5,00	CAUQ	14,00	BG	20,00	MS	NP até 2004
67	SC 474	13 + 800	35 + 936	JOINVILLE	1	ENT BR 101 - MASSARANDUBA (Subt.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
68	SC 477	181 + 800	187 + 190	BLUMENAU	1	ENT. SC 417 (TIMBÓ) - ENT BR 470	-	-	5,00	CAUQ	15,00	BG	25,00	PAR	Base Paralelepípedo
69	SC 481	0 + 0	15 + 800	BRUSQUE	1	ANGELINA - GARCIA	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
70	SC 481	26 + 934	67 + 0	BRUSQUE	1	MAJOR GERCINO - LEOBERTO LEAL	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado
71	SC 486	37 + 584	44 + 684	BRUSQUE	1	BRUSQUE - DOM JOAQUIM	-	-	-	-	-	-	-	-	Perímetro Urbano
72	SC 486	58 + 154	94 + 0	BRUSQUE	1	BOTUVERÁ - GERMANO SCHAEFER	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Pavimentado

## LEGENDA

CAUQ - Concreto Asfáltico

PMF - Prê Misturado à Frio

PAR - Paralelepípedo

CCP - Concreto Cimento Portland

BG - Brita Graduada

MS - Macadame Seco

SE - Solo Estabilizado;

SC - Solo Cal

SI - Sem Informação

PU - Perímetro Urbano

NP - Não Pavimentado

Camada 1 - Camada mais recente do pavimento

Camada 1+n - Camada mais antiga do pavimento

Espess. Espessura da camada (cm)

Acost. Esquerdo/Direito - Acostamento Esquerdo ou Direito

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº – Numeração segundo o SGP (DEINFRA)

Seguindo as premissas de MARCON (1996), e observando alguns dos trechos da Tabela 3.3, os critérios adotados para divisão de uma rodovia, individualmente, em trechos e subtrechos foram:

- os trechos são segmentos unindo duas cidades, ou vilas, ou entroncamentos com rodovias estaduais ou federais; e
- os trechos devem apresentar o mesmo tráfego e a mesma estrutura de pavimento, caso contrário, são divididos em subtrechos que atendam a este critério.

Sendo assim, cada trecho recebeu um número de ordem de 1 a 83 como mostra a tabela 3.3. Esta numeração será utilizada na identificação dos trechos durante o processamento e análise dos dados.

### **3.4 Tipos de Materiais e Estrutura dos Pavimentos da Região em Estudo**

Os materiais empregados nas construções dos pavimentos de rodovias estaduais em Santa Catarina, bem como na região geológica em estudo, de uma maneira geral, não apresentam muita variação em relação ao observado na malha de rodovias secundárias do país. A composição da estrutura dos pavimentos é bastante homogênea no estado e algumas variações que ocorrem são fruto de algumas peculiaridades regionais.

As estruturas e materiais utilizados foram obtidos nos seguintes documentos e relatórios:

- DER-SC (1991);
- Banco de dados VISAGE;
- Setor de manutenção de rodovias e arquivo de projetos (DEINFRA/SC);
- Medições de serviços durante a construção e relatórios “as built”;
- Projeto Estradas Alimentadoras BID I – Relatório Final;
- Projeto Estradas Alimentadoras BID II – Relatório Final, 1992;
- Programa de Corredores Rodoviários do Estado de Santa Catarina BID III – Relatório Final, 2001;
- Programa Rodoviário de Santa Catarina BID IV – Relatórios Mensais, 2001 a 2005; e
- Informações dos engenheiros fiscais e residentes dos distritos rodoviários.



Ressalta-se que houve muita dificuldade quanto a utilização dos dados que não constavam do trabalho de MARCON (1996) (DER/APPE, 1991). Esta dificuldade diz respeito às informações e dados que fazem parte do banco de dados VISAGE, onde muitos trechos não apresentavam informações quanto à estrutura ou, quando apresentavam, estavam incompletos.

Além disso, uma campanha de atualização foi efetuada para que se pudesse obter informações sobre os materiais e a estrutura dos pavimentos, bem como também o seu histórico quanto às intervenções no que diz respeito às reabilitações ou recapeamentos efetuados. Como auxiliar neste processo, foram utilizados os seguintes documentos:

- Relatório de Encerramento da Implementação do PNMRE/SC-BIRD (Banco Internacional de Reconstrução de Desenvolvimento);
- Informações dos engenheiros fiscais e residentes dos distritos rodoviários; e
- Relatórios “as built”;

A Tabela 3.5 mostra a relação dos trechos utilizados na pesquisa, destacando a seqüência de camadas conforme sua idade, onde a numeração da camada vai da mais recente (Camada 1) a mais antiga (Camada n).

A Tabela 3.6 apresenta a estrutura do pavimento através de códigos, bem como a data de abertura ao tráfego, idade acumulada em cada ano de auscultação, pavimento reabilitado/recapeado e ano de reabilitação/recapeamento

Para que se tenha uma visão mais prática do pavimento restaurado, a Tabela 3.7 apresenta as espessuras e materiais do revestimento antes e após a restauração dos trechos, onde já houvera pelo menos uma intervenção.

Com relação à estrutura dos pavimentos e aos tipos de materiais utilizados na construção em Santa Catarina, destacam-se os principais pontos:

- Tipo de Revestimento
  - Concreto Asfáltico Usinado à Quente – CAUQ;
  - Concreto Asfáltico Usinado à Quente + Pré Misturado à Quente – CAUQ+PMQ;
  - Pré-Misturado à Quente – PMQ (com ou sem capa selante – lama asfáltica); e
  - Pré-Misturado à Frio – PMF (com ou sem capa selante – lama asfáltica).

- Tipo de Material das Camadas de Base e Sub-Base
  - Brita Graduada – BG;
  - Macadame Seco – MS;
  - Saibro – SAI;
  - Seixo Bruto – SB;
  - Solo Estabilizado Granulometricamente – SE;
  - Seixo Parcialmente Britado – SPB;
  - Seixo Britado – SBR; e
  - Seixo Classificado – SC.



**TABELA 3.5 - Relação dos Trechos Conforme a Idade das Camadas do Pavimento - Continuação**

Nº de Ordem	Camada 1				Camada 2				Camada 3				Camada 4				Camada 5				Camada 6			
	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção	Data	Espessura (cm)	Material	Período de Construção
47													1992	10,00	CAUQ	1988 a 1992	1992	19,00	BG	1988 a 1992	1992	24,00	SE	1988 a 1992
48													2000	5,00	CAUQ	1994 a 2000	2000	15,00	BG	1994 a 2000	2000	18,00	MS	1994 a 2000
49								1995	4,00	CAUQ	1994 a 1995	1985	5,00	CAUQ	1985	1985	15,00	BG	1985	1985	30,00	SAI	1985	
50								1995	4,00	CAUQ	1994 a 1995	1985	5,00	CAUQ	1985	1985	15,00	BG	1985	1985	30,00	SAI	1985	
51													1985	4,00	CAUQ	1985	1984	16,00	BG	1984	1984	30,00	SE	1984
52					1994	2,50	CAUQ	1993 a 1994	1994	2,00	PMQ	1993 a 1994	1978	5,00	CAUQ	1976 a 1978	1976	20,00	BG	1976 a 1978	1976	20,00	SE	1976 a 1977
53													2003	4,50	CAUQ	2002 a 2003	1989	5,00	PMF	1989	1989	15,00	SB	1989
54													2003	4,50	CAUQ	2002 a 2003	1982	5,00	CAUQ	1982	1982	16,00	BG	1982
55													1995	3,00	CAUQ	1995	1985	4,00	CAUQ	1985	1985	16,00	BG	1985
56													1995	6,00	CAUQ	1995 a 1996	1980	5,00	CAUQ	1980	1980	25,00	BG	1980
57													1995	5,00	CAUQ	1995 a 1996	1974	5,00	CAUQ	1974	1974	20,00	BG	1974
58													1995	4,00	CAUQ	1995 a 1996	1986	5,00	CAUQ	1986	1986	15,00	BG	1986
59													1996	4,00	CAUQ	1995 a 1996	1986	5,00	CAUQ	1986	1986	15,00	BG	1986
60													1998	5,50	CAUQ	1997 a 1998	1981	5,00	CAUQ	1981 a 1982	1981	25,00	SE+BG	1981 a 1982
61													1997	6,50	CAUQ	2001 a 2002	1978	5,00	CAUQ	1978	1978	18,00	BG	1978
62					2001	6,50	CAUQ	2001 a 2002	2001	2,50	PMQ	2001 a 2002	1978	5,00	CAUQ	1977 a 1978	1978	18,00	BG	1977 a 1978	1978	14,00	SE	1977 a 1978
63					2002	6,50	CAUQ	2001 a 2002	2002	2,50	PMQ	2001 a 2002	1978	5,00	CAUQ	1977 a 1978	1978	18,00	BG	1977 a 1978	1978	14,00	SE	1977 a 1978
64					1999	6,50	CAUQ	1997 a 1999	1999	3,00	PMQ	1997 a 1999	1972	5,00	CAUQ	1971 a 1972	1972	25,00	BG	1971 a 1972	1972	40,00	SE	1971 a 1972
65					1996	4,00	CAUQ	1996 a 1997	1988	0,50	CS	1983 a 1988	1988	5,00	PMF	1983 a 1988	1984	13,00	BG	1983 a 1988	1983	24,00	SB	1983 a 1988
66													1993	4,00	PMF	1991 a 1993	1992	17,00	SC	1991 a 1993	1991	30,00	SB	1991 a 1993
67													1985	4,50	CAUQ	1985	1985	17,00	BG	1985	1985	20,00	SAI	1985
68													1976	4,00	CAUQ	1976	1976	15,00	BG	1976	1976	17,00	MS	1976
69													1986	4,00	CAUQ	1986	1986	13,00	BG	1986	1986	17,00	MS	1986
70													1985	4,00	CAUQ	1981 a 1985	1982	10,00	SBR	1981 a 1985	1981	20,00	SB	1981 a 1985
71													1981	5,00	CAUQ	1976 a 1981	1980	20,00	SBR	1976 a 1981	1976	23,00	SB	1976 a 1981
72													1981	5,00	CAUQ	1976 a 1981	1980	20,00	SBR	1976 a 1981	1976	23,00	SE	1976 a 1981
73					1993	5,50	CAUQ	1992 a 1993	1993	5,00	PMQ	1992 a 1993	1969	5,00	CAUQ	1969	1969	30,00	SE	1969				REFORÇO DO SUBLEITO (Sem Subbase)
74					1993	4,50	CAUQ	1992 a 1993	1993	4,00	PMQ	1992 a 1993	1969	5,00	CAUQ	1969	1969	30,00	SE	1969				REFORÇO DO SUBLEITO (Sem Subbase)
75					1993	9,50	CAUQ	1995 a 1993	1993	4,50	PMQ	1995 a 1993	1969	5,00	CAUQ	1969	1969	30,00	SE	1969				REFORÇO DO SUBLEITO (Sem Subbase)
76					1994	7,00	CAUQ	1992 a 1994	1994	10,00	PMQ	1992 a 1994	1979	5,00	CAUQ	1976 a 1979	1976	40,00	BG	1976 a 1979				REFORÇO DO SUBLEITO (Sem Subbase)
77					1996	4,50	CAUQ	1994 a 1996	1996	3,00	PMQ	1994 a 1996	1985	4,00	CAUQ	1980 a 1985	1984	16,00	BG	1980 a 1985	1984	23,00	SE	1980 a 1985
78													1996	6,00	CAUQ	1993 a 1996	1995	13,00	BG	1993 a 1996	1995	17,00	MS	1993 a 1996
79					1994	7,00	CAUQ	1992 a 1994	1994	4,00	PMQ	1992 a 1994	1974	5,00	CAUQ	1974	1974	20,00	BG	1974				REFORÇO DO SUBLEITO (Sem Subbase)
80													1995	5,00	CAUQ	1993 a 1995	1995	16,00	BG	1993 a 1995	1995	30,00	SAI	1993 a 1995
81													1996	5,00	CAUQ	1994 a 1998	1996	16,00	SBR	1994 a 1998	1996	15,00	SE	1994 a 1998
82													1996	4,00	CAUQ	1994 a 1998	1996	12,00	BG	1994 a 1998	1996	20,00	SE	1994 a 1998
83													1996	4,00	CAUQ	1994 a 1998	1996	12,00	BG	1994 a 1998	1996	15,00	MS	1994 a 1998

LEGENDA:

CAUQ - Concreto Asfáltico  
 PMQ - Prê Misturado à Quente  
 PMF - Prê Misturado à Frio  
 CS - Capa Selante (Lama Asfáltica)  
 BG - Brita Graduada  
 MS - Macadame Seco  
 SE - Solo Estabilizado;

SB - Seixo Bruto  
 SC - Seixo Classificado  
 SBR - Seixo Britado  
 SPB - Seixo Parcialmente Britado  
 SE - Solo Estabilizado  
 SAI - Saibro

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa  
 Camada 1 - Camada mais recente do pavimento  
 Camada 1+n - Camada mais antiga do pavimento

**TABELA 3.6 – Características da Estrutura e da Idade dos Pavimentos Estudados**

Nº de Ordem	Restauração	MR	MB	MSB	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990	Idade do Trecho em 1995	Idade do Trecho em 1997	Idade do Trecho em 2001
1	1	3	1	1	1981	1998	10	15	17	21
2	0	1	1	1	1993			3	5	9
3	1	4	6	4	1994	2001		2	4	8
4	0	1	6	0	1986		5	10	12	16
5	0	1	6	0	1986		5	10	12	16
6	0	1	6	0	1985		6	11	13	17
7	1	5	6	3	1977	1994	14	19	21	25
8	1	6	6	4	1962	1994	29	34	36	40
9	1	1	6	1	1976	2002	15	20	22	26
10	1	2	6	1	1979	2004	12	17	19	23
11	1	2	6	1	1979	2004	12	17	19	23
12	1	2	6	1	1979	2004	12	17	19	23
13	1	2	6	1	1979	2004	12	17	19	23
14	1	2	6	1	1979	2004	12	17	19	23
15	1	1	3	3	1964	2004	27	32	34	38
16	0	1	2	3	1987		4	9	11	15
17	0	1	6	3	1975		16	21	23	27
18	1	1	6	3	1975	2001	16	21	23	27
19	0	1	6	3	1975		16	21	23	27
20	0	1	6	3	1975		16	21	23	27
21	0	1	6	3	1975		16	21	23	27
22	0	1	6	0	1975		16	21	23	27
23	0	1	6	0	1981		10	15	17	21
24	0	1	6	0	1981		10	15	17	21
25	0	1	6	0	1979		12	17	19	23
26	0	1	6	3	1992			4	6	10
27	0	1	6	3	1991			5	7	11
28	0	1	6	3	1985		6	11	13	17
29	0	1	6	0	1985		6	11	13	17
30	0	1	6	3	1985		6	11	13	17
31	0	1	6	3	1985		6	11	13	17
32	0	1	6	0	1985		6	11	13	17
33	1	2	6	3	1977	1994	14	19	21	25
34	0	1	6	3	1991			5	7	11
35	0	1	6	3	1994			2	4	8
36	1	1	6	0	1978	1996	13	18	20	24
37	1	2	6	0	1978	1996	13	18	20	24
38	1	2	6	0	1978	1996	13	18	20	24
39	1	1	6	3	1979	1994	12	17	19	23
40	1	1	6	3	1979	1994	12	17	19	23
41	0	5	6	4	1992			4	6	10
42	1	1	6	1	1980	1994	11	16	18	22
43	1	3	6	1	1986	1995	5	10	12	16
44	0	1	6	4	1992			4	6	10
45	0	1	6	3	1992			4	6	10
46	0	1	6	4	1992			4	6	10
47	0	1	6	3	1992			4	6	10
48	0	1	6	4	2000					2
49	1	1	6	3	1985	1995	6	11	13	17
50	1	1	6	3	1985	1995	6	11	13	17
51	0	1	6	3	1985		6	11	13	17
52	1	1	6	3	1978	1994	13	18	20	24
53	1	3	6	1	1989	2003	2	7	9	13
54	1	1	6	3	1982	2003	9	14	16	20
55	1	1	6	3	1985	1996	6	11	13	17
56	1	1	6	0	1980	1995	11	16	18	22
57	1	1	6	3	1974	1995	17	22	24	28
58	1	1	6	0	1986	1996	5	10	12	16
59	1	1	6	0	1986	1996	5	10	12	16
60	1	1	5	3	1981	1998	10	15	17	21

**TABELA 3.6 - Características da Estrutura e da Idade dos Pavimentos Estudados - Continuação**

Nº de Ordem	Restauração	MR	MB	MSB	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990	Idade do Trecho em 1995	Idade do Trecho em 1997	Idade do Trecho em 2001
61	1	1	6	3	1978	1997	13	18	20	24
62	1	1	6	3	1978	2001	13	18	20	24
63	1	1	6	3	1978	2002	13	18	20	24
64	1	1	6	3	1972	1999	19	24	26	30
65	1	5	6	1	1988	1996	3	8	10	14
66	0	3	1	1	1993			3	5	9
67	0	1	6	3	1985		6	11	13	17
68	0	1	6	4	1976		15	20	22	26
69	0	1	6	4	1986		5	10	12	16
70	0	1	2	1	1985		6	11	13	17
71	0	1	2	1	1981		10	15	17	21
72	0	1	2	3	1981		10	15	17	21
73	1	1	3	0	1969	1993	22	27	29	33
74	1	1	3	0	1969	1993	22	27	29	33
75	1	1	3	0	1969	1993	22	27	29	33
76	1	1	6	0	1979	1994	12	17	19	23
77	1	1	6	3	1985	1996	6	11	13	17
78	0	1	6	4	1996				2	6
79	1	1	6	0	1974	1994	17	22	24	28
80	0	1	6	3	1995			1	3	7
81	0	1	2	3	1998					4
82	0	1	6	3	1998					4
83	0	1	6	4	1998					4

LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

MR – tipo de material do revestimento: 1 - CAUQ ; 2 – CAUQ+PMQ ; 3 – PMF ; 4 – PMQ ; 5 – PMF+Capa Selante ; 6 – PMQ + Capa Selante

MB – tipo do material da base: 1 – SB,SC ; 2 – SBR,SPB ; 3 – SE ; 4 – MS ; 5 – Solo+Brita ; 6 – BG

MSB – tipo do material da sub-base (0 – Sem Subbase ; 1 – SB,SC ; 2 – SBR,SPB ; 3 – SE/SAI ; 4 – MS)

0 - Pavimento Não-Restaurado

1 - Pavimento Restaurado

**TABELA 3.7 – Trechos Restaurados: Espessuras e Materiais do Revestimento Antes e Depois da Restauração**

Nº de Ordem	Espessura e Material de Revestimento - Não Restaurado				Espessura e Material de Revestimento - Restauração					
	Camada 1 (cm)	Material	Camada 2 (cm)	Material	Camada 1 (cm)	Material	Camada 2 (cm)	Material	Camada 3 (cm)	Material
1	5,00	PMF			4,00	CAUQ				
3	4,00	PMQ			6,00	CAUQ				
7	5,00	PMF+CS			5,00	CAUQ				
8	5,00	PMQ+LAM			4,50	CAUQ				
9	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ				
10	5,00	CAUQ	6,50	PMQ	4,00	CAUQ				
11	5,00	CAUQ	6,50	PMQ	5,00	CAUQ	5,00	PMQ		
12	5,00	CAUQ	6,50	PMQ	5,00	CAUQ	6,00	PMQ		
13	5,00	CAUQ	6,50	PMQ	4,00	CAUQ	4,00	PMQ		
14	5,00	CAUQ	6,50	PMQ	4,00	CAUQ				
15	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ	5,00	PMQ	13,00	BG
18	5,00	CAUQ			4,70	CAUQ				
33	4,00	CAUQ	4,00	PMQ	8,00	CAUQ	4,00	PMQ		
36	5,00	CAUQ			3,00	CAUQ				
37	4,00	CAUQ	4,00	PMQ	3,00	CAUQ				
38	4,00	CAUQ	4,00	PMQ	3,00	CAUQ				
39	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ	6,00	PMQ		
40	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ	6,00	PMQ		
42	5,00	CAUQ			5,00	CAUQ				
43	5,00	PMF			6,00	CAUQ				
49	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ				
50	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ				
52	5,00	CAUQ			2,50	CAUQ	2,00	PMQ		
53	5,00	PMF			4,50	CAUQ				
54	5,00	CAUQ			4,50	CAUQ				
55	4,00	CAUQ			3,00	CAUQ				
56	5,00	CAUQ			6,00	CAUQ				
57	5,00	CAUQ			5,00	CAUQ				
58	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ				
59	5,00	CAUQ			4,00	CAUQ				
60	5,00	CAUQ			5,50	CAUQ				
61	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ				
62	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ	2,50	PMQ		
63	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ	2,50	PMQ		

**TABELA 3.7 – Trechos Restaurados: Espessuras e Materiais do Revestimento Antes e Depois da Restauração - Continuação**

Nº de Ordem	Espessura e Material de Revestimento - Não Restaurado				Espessura e Material de Revestimento - Restauração					
	Camada 1 (cm)	Material	Camada 2 (cm)	Material	Camada 1 (cm)	Material	Camada 2 (cm)	Material	Camada 3 (cm)	Material
64	5,00	CAUQ			6,50	CAUQ	3,00	PMQ		
65	5,00	PMF+CS			4,00	CAUQ				
73	5,00	CAUQ			5,50	CAUQ	5,00	PMQ		
74	5,00	CAUQ			4,50	CAUQ	4,00	PMQ		
75	5,00	CAUQ			9,50	CAUQ	4,50	PMQ		
76	5,00	CAUQ			7,00	CAUQ	10,00	PMQ		
77	4,00	CAUQ			4,50	CAUQ	3,00	PMQ		
79	5,00	CAUQ			7,00	CAUQ	4,00	PMQ		

## LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Camada 1 - Camada mais recente do pavimento

Camada 1+n - Camada mais antiga do pavimento

CAUQ - Concreto Asfáltico

PMQ - Pré Misturado à Quente

PMF - Pré Misturado à Frio

CS - Capa Selante (Lama Asfáltica)



### **3.5 Auscultações, Ponderações e Dados Obtidos Para a Seqüência da Pesquisa**

#### **3.5.1 Auscultação de 1990**

Os serviços foram executados através do contrato PJ 016/90 firmado pelo então DER/SC. Abrangeram toda a malha pavimentada catarinense conservada pelo DER/SC e obedeceram, na divisão física desta malha, a nomenclatura desenvolvida pelo então Sistema de Administração da Manutenção – SAM. Os serviços consistiram em (SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS, DER/SC-APPE, RELATÓRIO FINAL, 1991):

- Avaliações Subjetivas de Superfícies de Pavimentos e Definições de Segmentos Homogêneos: Primeiramente se fez a divisão da rede em “segmentos homogêneos”. Esta divisão foi feita a partir da observação dos trechos de pavimento por um engenheiro que se locomovia em um veículo a uma velocidade de 15 a 40 Km/h nas duas pistas do trecho (ida e volta), dependendo das condições do pavimento.

Para cada segmento homogêneo, correspondente a um segmento do SAM, foi dada uma nota. De posse dessas notas, decidiu-se que as avaliações objetivas seriam espaçadas da seguinte forma:

- NOTA “0” – ações a cada 2000m;
  - NOTA “1” – ações a cada 1000m; e
  - NOTA “2” – ações a cada 500m;
- Avaliações Objetivas de Superfícies de Pavimentos em Trechos Homogêneos: As avaliações objetivas foram feitas em superfícies de avaliação de 6m de comprimento e a largura igual a da própria pista de rolamento existente. O espaçamento entre uma superfície e outra foi determinado pela nota do pavimento, como visto anteriormente. Foram realizadas as seguintes ações:
    - Determinação dos afundamentos de trilhas de rodas;
    - Medidas à trena de todos as categorias de trincas, panelas, remendos, desgastes, corrugações e ondulações, exsudação e afundamentos

localizados. Estes defeitos foram classificados de acordo com a DNER-ES 128/83;

- Desenho, em impresso próprio, dos defeitos encontrados; e
- Levantamento da ocorrência dos defeitos de acordo com a DNER – PRO 08/78;
- Determinação das Características de Trânsito: consistiu na determinação da configuração do tráfego nas rodovias componentes da malha. As pesquisas efetuadas foram:
  - Contagens de Trânsito;
  - Pesquisas de Origem/Destino;
  - Estudos de Tráfego; e
  - Estudo da Localização de Contadores de Trânsito;
- Medições das Irregularidades Longitudinais em Trechos Pavimentados: As irregularidades longitudinais dos segmentos homogêneos foram determinadas com um equipamento medidor, montado em uma Caravan, chamado "Integrador de Irregularidades Longitudinais IPR-USP". As medições foram realizadas a cada 250 metros, em cada faixa de rolamento. Os resultados foram apresentados em QI ou coeficiente da Irregularidade;
- Medições de Deflexões Recuperáveis dos Pavimentos em Segmentos Testemunhas: As deflexões recuperáveis dos pavimentos foram determinadas nos segmentos homogêneos, com os seguintes espaçamentos:
  - Nota "0" - 01 deflexão a cada 2.000 m;
  - Nota "1" - 01 deflexão a cada 1.000 m; e
  - Nota "2" - 01 deflexão a cada 500 m.

As deflexões recuperáveis foram determinadas com viga Benkelman e carga de eixo de 8,2 toneladas;

- Sondagens e Ensaios: Realizaram-se 41 furos de sondagens nos pavimentos da rede rodoviária estadual. Em cada trincheira foram medidas as espessuras das camadas e se determinaram as massas específicas secas dos diversos materiais constituintes dos pavimentos. Foram retiradas amostras de cada camada, sobre as quais realizaram-se os seguintes ensaios:

- Revestimento Asfáltico: teor de betume e granulometria;
- Base, Subbase e Subleito: granulometria, limites plásticos e compactação (intermediária para base e sub-base e normal para o subleito);
- Determinação dos Módulos de Elasticidade das Camadas Constituintes dos Pavimentos em Cada Segmento Testemunha: A cada quatro determinações de deflexão, determinou-se também a deflexão a 25 cm do ponto de aplicação da carga. Com estas duas deflexões foi possível, através de retroanálises simplificadas, estimar os módulos de elasticidade equivalentes do pavimento e do subleito para 80 trechos com espessuras variáveis através do programa ELSYM5. A partir dos resultados modulares, das espessuras totais dos pavimentos e das próprias deflexões ( $D_0$  e  $D_{25}$ ) dos 80 trechos, obtiveram-se modelos através de regressões estatísticas para a determinação dos módulos equivalentes tanto do pavimento quanto do subleito para os demais trechos da malha;
- Avaliação Estrutural dos Pavimentos nos Trechos Homogêneos, Estudos de Alternativas Técnicas de Manutenção e Orçamento das Alternativas;
- Levantamento e Cadastramento de Características Geométricas e Condicionantes da Rede Rodoviária;
- Estudos dos Custos; e
- Avaliação Econômica.

### **3.5.2 Auscultações de 1995, 1997 e 2001**

Os levantamentos executados em 1995, 1997, e 2001 fizeram parte do Sistema de Gerência de Pavimentos do antigo DER/SC. Foram realizados com base no referenciamento quilométrico oficial das rodovias, de forma que se pudesse ter sempre a identificação correta da localização dos defeitos, ou seja, uma auscultação foi realizada no mesmo local onde a anterior foi executada (DER/SC, 1997a). Nos subitens seguintes são apresentados, para cada tipo de levantamento e dado obtido, além da descrição dos equipamentos e forma de obtenção dos dados, os procedimentos e ponderações utilizados para a sequência da pesquisa.

### 3.5.2.1 Defeitos de Superfície Levantados nas Auscultações

Esta coleta foi feita com base em um reconhecimento visual dos pavimentos. Tendo em vista a dificuldade de se manter sempre a mesma pessoa encarregada de efetuar o levantamento, e para que os critérios utilizados não diferissem muito de um trecho para outro ou de uma campanha para outra, foi então estabelecido um catálogo de defeitos onde constam descrições e critérios de identificação (DER/SC, 1997a). As coletas foram feitas de forma contínua, levando-se em conta os seguintes aspectos:

- a mesma rodovia;
- o mesmo trecho; e
- somente um sentido de tráfego para as rodovias de pista simples (bidirecionais).

O levantamento das degradações dos pavimentos foi feito por reconhecimento visual ao longo de uma faixa da rodovia, sendo anotadas as extensões, o tipo e a gravidade da degradação. Tendo em vista a dificuldade de se auscultar toda a rede como no levantamento de 1990, decidiu-se utilizar o aparelho DESYROUTE que permite um levantamento mais rápido e um tratamento informatizado dos dados em um formato adequado para entrada direta no banco de dados VISAGE.

O DESYROUTE é um sistema assistido por computador, que é embarcado em um veículo, especialmente adaptado para a coleta de informações observadas visualmente por um operador. A entrada de dados se faz com a ajuda de dois teclados (direito e esquerdo), previamente configurados de acordo com a natureza das informações que se pretendem obter. O aparelho integra os dados em segmentos unitários, cuja extensão pode variar, sendo normalmente utilizado segmentos de 200 m, e após tratamento destes no formato adequado, eles podem ser transferidos diretamente ao banco de dados.

Para cada nível de degradação, o DESYROUTE faz automaticamente a soma de todos os comprimentos onde essa degradação foi anotada e calcula automaticamente o percentual de extensão degradada para o segmento unitário de 200 m. Para as degradações pontuais, o DESYROUTE faz a soma dos comprimentos através do número de vezes em que a degradação é lida e a integra no comprimento do segmento unitário de 200 m.

Além dos dados de trincamento e remendos, que serão efetivamente abordados nesta pesquisa, o levantamento do estado das rodovias pavimentadas, através do Desyroute,

fornece os seguintes tipos de defeitos segundo o “Catálogo de Defeitos do Pavimento” (DER/SC, 1997a):

- Desgaste: considera-se neste defeito a perda de agregados e/ou massa fina dos revestimento asfálticos;
- Painelas: o aparecimento de painelas pode ser motivado pela desintegração e perda de material na superfície do pavimento por má qualidade ou pela contaminação do material de base por bombeamento de finos. As painelas são levantadas através da quantidade, ou seja, anota-se o número de painelas com diâmetro maior do que 30 cm;
- Exudação: causada pela excessiva quantidade de ligante em projetos inadequados da mistura betuminosa ou em circunstâncias onde não existe controle das dosagens de betume. O levantamento é feito somente quando o comprimento de abrangência for suficientemente extenso, acarretando riscos à segurança dos usuários pela diminuição do fator de atrito entre pneu/pavimento. Deve ser considerado quando efetivamente há excesso de asfalto livre na superfície do pavimento, deixando-o com uma aparência pegajosa e aparecendo claramente as marcas das rodas; e
- Trilha de Roda: ocorrem por ações repetidas e canalizadas do tráfego em função da compactação inadequada de uma ou mais camadas durante a construção, de afundamento de camadas inferiores devido à baixa capacidade de suporte do subleito e da estabilidade de algumas misturas asfálticas, principalmente, nos trechos em rampa acentuada pela ação do tráfego pesado.

Os critérios de levantamento são efetuados considerando três níveis de deformações, conforme indicado a seguir:

- Nível 1: deformações de raio pequeno devido à fluência dos materiais da camada de revestimento;
- Nível 2: deformações de raio grande com profundidade de 2 até 5 cm e com afundamentos localizados; e
- Nível 3: deformações de raio grande com profundidade de mais de 5 cm e normalmente acompanhadas de “jacarés” com ou sem soleivamento de material.

### 3.5.2.2 Defeitos de Superfície Utilizados Para o Desenvolvimento da Pesquisa

Descritos os principais defeitos existentes e o modo com que são levantados, pode-se descrever efetivamente os dados que fizeram parte efetiva desta pesquisa. Os dados de trincamento e remendos utilizados neste estudo são levantados, como já descrito anteriormente, através de percentuais de extensão dentro do segmento unitário de 200m e segue os critérios descritos a seguir:

- Trincas

As Trincas são definidas pelo Catálogo de Defeitos do Pavimento do SGP – DEINFRA/SC como sendo fendilhamentos independentes ou interligados, resultantes das tensões de tração geradas nos revestimentos ou na base. Em geral as trincas iniciais são longitudinais e se situam nas trilhas de roda. A ação do tráfego agrava o processo, provocando erosões das bordas.

As Trincas podem ter as seguintes causas:

- Fadiga do revestimento em relação ao tráfego ou devido a subleitos e camadas com baixa capacidade de suporte;
- Má qualidade da estrutura ou de uma das camadas constituintes do pavimento, quer pela deficiência dos materiais empregados ou pelo processo executivo;
- Asfalto duro e quebradiço; e
- Subdimensionamento e/ou excesso de carga.

As “Trincas” também foram levantadas através do percentual de ocorrência dentro da seção amostral de 200 m, sendo observadas somente aquelas com mais de 1 mm de abertura, que fossem visíveis pelo operador do aparelho instalado no veículo de inspeção.

- Jacarés

Os “Jacarés” são uma combinação de trincas interligadas de diferentes orientações, formando malhas de dimensões variáveis. O “Jacaré” aparece geralmente nas trilhas de roda, mas pode, igualmente, apresentar uma abrangência mais generalizada na seção transversal.

O “Jacaré” é causado por fadiga de uma ou mais camadas do pavimento em função do subdimensionamento ou do enfraquecimento da estrutura e pela ação das cargas repetidas através da circulação, principalmente, do tráfego pesado.

Para levantar este defeito distinguem-se dois níveis de gravidade:

- Nível 1
  - Jacaré<sub>11</sub>: são anotados os jacarés de malha larga sem perda de material (malha > 15 cm) em uma trilha de roda;
  - Jacaré<sub>12</sub>: são anotados os jacarés de malha larga sem perda de material (malha > 15 cm) nas duas trilhas de roda; e
- Nível 2
  - Jacaré<sub>21</sub>: são registrados os trechos com jacaré de malha fina com ou sem perda de material (malha < 15 cm) em uma trilha de roda;
  - Jacaré<sub>22</sub>: são registrados os trechos com jacaré de malha fina com ou sem perda de material (malha < 15 cm) nas duas trilhas de roda.
- Remendos

Os “Remendos” são porções do revestimento onde o material original foi removido e substituído por um material similar ou não. Estas reparações se objetivam, a princípio, a erradicar o defeito de maneira definitiva ou eliminar a sua causa, podendo variar de um remendo superficial até um profundo, quando a intervenção atinge várias camadas do pavimento.

Os “Remendos” decorrem de ações de manutenção sobre defeitos graves constatados no pavimento tais como jacaré com perda de material, afundamentos de trilha de roda profundos, panelas, etc. Os critérios de levantamento para o DEINFRA/SC são os seguintes:

- Nível 1: presença de remendos pouco freqüentes na seção transversal (presente numa trilha de roda); e
- Nível 2: presença de grandes remendos e muito freqüentes na seção transversal (em geral presente nas duas trilhas de roda).

Considerando os procedimentos descritos nos parágrafos anteriores, e levando-se em conta que os levantamentos de 1990 estão expressos em área, houve a necessidade de se

criar um artifício lógico que convertesse os levantamentos do SGP/DEINFRA/SC de 1995, 1997 e 2001, de extensão trincada ou remendada, em unidade de área. São poucos os dados bibliográficos referentes as larguras típicas destes defeitos, dado imprescindível para a conversão da extensão trincada em área. BALBO (1997) apresenta uma tabela contendo dimensões de vários tipos de trincas, inclusive de remendos que podem ser observados na Tabela 3.8.

Na mesma Tabela 3.8, segundo a experiência dos engenheiros do DEINFRA/SC, e segundo informações do Professor Dr. Antônio Fortunato Marcon (UFSC), também são apresentadas larguras típicas para o trincamento e remendo levantados através do DESYROUTE.

Sendo assim, percebe-se que realmente pode haver analogia entre níveis de severidade das trincas levantadas através do DESYROUTE e o método utilizado pelo DEINFRA/SC em 1990 (DNER-ES 128/83), podendo este problema ser perfeitamente contornado.

**TABELA 3.8** - Analogia de Níveis de Severidade (SGP-DEINFRA/SC; DNER-ES 128/83) e Larguras dos Defeitos

Classe da Trinca		Dimensões (Largura) (m)	
SGP/DEINFRA	DNER-ES 128/83	Balbo (1997)	Antonio Fortunato Marcon, (UFSC)
Trincas	FC-1	0,15	0,7
Jacaré 1	FC-2	0,95	1,0
Jacaré 2	FC-3	1,0	1,2
Remendos	FC-3	1,6	1,6

Ressalta-se ainda que os remendos, por serem a consequência de um trincamento densificado (FC-3), foram considerados como se fossem Jacaré Nível 2 (SGP-DEINFRA/SC) para que não deturpassem a evolução do trincamento total de levantamento a levantamento. Considerou-se, então, como sendo área trincada o somatório das “Trincas” + “Jacaré” + “Remendos” e condicionando-se que este somatório poderia chegar a um máximo de 100% em relação a cada segmento amostral de 200m levantado através do DESYROUTE. Todas estas ponderações foram utilizadas e seguidas na seqüência da pesquisa.



### 3.5.2.3 Medições da Irregularidade

O aparelho utilizado pelo DEINFRA/SC para o levantamento da Irregularidade é do tipo resposta (MAYSMETER, BUMP INTEGRATOR, IPR/USP).

A medição de irregularidade foi feita na faixa onde foram levantadas as degradações e, à semelhança dos outros tipos de auscultação, foi medida em cada segmento unitário de 200 m e referenciada à quilometragem da rodovia.

Ressalta-se também que através do referenciamento do DEINFRA/SC, foi também realizada uma análise depurativa, verificando e excluindo da pesquisa os seguintes tipos de segmentos e obstáculos:

- trechos urbanizados (principalmente travessias urbanas);
- indícios de revitalização;
- alternâncias entre início e final do pavimento asfáltico;
- lombadas; e
- pontes

No decorrer da análise, para os dados de Irregularidade em particular, notou-se o aparecimento de valores “zero” (0). Atribui-se este fato, principalmente, aos obstáculos como lombadas ou qualquer outro dispositivo físico alocado transversalmente à rodovia com o intuito de promover redução de velocidade, comprometendo assim o levantamento. Isto geralmente acontece nos segmentos que atravessam travessias urbanizadas.

A Tabela 3.9 mostra os trechos e a análise depurativa dos segmentos específicos excluídos da pesquisa.

**TABELA 3.9 - Análise Depurativa dos Segmentos Específicos Excluídos da Pesquisa**

Número de Ordem	Rodovia	Trecho	Ponte Km	Lombada Km	Segmento Excluído (Engloba Lombadas)		
					Km Inicial	Km final	Observação
1	SC 280T	JARAGUÁ DO SUL - CORUPÁ	- + -	- + -	- + -	- + -	Trecho se referenciamento (Trecho sob jurisdição do DNIT)
2	SC 280T	CORUPÁ - SÃO BENTO SUL	- + -	- + -	84 + 188	91 + 94	Alternância entre começo e fim do asfalto
3	SC 282T	SANTO AMARO IMPERATRIZ - A.MORNAS	25 + 737	- + -	- + -	- + -	-
4	SC 282T	ÁGUAS MORNAS - ENT. SC431	32 + 949	- + -	- + -	- + -	-
5	SC 282T	ENT. SC431 - RANCHO QUEIMADO	43 + 21	- + -	- + -	- + -	-
			58 + 263	- + -	- + -	- + -	-
6	SC 282T	RANCHO QUEIMADO - SÃO LEONARDO	68 + 996	- + -	- + -	- + -	-
			72 + 534	- + -	- + -	- + -	-
7	SC 301	BALN. ENSEADA - SÃO FRANCISCO DO SUL ( Ent. BR 280)	5 + 150	- + -	0 + 0	4 + 320	Travessia Urbana de Balneário Enseada
			7 + 583	- + -	- + -	- + -	-
			8 + 572	- + -	- + -	- + -	-
8	SC 301	ENT. BR 280 - JOINVILLE	- + -	- + -	- + -	- + -	-
9	SC 301	PIRABEIRABA (BR101) - PÉ SERRA DONA FRANCISCA	75 + 315	- + -	- + -	- + -	-
			76 + 180	- + -	- + -	- + -	-
			77 + 50	- + -	- + -	- + -	-
			77 + 420	- + -	- + -	- + -	-
			78 + 440	- + -	- + -	- + -	-
			80 + 40	- + -	- + -	- + -	-
			82 + 400	- + -	- + -	- + -	-
10	SC 301	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.1)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
11	SC 301	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
12	SC 301	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.3)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
13	SC 301	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.4)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
14	SC 301	A.SERRA D.FRANCISCA - CAMPO ALEGRE (Subt.5)	120 + 350	- + -	- + -	- + -	-
15	SC 301	CAMPO ALEGRE - S. BENTO DO SUL	132 + 0	- + -	120 + 600	124 + 600	Indícios de Revitalização
			- + -	- + -	133 + 0	135 + 0	Indícios de Revitalização
16	SC 301	S. BENTO DO SUL - FRAGOSOS	142 + 925	- + -	- + -	- + -	-
17	SC 401	CANASVEIRAS - ENT. SC 403	1 + 77	- + -	- + -	- + -	-
18	SC 401	ENT. SC 403 - ENT. SC 402	2 + 308	- + -	- + -	- + -	-
			6 + 615	- + -	- + -	- + -	-
19	SC 401	ENT. SC 402 - STO ANTONIO DE LISBOA	- + -	- + -	- + -	- + -	-
20	SC 401	STO ANTONIO DE LISBOA - ITACORUBI	16 + 420	- + -	- + -	- + -	-
21	SC 402	JURERÊ - SC 401	3 + 98	- + -	- + -	- + -	-
			4 + 823	- + -	- + -	- + -	-
22	SC 403	INGLESES - ENT. SC 401	- + -	- + -	0 + 0	2 + 0	Travessia Urbana dos Ingleses
23	SC 405	ENT.SC401 - ENT.SC406 (RIO TAVARES)	2 + 585	- + -	0 + 0	2 + 830	Travessia Urbana (Considerado somente o levantamento de 1990)
24	SC 405	ENT.SC406 (RIO TAVARES) - ENT.SC406 (ALTO RIBEIRÃO)	- + -	- + -	2 + 830	3 + 979	Travessia Urbana
25	SC 406	ENT. SC405 (ALTO RIBEIRÃO) - PANTANO DO SUL	45 + 246	- + -	37 + 508	38 + 0	Travessia Urbana
26	SC 407	ANGELINA - ENT. BR 282	65 + 545	- + -	- + -	- + -	-
27	SC 408	CLARAÍBA - S.J. BATISTA	4 + 282	- + -	9 + 200	14 + 390	Travessia Urbana de S. J. Batista
28	SC 408	A.CARLOS - BR101 (BIGUAÇU) (Subt. 1)	88 + 513	- + -	85 + 235	86 + 0	Travessia Urbana de Antônio Carlos
29	SC 408	A.CARLOS - BR101 (BIGUAÇU) (Subt. 2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
30	SC 410	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 1)	- + -	- + -	0 + 0	1 + 0	Travessia Urbana (Ausencia de dados)
31	SC 410	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
32	SC 410	ENT. BR 101 - GOV. CELSO RAMOS (Subt. 3)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
33	SC 411	GASPAR - BRUSQUE	8 + 436	- + -	21 + 17	24 + 704	Travessia Urbana de Brusque (Ausencia de Dados)
			19 + 0	- + -	- + -	- + -	-
34	SC 411	BRUSQUE - CLARAÍBA	- + -	- + -	24 + 704	32 + 400	Travessia Urbana de Brusque
			- + -	- + -	39 + 0	39 + 487	Travessia Urbana de Claraíba
35	SC 411	CLARAÍBA - NOVA TRENTO	- + -	- + -	40 + 149	43 + 0	Travessia Urbana de Claraíba
			- + -	- + -	47 + 107	51 + 807	Travessia Urbana de Nova Trento
36	SC 411	NOVA TRENTO - S.J.BATISTA	- + -	- + -	51 + 803	53 + 0	Travessia Urbana de Nova Trento
37	SC 411	S.J.BATISTA - CANELINHA	67 + 282	- + -	59 + 400	60 + 600	Travessia Urbana de S. J. Batista
38	SC 411	CANELINHA - TIJUCAS	79 + 478	- + -	79 + 696	83 + 547	Travessia Urbana de Tijucas
39	SC 413	GUARAMIRIM - MASSARANDUBA	45 + 85	- + -	- + -	- + -	-
			56 + 598	- + -	- + -	- + -	-
40	SC 413	MASSARANDUBA - ENT SC 474	- + -	- + -	67 + 0	67 + 94	Travessia Trevo com SC 474
41	SC 413	LUIS ALVES - BR 470	- + -	- + -	82 + 615	86 + 600	Travessia Urbana de Luis Alves
			- + -	- + -	108 + 666	110 + 869	Travessia Estrada Velha
42	SC 414	PENHA - BR 101 (Subt.2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
43	SC 416	SCHOEREDER - BR 280	- + -	- + -	- + -	- + -	-
44	SC 416	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 1)	20 + 230	- + -	24 + 550	25 + 0	Final do Asfalto - Calçamento
			22 + 25	- + -	- + -	- + -	-
45	SC 416	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 2)	25 + 640	- + -	- + -	- + -	-
46	SC 416	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 3)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
47	SC 416	JARAGUÁ DO SUL - POMERODE (Subt. 4)	37 + 517	- + -	- + -	- + -	-
48	SC 416	TIMBÓ - POMERODE E AC. A RÍO DOS CEDROS	- + -	- + -	59 + 190	63 + 267	Travessia Urbana de Pomerode
49	SC 416	TIMBÓ - RODEIO	- + -	70 + 615	63 + 828	66 + 0	Travessia Urbana de Timbó
			- + -	72 + 615	72 + 983	73 + 470	Início e Final de Asfalto
			- + -	72 + 846	76 + 619	78 + 855	Início e Final de Asfalto
			- + -	- + -	80 + 154	80 + 573	Travessia Urbana de Rodeio

**TABELA 3.9 - Análise Depurativa dos Segmentos Específicos Excluídos da Pesquisa - Continuação**

Número de Ordem	Rodovia	Trecho	Ponte Km	Lombada Km	Segmento Excluído (Engloba Lombadas)		Observação
					Km Inicial	Km final	
50	SC 418	RODEIO - ENT. BR 470	- + -	- + -	80 + 573	82 + 200	Travessia Urbana de Rodeio
51	SC 417	RIO DOS CEDROS - TIMBÓ	- + -	- + -	- + -	- + -	-
52	SC 418	POMERODE - ENT. BR 470	12 + 137	7 + 684	0 + 0	3 + 385	Travessia Urbana
			- + -	8 + 402	- + -	- + -	-
			- + -	12 + 539	- + -	- + -	-
			- + -	12 + 478	- + -	- + -	-
			- + -	12 + 846	- + -	- + -	-
53	SC 431	SAO MARTINHO - ARMAZEM	83 + 117	- + -	94 + 760	95 + 529	Travessia Urbana de Armazém
			94 + 513	- + -	- + -	- + -	-
			94 + 887	- + -	- + -	- + -	-
54	SC 431	ARMAZEM - GRAVATAL	98 + 572	- + -	95 + 529	96 + 53	Travessia Urbana de Armazém
			104 + 198	- + -	- + -	- + -	-
55	SC 434	GAROPABA - BR 101	6 + 412	- + -	0 + 0	2 + 0	Travessia Urbana de Garopaba
56	SC 435	IMBITUBA - BR101	- + -	- + -	0 + 0	1 + 934	Travessia Urbana de Imbituba
57	SC 436	BR101 - LAGUNA	- + -	- + -	3 + 600	5 + 615	Travessia Urbana de Laguna
58	SC 437	BR-101 - IMARUI (Subt. 2)	8 + 920	- + -	+	+	-
59	SC 437	BR-101 - IMARUI (Subt. 1)	- + -	- + -	25 + 353	28 + 150	Travessia Urbana de Imarui
60	SC 438	ORLEANS - SAO LUDGERO	- + -	- + -	178 + 0	178 + 502	Travessia Urbana de São Ludgero
61	SC 438	S. LUDGERO - BRAÇO DO NORTE	184 + 556	- + -	178 + 502	179 + 930	Travessia Urbana de São Ludgero
62	SC 438	BRAÇO DO NORTE - GRAVATAL (Subt.1)	186 + 230	- + -	185 + 330	191 + 200	Indício de Início de Restauração
			193 + 674	- + -	- + -	- + -	-
63	SC 438	BRAÇO DO NORTE - GRAVATAL (Subt.2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
64	SC 438	GRAVATAL - BR 101 (TUBARÃO)	- + -	- + -	209 + 200	216 + 600	Indício de Restauração
65	SC 439	GRÃO PARÁ - BRACO DO NORTE	132 + 598	- + -	- + -	- + -	-
			141 + 182	- + -	- + -	- + -	-
			143 + 224	- + -	- + -	- + -	-
66	SC 440	PEDRAS GRANDES - GUARDA	26 + 535	- + -	- + -	- + -	-
67	SC 441	TREZE DE MAIO - ENT. BR 101	2 + 375	- + -	0 + 0	0 + 550	Travessia Urbana de Treze de Maio
68	SC 442	ENT. BR 101 - JAGUARUNA	- + -	- + -	2 + 824	3 + 460	Travessia Urbana de Jaguaruna
69	SC 442	JAGUARUNA - ARROIO CORRENTES.	- + -	- + -	12 + 588	12 + 663	Travessia Urbana de Arroio Correntes
70	SC 443	ENT. BR 101 - SANGÃO	- + -	- + -	2 + 717	4 + 0	Travessia Urbana de Sangão
71	SC 446	ORLEANS - URUSSANGA (Subt. 2)	4 + 237	- + -	- + -	- + -	-
72	SC 446	ORLEANS - URUSSANGA (Subt. 1)	17 + 144	- + -	- + -	- + -	-
			18 + 93	- + -	- + -	- + -	-
73	SC 470	ENT. BR 101 - ILHOTA	- + -	3 + 607	10 + 307	12 + 914	Travessia Urbana de Ilhota
74	SC 470	ILHOTA - GASPAR	18 + 701	22 + 803	12 + 914	14 + 470	Travessia Urbana de Ilhota
			20 + 611	- + -	25 + 299	28 + 726	Travessia Urbana de Gaspar
75	SC 470	GASPAR - BLUMENAU	- + -	31 + 200	28 + 726	30 + 970	Travessia Urbana de Gaspar
			- + -	31 + 611	35 + 872	36 + 0	Travessia Urbana de Blumenau
			- + -	32 + 748	- + -	- + -	-
76	SC 474	ENT. SC 413 - ENT. BR 470 (BLUMENAU)	- + -	55 + 453	- + -	- + -	-
77	SC 477T	BENEDITO NOVO - ENT. SC 417 (TIMBÓ)	- + -	- + -	165 + 458	168 + 594	Travessia Urbana de Benedito Novo
78	SC 482	RIO FORTUNA - BRAÇO DO NORTE	- + -	- + -	0 + 0	7 + 813	Travessia Urbana de Rio Fortuna
			- + -	- + -	18 + 481	19 + 572	Travessia Urbana de Braço do Norte
79	SC 486T	ENT. BR 101 - BRUSQUE	31 + 342	- + -	35 + 748	37 + 584	Travessia Urbana de Brusque
80	SC 486T	DOM JOAQUIM - BOTUVERÁ	52 + 286	- + -	44 + 684	45 + 684	Travessia Urbana de Don Joaquim
81	SC 495	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 1)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
82	SC 495	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 2)	- + -	- + -	- + -	- + -	-
83	SC 495	ENT. BR 280 - BARRA DO SUL (Subt. 3)	- + -	- + -	- + -	- + -	-

### 3.5.2.4 Medições da Deflexão

A recomendação do DEINFRA/SC para as medidas de deflexão foi de que elas fossem feitas na mesma faixa onde foram levantados os defeitos e em trechos homogêneos em termos de degradação. As medições foram efetuadas a cada segmento unitário de 200m e medidas nos anos de 1990, 1995 e 2001. Anotou-se também a posição exata da medição em relação à quilometragem de referência.

A medição da deflexão foi realizada com o equipamento FWD (Falling Weight Deflectometer) que se caracteriza por ser um equipamento mais dispendioso, mas que permitiu medições muito mais rápidas do que, por exemplo, o levantamento com a Viga Benkelman na auscultação de 1990.

Considerando que os levantamentos de 1990 foram executados com Viga Benkelman, houve a necessidade de converter os levantamentos de deflexão com o FWD para Deflexão Viga Benkelman.

Este procedimento se justifica pelo fato de que, segundo BORGES (2001): “há a necessidade de se converter os valores obtidos para a deflexão com o emprego do equipamento FWD, quando estes forem utilizados em metodologias de cálculo de reforço que considerem os valores obtidos com a viga Benkelman ou em comparações com dados históricos de levantamentos com a viga”.

Para a sequência da pesquisa, as deflexões dos levantamentos de 1995 e 2001 do SGP-DEINFRA/SC foram convertidas através dos modelos obtidos por BORGES (2001) para pavimentos característicos de Santa Catarina constantes das Tabelas 3.10 e 3.11. Ressalta-se também que foram utilizados os modelos que mais se assemelhavam aos pavimentos analisados nesta pesquisa, respeitando-se as características históricas (pavimentos restaurados ou não-restaurados) e os materiais constituintes da estrutura.

**TABELA 3.10** - Tipos de Estruturas Seleccionadas

TIPO DE ESTRUTURA		REVESTIMENTO		BASE		SUB-BASE	
		Tipo	Esp. média (cm)	Tipo	Esp. média (cm)	Tipo	Esp. média (cm)
1	Não Restaurados	CAUQ	5	BG	15	MS	19
2		CAUQ	4	BG	33	-	-
3		CAUQ	4	BG	19	SE	25
4		CAUQ	5	SB	17	SPB	24
5	Restaurados	CAUQ/CAUQ	12	BG	14	MS	20
6		CAUQ/CAUQ	9	BG	29	-	-
7		CAUQ/CAUQ	10	BG	18	SE	24
8		CAUQ/CAUQ	12	SB	15	SPB	28
TOTAL		-	-	-		-	

Fonte: BORGES (2001)

**TABELA 3.11 – Correlações Preliminares Obtidas Para Cada Tipo de Estrutura**

CORRELAÇÕES OBTIDAS ATRAVÉS DO TIPO DE ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS	COM TODOS OS VALORES	
	Y=aX+b	Y = aX
Estrutura tipo 1	$D_{VB} = 1,202 \text{ DFWD} + 1,087$ $R^2 = 0,72$ (1)*	$D_{VB} = 1,224 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,72$
Estrutura tipo 2	$D_{VB} = 1,184 \text{ DFWD} - 0,631$ $R^2 = 0,63$ (2)*	$D_{VB} = 1,173 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,63$
Estrutura tipo 3	$D_{VB} = 1,160 \text{ DFWD} + 1,659$ $R^2 = 0,75$ (3)*	$D_{VB} = 1,185 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,75$
Estrutura tipo 4	$D_{VB} = 1,214 \text{ DFWD} - 3,672$ $R^2 = 0,72$ (4)*	$D_{VB} = 1,132 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,72$
Estrutura tipo 5	$D_{VB} = 1,515 \text{ DFWD} - 5,267$ $R^2 = 0,77$ (5)*	$D_{VB} = 1,388 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,77$
Estrutura tipo 6	$D_{VB} = 1,320 \text{ DFWD} - 10,435$ $R^2 = 0,76$ (6)*	$D_{VB} = 1,067 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,73$
Estrutura tipo 7	$D_{VB} = 1,658 \text{ DFWD} - 17,773$ $R^2 = 0,87$ (7)*	$D_{VB} = 1,335 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,83$
Estrutura tipo 8	$D_{VB} = 1,325 \text{ DFWD} - 4,455$ $R^2 = 0,58$ (8)*	$D_{VB} = 1,207 \text{ DFWD}$ $R^2 = 0,58$

\* Valores para identificação das equações utilizadas nos capítulos subseqüentes

Fonte: BORGES (2001)

### 3.6 Avaliação do Tráfego Atual

A avaliação do tráfego teve por finalidade conhecer as características dos veículos que transitam em cada trecho avaliado quanto a: tipos, volumes médios diários e pesos por eixo de cada veículo. As duas primeiras informações foram obtidas através de estudos e levantamentos por contagens volumétricas classificatórias. A carga por eixo não foi possível de ser avaliada. Por isso, quando necessário, foram utilizados dados de pesagens e avaliações executadas em outras rodovias como descrito no item 3.6.1.

A avaliação do volume médio diário de tráfego e das respectivas taxas de crescimento foram efetuadas com base nas seguintes fontes de dados:

- a) séries históricas de tráfego, resultado de contagens executadas periodicamente pelo DER-SC (DER-SC, 2001c; SGP/DEINFRA);

- b) contagens classificatórias executadas por empresas consultoras para este e outros estudos e/ou projetos;
- c) estudos especiais executados para planejamento do Sistema de Transporte de Santa Catarina;
- d) Informações de MARCON (1996); e
- e) Dados relativos ao relatório DER-SC/APPE (1991).

A análise dos dados deste conjunto de fontes permitiu com que fosse estimado o tráfego médio diário de cada trecho, classificado em automóveis, ônibus, caminhões médios, caminhões pesados e semi-reboques/reboques. A Tabela 3.12 mostra o Volume de Tráfego Médio Diário para cada ano de auscultação da rede pavimentada, a fonte de obtenção dos dados e o ano da contagem.

Para os trechos contemplados na tese de MARCON (1996), para que se tivesse coerência e continuidade em relação aos resultados obtidos pelo referido autor, foram utilizados para esta pesquisa os dados de tráfego do levantamento do DER-SC/APPE (1991). Já para os trechos que não foram contemplados por MARCON (1996), utilizou-se as demais fontes de dados conforme citado nos parágrafos anteriores.

A Tabela 3.13 mostra as taxas de crescimento de tráfego para Veículos Leves (TVL), Coletivos (TCOL) e Veículos de Carga (TCG). As fontes são as mesmas daquelas utilizadas para a definição do TMDA. Estas taxas de crescimento de tráfego foram utilizadas tanto para retroagir quanto para progredir o volume de tráfego, conforme o ano de inauguração de cada trecho utilizado nesta pesquisa.

TABELA 3.12 - Volume de Trafego Médio Diário por Ano de Auscultação e Fonte de Obtenção dos Dados

Nº de Ordem	Ano da Contagem de Tráfego	TMDA					Fonte	VMD 1990	VMD 1995	VMD 1997	VMD 2001
		VL	COL	CM	CP	SR					
1	2001	3865	107	628	464	322	Relatório de Acompanhamento Ra01 - BR 280 Ent. BR 101 - Guaraminim	4.367	4.803	4.990	5.366
2	2001	1660	27	314	455	203	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		2.116	2.283	2.659
3	2000	2832	35	168	248	152	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		2.770	3.018	3.587
4	1991	840	39	217	70	7	DEINFRA/APPE 1991	1.126	1.385	1.507	1.785
5	1991	597	21	160	48	12	DEINFRA/APPE 1991	804	988	1.074	1.270
6	1991	820	20	118	81	32	DEINFRA/APPE 1991	1.027	1.268	1.381	1.641
7	1991	2042	58	146	36	2	DEINFRA/APPE 1991	2.209	2.613	2.794	3.197
8	1991	2753	102	264	152	91	DEINFRA/APPE 1991	3.249	3.857	4.131	4.740
9	1991	1180	27	225	174	96	DEINFRA/APPE 1991	1.642	1.963	2.109	2.433
10	1991	1184	27	227	175	96	DEINFRA/APPE 1991	1.655	1.941	2.069	2.350
11	1991	1184	27	227	175	96	DEINFRA/APPE 1991	1.655	1.941	2.069	2.350
12	1991	1184	27	227	175	96	DEINFRA/APPE 1991	1.655	1.941	2.069	2.350
13	1991	1184	27	227	175	96	DEINFRA/APPE 1991	1.655	1.941	2.069	2.350
14	1991	1184	27	227	175	96	DEINFRA/APPE 1991	1.655	1.941	2.069	2.350
15	1991	1178	26	224	174	95	DEINFRA/APPE 1991	1.644	1.927	2.054	2.334
16	1991	812	35	207	142	93	DEINFRA/APPE 1991	1.248	1.466	1.563	1.778
17	1991	3991	101	213	43	43	DEINFRA/APPE 1991	4.187	5.311	5.841	7.066
18	1991	5344	136	284	58	58	DEINFRA/APPE 1991	5.607	7.112	7.822	9.462
19	1991	8581	473	685	127	90	DEINFRA/APPE 1991	9.498	12.022	13.211	15.966
20	1991	10042	257	533	109	109	DEINFRA/APPE 1991	10.537	13.365	14.699	17.781
21	1991	2539	65	135	27	27	DEINFRA/APPE 1991	2.659	3.399	3.750	4.564
22	1991	2338	60	124	25	25	DEINFRA/APPE 1991	3.651	4.607	5.056	6091,54
23	1991	2030	78	107	12	2	DEINFRA/APPE 1991	2.133	2.657	2.901	3.460
24	1991	2030	78	107	12	2	DEINFRA/APPE 1991	2.133	2.657	2.901	3.460
25	1991	1610	62	85	10	1	DEINFRA/APPE 1991	1.692	2.108	2.301	2.744
26	2000	422	7	23	20	3	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		400	429	492
27	2001	2262	21	261	157	29	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		2.213	2.373	2.730
28	1991	1099	20	297	69	16	DEINFRA/APPE 1991	1.442	1.764	1.912	2.250
29	1991	1099	20	297	69	16	DEINFRA/APPE 1991	1.442	1.764	1.912	2.250
30	1991	483	22	110	15	9	DEINFRA/APPE 1991	613	753	818	966
31	1991	483	22	110	15	9	DEINFRA/APPE 1991	613	753	818	966
32	1991	483	22	110	15	9	DEINFRA/APPE 1991	613	753	818	966
33	1991	2858	77	398	139	36	DEINFRA/APPE 1991	3.333	4.306	4.770	5.856
34	2000	3091	62	168	133	16	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		2.926	3.132	3.591
35	2001	1153	19	55	48	3	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		1.043	1.116	1.278
36	1991	1003	25	126	34	2	DEINFRA/APPE 1991	1.166	1.292	1.347	1.463
37	1991	2119	41	634	355	90	DEINFRA/APPE 1991	3.173	3.517	3.665	3.979
38	1991	1530	36	406	400	102	DEINFRA/APPE 1991	2.424	2.686	2.799	3.040
39	1991	3302	117	656	566	248	DEINFRA/APPE 1991	4.775	5.374	5.634	6.194
40	1991	2464	65	594	519	264	DEINFRA/APPE 1991	3.816	4.288	4.493	4.933
41	2000	2664	26	399	360	134	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		2.988	3.213	3.716
42	2001	933	18	115	55	3	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA	766	911	977	1.124
43	2001	5727	187	692	285	60	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA	4.730	5.632	6.040	6.951
44	2001	3162	163	649	450	247	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		3.735	4.023	4.671
45	2001	3162	163	649	450	247	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		3.735	4.023	4.671
46	2001	3162	163	649	450	247	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		3.735	4.023	4.671

**TABELA 3.12 - Volume de Tráfego Médio Diário por Ano de Auscultação e Fonte de Obtenção dos Dados - Continuação**

Nº de Ordem	Ano da Contagem de Tráfego	TMDA					Fonte	VMD 1990	VMD 1995	VMD 1997	VMD 2001
		VL	COL	CM	CP	SR					
47	2001	3162	163	649	450	247	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA		3.735	4.023	4.671
48	2001	480	19	81	15	14	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA				609
49	1991	1617	43	285	64	4	DEINFRA/APPE 1991	1.944	2.314	2.482	2.859
50	1991	855	7	149	97	11	DEINFRA/APPE 1991	1.080	1.293	1.391	1.612
51	1991	1249	23	141	68	5	DEINFRA/APPE 1991	1.438	1.696	1.812	2.068
52	1991	2390	83	521	194	30	DEINFRA/APPE 1991	3.148	3.517	3.679	4.030
53	1991	300	11	84	6	1	DEINFRA/APPE 1991	383	488	538	656
54	1991	866	18	246	116	11	DEINFRA/APPE 1991	1.212	1.454	1.565	1.814
55	1991	1884	53	124	27	2	DEINFRA/APPE 1991	1.987	2.556	2.827	3.459
56	1991	540	62	97	60	30	DEINFRA/APPE 1991	750	968	1.072	1.316
57	1991	2974	283	421	131	16	DEINFRA/APPE 1991	3.637	4.680	5.178	6.338
58	1991	932	27	103	22	6	DEINFRA/APPE 1991	1.036	1.335	1.478	1.811
59	1991	932	27	103	22	6	DEINFRA/APPE 1991	1.036	1.335	1.478	1.811
60	1991	1070	38	308	108	50	DEINFRA/APPE 1991	1.520	1.810	1.941	2.235
61	1991	1676	57	408	191	18	DEINFRA/APPE 1991	2.268	2.711	2.913	3.367
62	1991	1676	57	408	191	18	DEINFRA/APPE 1991	2.268	2.711	2.913	3.367
63	1991	1676	57	408	191	18	DEINFRA/APPE 1991	2.268	2.711	2.913	3.367
64	1991	2292	74	476	242	66	DEINFRA/APPE 1991	3.041	3.630	3.898	4.501
65	1991	856	14	137	15	18	DEINFRA/APPE 1991	1.006	1.190	1.274	1.459
66	2000	844	55	120	122	22	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		969	1.042	1.206
67	1991	609	13	159	32	38	DEINFRA/APPE 1991	821	982	1.056	1.221
68	1991	1758	48	234	125	24	DEINFRA/APPE 1991	2.116	2.507	2.684	3.079
69	2001	1035	26	138	83	25	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA	901	1.066	1.141	1.307
70	1991	405	25	90	27	8	DEINFRA/APPE 1991	536	638	685	789
71	1991	1348	32	415	101	45	DEINFRA/APPE 1991	1.875	2.231	2.392	2.753
72	1991	1348	32	415	101	45	DEINFRA/APPE 1991	1.875	2.231	2.392	2.753
73	1991	6765	318	716	698	422	DEINFRA/APPE 1991	8.630	10.179	10.877	12.424
74	1991	6765	318	716	698	422	DEINFRA/APPE 1991	8.630	10.179	10.877	12.424
75	1991	5255	299	833	612	193	DEINFRA/APPE 1991	6.956	8.220	8.790	10.055
76	1991	3087	203	564	626	238	DEINFRA/APPE 1991	4.607	5.189	5.442	5.987
77	1991	1028	44	221	107	7	DEINFRA/APPE 1991	1.362	1.604	1.712	1.952
78	2000	1577	27	269	191	47	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001			1.893	2.189
79	1991	3678	119	545	374	150	DEINFRA/APPE 1991	4.625	5.964	6.604	8.096
80	2000	919	8	292	272	97	Anuário Estatístico de Trânsito / DIEP - 2001		1.308	1.413	1.651
81	2001	683	23	176	1	3	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA				886
82	2001	683	23	176	1	3	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA				886
83	2001	683	23	176	1	3	Sistema de Gerência de Pavimentos - DEINFRA				886

## LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa  
VMD - Volume de tráfego médio diário misto  
VL - Veículos leves - Passeio  
COL - Coletivos  
CM - Caminhões Médios  
CP - Caminhões Pesados  
SR - Reboques e Semi-Reboques

TVL - Taxa de crescimento para veículos leves - Passeio  
TCOL - Taxa de crescimento para Coletivos  
TCG - Taxa de crescimento para veículos de carga



**TABELA 3.13 - Taxas de Crescimento de Tráfego Por Classe de Veículo**

Nº de Ordem	Taxas de Crescimento			
	TVL	TCOL	TCG	VMD
1	2,14	0,05	1,51	5386
2	3,30	4,90	4,90	2659
3	4,87	6,10	2,13	3435
4	4,87	6,10	2,13	1173
5	4,87	6,10	2,13	838
6	4,87	6,10	2,13	1071
7	3,33	3,50	4,35	2284
8	3,33	3,50	4,35	3362
9	3,33	3,50	4,35	1702
10	3,05	2,50	3,71	1709
11	3,05	2,50	3,71	1709
12	3,05	2,50	3,71	1709
13	3,05	2,50	3,71	1709
14	3,05	2,50	3,71	1709
15	3,05	2,50	3,71	1697
16	3,05	2,50	3,71	1289
17	4,94	3,70	4,33	4391
18	4,94	3,70	4,33	5880
19	4,94	3,70	4,33	9956
20	4,94	3,70	4,33	11050
21	4,94	3,70	4,33	2793
22	4,94	3,70	4,33	2572
23	4,57	5,09	2,71	2229
24	4,57	5,09	2,71	2229
25	4,57	5,09	2,71	1768
26	3,30	4,90	4,90	475
27	3,30	4,90	4,90	2730
28	4,57	5,09	2,71	1501
29	4,57	5,09	2,71	1501
30	4,57	5,09	2,71	639
31	4,57	5,09	2,71	639
32	4,57	5,09	2,71	639
33	5,35	6,00	4,68	3508
34	3,30	4,90	4,90	3470
35	3,30	4,90	4,90	1278
36	2,07	2,78	2,07	1190
37	2,07	2,78	2,07	3239
38	2,07	2,78	2,07	2474
39	2,51	3,42	2,04	4889
40	2,51	3,42	2,04	3906
41	3,30	4,90	4,90	3583
42	3,30	4,90	4,90	1124
43	3,30	4,90	4,90	6951
44	3,30	4,90	4,90	4671
45	3,30	4,90	4,90	4671
46	3,30	4,90	4,90	4671
47	3,30	4,90	4,90	4671
48	3,30	4,90	4,90	609
49	3,10	3,06	5,57	2013
50	3,1	3,06	5,57	1119
51	3,42	4,3	2,9	1486
52	1,7	3,4	3,83	3218
53	5,66	5,68	2,5	402
54	3,08	3,04	5,16	1257
55	5,13	4,02	5,96	2090
56	5,13	4,02	5,96	789
57	5,13	4,02	5,96	3825
58	5,13	4,02	5,96	1090
59	5,13	4,02	5,96	1090
60	3,01	3,03	4,8	1574

**TABELA 3.13 - Taxas de Crescimento de Tráfego Por Classe de Veículo - Continuação**

Nº de Ordem	Taxas de Crescimento			
	TVL	TCOL	TCG	VMD
61	3,08	3,04	5,16	2350
62	3,08	3,04	5,16	2350
63	3,08	3,04	5,16	2350
64	3,08	3,04	5,16	3150
65	3,08	3,04	5,16	1040
66	3,30	4,90	4,90	1163
67	3,08	3,04	5,16	851
68	3,08	3,04	5,16	2189
69	3,08	3,04	5,16	1307
70	3,08	3,04	5,16	555
71	3,01	3,03	4,8	1941
72	3,01	3,03	4,8	1941
73	3,06	5,55	4,06	8919
74	3,06	5,55	4,06	8919
75	3,06	5,55	4,06	7192
76	2,51	3,42	2,04	4718
77	3,42	4,30	2,90	1407
78	3,30	4,90	4,90	2111
79	5,35	6,00	4,68	4866
80	3,3	4,9	4,9	1588
81	3,3	4,9	4,9	886
82	3,3	4,9	4,9	886
83	3,3	4,9	4,9	886

LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

TVL - Taxa de crescimento para veículos leves - Passeio

TCOL - Taxa de crescimento para Coletivos

TCG - Taxa de crescimento para veículos de carga

### 3.6.1 Fatores de Veículos

Os fatores de veículos são determinados somando-se os efeitos destrutivos de cada eixo que compõe o veículo. O efeito destrutivo de cada eixo é variável de acordo com a carga o está solicitando. Existem dois métodos que são comumente utilizados no Brasil e também em todo mundo e que serão utilizadas neste estudo. Estas metodologias estabelecem os efeitos destrutivos de cada tipo de eixo e respectiva carga. O primeiro método foi estabelecido pela AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) e o segundo adotado pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), oriundo de pesquisas executadas pelo USACE (United States Army Corps of Engineers).

Em virtude da inexistência de postos de pesagem nas rodovias estaduais de Santa Catarina, não foi possível que se utilizassem fatores de veículos específicos para a realidade do estado.

A estimativa dos fatores de veículo para este trabalho, e para MARCON (1996), foram determinados através de dados bibliográficos obtidos através de outros estudos, que

apesar da relativa perda de representatividade, podem ser considerados como uma boa aproximação.

As informações disponíveis sobre fatores de veículos foram obtidas das seguintes fontes (MARCON, 1996):

- a) Tabela de Fatores de Veículos - DNER (1988): uma publicação contendo fatores de veículos determinados a partir de pesos de cargas por eixo, avaliados com balanças dinâmicas ou estáticas, localizadas ao longo da malha rodoviária federal pavimentada em todo o Brasil. Os valores consultados para este estudo correspondem aos da região sul; e
- b) Sistema de Gerência de Pavimentos - DER-SC/APPE (1991): relatório contendo fatores de veículos determinados a partir de informações sobre cargas transportadas pelos veículos, obtidas em pesquisa de origem e destino;
- c) QUEIROZ (1982) e MENEZES et al. (1988).

### **3.6.1.1 Considerações Sobre a Bibliografia Consultada**

As informações contidas em QUEIROZ (1982) se referem aos dados coletados para a Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR), no período de 1977 e 1981. Esta pesquisa obteve fatores de veículo do tráfego comercial da amostra avaliada, através do método da AASHTO. Os fatores de veículos obtidos foram:

- Veículos sem sobrecarga.....FV = 0,441
- Veículos com sobrecarga.....FV = 4,630

MENEZES et al. (1988) apresentam considerações e informações sobre um programa de pesagens, executado pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco (DER-PE), abrangendo rodovias estaduais e federais, no período entre 1985 e 1988. Os fatores de veículo foram calculados através do método da AASHTO (AASHTO, 1974) e do USACE (DNER, 1979b).

MENEZES et al. (1988) destacam que os trechos de rodovias escolhidos foram distribuídos em zonas homogêneas de tráfego e também foram incluídos trechos localizados próximos a cidade do Recife e acessos às indústrias. O percentual de veículos

com sobrecarga foi de 20,9% e sem sobrecarga de 79,1%, sendo que os valores de fatores de veículos apresentados são bastante variados, principalmente, quando se trata de acessos às usinas e fábricas.

O DNER (1988) publicou um trabalho intitulado “Tabela de Fatores de Veículos”, onde são apresentados fatores de veículos calculados com base em pesagens executadas em balanças dinâmicas e estáticas e em postos permanentes e temporários (operados pelo IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias), distribuídas na malha rodoviária federal por todo Brasil.

MARCON (1996) destaca que os valores de fatores de veículos do DNER (1988) obtidos a partir dos postos de pesagens permanentes e temporários localizados em Santa Catarina ou nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, estes quando localizados próximos à fronteira com Santa Catarina, podem ser considerados os mais representativos aos hábitos de carga praticados no estado.

As Tabelas de 3.14 a 3.17 mostram os valores de fatores de veículos estimados com base nos dados da publicação DNER (1988) para os postos permanentes e temporários, citados anteriormente, e para as metodologias de cálculo da AASHTO (AASHTO,1986) e do USACE (DNER, 1979b).

**TABELA 3.14 - Fatores de Veículos (AASHTO) Postos Permanentes**

Trecho	Tipo de Veículo											
	2C	3C	4C	2S1	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
9.01	0,29	1,01	1,37	1,56	2,54	1,65	3,73	3,11	1,6	4,64	2,35	1,68
9.02	0,41	1,13	1,33	2,32	2,23	6,9	6,28	3,21	0,95	5,64	1,9	3,56
9.03	1,13	2,1	1,61	1,71	4	12,88	5,11	4,39	2,58	4,39	2,62	4,51
9.04	0,1	0,42	0,92	0,59	1,2	0,93	4,37	2,22	0,59	4,51	1,14	2,65
9.06	0,28	0,81	1,4	2,41	1,87	5,73	4,46	2,9	4,1	3,6	1,54	3,25
9.07	0,17	0,47	0,53	1,18	0,73	8,53	2,32	1,81	0,62	0,94	0,92	2,88
9.08	0,41	0,83	1,32	1,11	2,13	1,44	3,62	3,25	2,24	6,52	2,54	3,03
10.14	0,45	0,9	1,21	1,27	1,85	5,77	2,96	3,13	1,84	3,99	1,03	3,01
Média	0,41	0,96	1,21	1,52	2,07	5,48	4,11	3	1,82	4,28	1,76	3,07
desv. padrão	0,3	0,49	0,32	0,58	0,91	3,84	1,16	0,72	1,1	1,53	0,65	0,75

Fonte: DNER (1988)

**TABELA 3.15 - Fatores de Veículos (USACE) - Postos Permanentes**

Trecho	Tipo de Veículo											
	2C	3C	4C	2S1	2S2	3S1	2C2	2S3	2C3	3C2	3S3	3C3
9.01	0,42	5,31	10,05	2,22	8,21	3,65	5,44	12,72	6,13	18,24	15,26	6,61
9.02	0,57	5,81	9,88	3,59	6,76	13,72	8,72	12,42	2,09	21,34	12,24	15,71
9.03	2,32	13,41	10,18	3,15	15,96	26,74	8,37	14,97	6,85	15,12	16,91	20
9.04	0,13	2,05	6,72	0,89	3,42	1,93	5,59	8,8	1,29	18,86	7,15	12,04
9.06	0,4	3,97	10,04	3,31	5,13	20,15	6,66	10,53	13,78	13,51	9,76	14,55
9.07	0,22	2,41	3,57	2,09	1,99	14,37	3,62	6,77	1,61	3,7	5,48	13,42
9.08	0,55	3,7	9,68	1,57	5,55	2,77	4,99	11,68	7,84	23,41	18,22	13,2
10.14	0,73	4,26	8,89	1,95	4,88	22,63	4,31	11,9	4,94	15,84	5,85	12,86
Média	0,67	5,12	8,63	2,35	6,49	13,25	5,96	11,22	5,57	16,25	11,36	13,55
desv. padrão	0,65	3,36	2,19	0,87	4	9,01	1,71	2,36	3,89	5,64	4,73	3,51

Fonte: DNER (1988)

Descrição do Trechos (Postos Permanentes):

Código	Estado	Rodovia	Localização (km)	Trecho
9.01	PR	277/376	140	S. Luiz do Purunã - Curitiba
9.02	PR	277/373	329	Guarapuava - Relógio
9.03	PR	277	564	Cascavel - Três Pinheiros
9.04	PR	277	718	Foz do Iguaçu - Medianeira
9.06	PR	116	124	Curitiba - Quitandinha
9.07	PR	277	32	Paranaguá - Curitiba
9.08	PR	116	187	Rio Negro - Curitiba
10.14	RS	101	50	Osório - Araranguá

**TABELA 3.16 - Fatores de Veículos(AASHTO) - Postos Temporário**

Posto	Tipo de Veículo					
	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S3
BR 101 -Joinville	0,29	0,78	1,09	1,22	2,69	0,40
BR 116-Sta Cecília		1,25		2,73	4,66	
BR 282-Xanxerê	1,46	1,72		8,49	6,86	
BR 470-Lontras	2,46	1,38		5,01	5,00	
Média	1,40	1,28	1,09	4,36	4,80	0,40
desv. padrão	0,89	0,34	0,00	2,74	1,48	0,00

Fonte: DNER (1988)

**TABELA 3.17 - Fatores de Veículos(USACE) - Postos Temporários**

Posto	Tipo de Veículo					
	2C	3C	2S1	2S2	2S3	3S3
BR 101-Joinville	0,27	3,17	1,15	2,63	6,34	1,49
BR 116-Sta Cecília	2,14	5,99		6,68	13,55	
BR 282-Xanxerê	2,46	9,60		31,01	22,36	
BR 470-Lontras	4,60	7,70		14,69	16,72	
Média	2,37	6,62	1,15	13,75	14,74	1,49
desv. padrão	1,54	2,36	0,00	10,87	5,79	0,00

Fonte: DNER (1988)

O estudo desenvolvido pelo DER-SC (1991) foi executado por uma empresa consultora para o DER-SC (DER-SC/APPE, 1991). Os fatores de veículos foram estimados a partir de informações do peso da carga transportada e da tara dos respectivos caminhões transportadores, obtidas durante pesquisas de origem-destino (O/D), executadas em 1988 e 1990 (DER-SC/APPE, 1989; DER-SC/APPE, 1991).

A distribuição de pesos por eixos no estudo DER-SC/APPE foi fixada em função da distribuição das cargas máximas permissíveis e da experiência do corpo técnico da

empresa consultora em pesagens de cargas rodoviárias. Foi adotada também a premissa de que o eixo dianteiro de qualquer veículo de carga pesa no máximo 5,0 toneladas. Os fatores de veículos obtidos, utilizando as metodologias contidas em AASHTO (1986) e SOUZA (1979) e as considerações acima, forneceram valores para os fatores de veículos, conforme Tabela 3.18. Ressalta-se, também, que neste estudo o fator de veículo para os ônibus foi adotado como sendo igual à média dos valores publicados em MENEZES et al. (1988).

**TABELA 3.18** - Fatores de Veículos - Métodos DNER e AASHTO

Grupo de Veículos	Método	
	AASHTO	DNER
Caminhões Médios - 2C	0,578	1,149
Caminhões Pesados - 3 C	0,837	4,767
Reb./S. Reboques - 2S2 e 2S3	3,388	12,078

Fonte: DER-SC/APPE, 1991

Algumas considerações foram feitas a respeito deste estudo. A primeira, seria com relação aos veículos de carga que trafegam vazios. O percentual de veículos que trafegam vazios é elevado, como mostra a Tabela 3.19, sendo que se considerarmos a totalidade dos veículos de carga, o percentual de veículos vazios é de 48,4%.

**TABELA 3.19** - Percentuais de Veículos Vazios (Fonte: DER-SC/APPE, 1991)

Tipo de Veículo	Percentual
Caminhões Médios - 2C	49,45
Caminhões Pesados - 3 C	46,72
Semi-reboques - 2S2	40,00
Semi-reboques - 2S3	47,86

A segunda consideração seria segundo a representatividade da frota. No estudo do DER-SC/APPE, 1991, há o relato de que foram abordados para entrevista cerca de 10.500 veículos de carga. A Tabela 3.20 mostra a distribuição percentual por tipo de veículo de carga do grupo investigado. A boa representatividade pode ser observada na Tabela 3.21 a seguir.

**TABELA 3.20** - Percentuais de Participação na Frota por Tipo de Veículo de Carga - (Fonte: DER-SC/APPE, 1991)

Tipo de Veículo	Percentual
Caminhões Médios - 2C	57,76
Caminhões Pesados - 3 C	33,24
Semi-reboques - 2S1	0,23
Semi-reboques - 2S2	1,00
Semi-reboques - 3S1	0,04
Semi-reboques - 3S2	0,01
Semi-reboques 2S3	6,77
Semi-reboques 3S3	0,49
Reboques	0,46
Total	100,00

**TABELA 3.21** - Comparação dos Percentuais da Amostra Origem-Destino em Relação aos do Tráfego Levantado de Veículos de Carga

Grupo de Veículos	Percentuais	
	Origem-Destino	Tráfego Levantado
Caminhões Médios (2C)	57,80	58,60
Caminhões Pesados (3 C)	33,20	29,70
Semi-reboques/reboques (2S2 e 2S3)	9,00	11,70
Total	100,00	100,00

### 3.6.1.2 Análise das Informações Bibliográficas e Definição dos Fatores de Veículo

Considerando-se as diversas formas de apresentação das fontes bibliográfica citadas anteriormente, a limitação para que se possa fazer uma comparação direta dos dados é considerável. Para que se pudesse obter fatores de veículos que representem as condições de tráfego das rodovias catarinenses algumas considerações foram feitas e serão descritas na seqüência (MARCON, 1996).

Para o presente estudo, os fatores de veículos são considerados por grupos de veículos, isto é:

- Ônibus;
- Caminhões Médios;
- Caminhões Pesados; e
- Reboques/Semi-Reboques.

O cálculo foi feito com base nas metodologias da AASHTO e do DNER, sendo que os fatores de veículos estimados serão aplicados em todos os trechos estudados.

O fator de veículo para ônibus foi adotado como sendo a média dos valores obtidos por MENEZES et al. (1988), que resultou em um valor de  $FV = 0,79$  (DNER) e  $FV = 0,67$  (AASHTO). Cumpre ressaltar que a utilização dos dados de MENEZES et al. (1988) se

deu pela ausência destes valores na publicação “Tabela de Fatores de Veículos” do DNER (1988).

O fator de veículo dos caminhões médios foi calculado como sendo a média dos fatores de veículo correspondentes aos veículos 2C dos postos de pesagem permanentes e temporários apresentados nas Tabelas 3.14 e 3.16 para os fatores de veículos calculados pelo método da AASHTO e Tabelas 3.15 e 3.17 para os fatores calculados pelo método do DNER.

Para os fatores de veículo dos caminhões pesados, foi adotado procedimento similar ao utilizado para os caminhões leves. Ressalta-se que nas pesquisas de origem-destino efetuadas pelo DER-SC/APPE e nas pesagens em postos temporários referentes aos dados da “Tabela de Fatores de Veículos” do DNER, não foram registrados veículos 4C.

Utilizando procedimento semelhante àquele utilizado para o cálculo dos fatores de veículo de caminhões médios, foram calculados os fatores de veículos para cada um dos tipos de semi-reboques constantes das Tabelas 3.14 e 3.16 (Método da AASHTO) e Tabelas 3.15 e 3.17 (Método do DNER). O semi-reboque 3S2 foi excluído por não ter sido publicado em DNER (1988), sendo que o correspondente fator de veículo e o percentual de participação na frota de 0,01 % era extremamente pequeno.

O fator de veículo para os reboques foi calculado como sendo a média de todos os fatores correspondentes aos tipos 2C2, 2C3, 3C2 e 3C3, constantes da Tabela 3.14 (Método da AASHTO) e tabela 3.15 (Método do DNER). Isto foi motivado pelo fato de que conforme DNER (1988), nos postos de pesagem temporários, não foram avaliadas cargas por eixo em reboques.

A Tabela 3.22 mostra, baseado nas considerações descritas acima, a configuração de fatores de veículos obtidas.



**TABELA 3.22 - Fatores de Veículos por Tipo/Grupo de Veículos de Carga**

Tipo de Veículo	Percentual dos Veíc. de Carga	Fatores de Veículos	
		AASHTO	DNER
Caminhões Médios - 2C	57,76	0,68	1,23
Caminhões Pesados - 3 C	33,24	1,07	5,62
Semi-reboques - 2S1	0,23	1,47	2,21
Semi-reboques - 2S2	1,00	2,83	8,91
Semi-reboques - 3S1	0,04	5,48	13,25
Semi-reboques 2S3	6,77	3,60	12,4
Semi-reboques 3S3	0,49	1,60	10,26
Reboques	0,46	3,32	10,33

Com a finalidade de obter um único fator de veículo para os reboques e semi-reboques, achou-se a média ponderada dos fatores de veículos para reboques e semi-reboques da Tabela 3.22, em que o fator de ponderação corresponde ao percentual de participação na frota de veículos de carga.

Os fatores de veículos calculados e adotados para este estudo são os mostrados na Tabela 3.23. Apesar destes fatores terem sido determinados a pelo menos 10 anos, julgou-se oportuna sua utilização para efeitos de comparação com o trabalho de MARCON (1996). Outra consideração importante é de que os fatores de veículos hoje utilizados pela Diretoria de Planejamento e Projetos do DEINFRA/SC são praticamente iguais aos considerados na Tabela 3.23. A Tabela 3.24 mostra os fatores de veículos utilizados atualmente pelo DEINFRA/SC. Nota-se que somente para os Reboques e Semi-Reboques houve um ligeiro aumento no valor.

É importante lembrar também que os fatores de veículo calculados para este estudo, conforme a Tabela 3.23 são fruto de considerações e ponderações levadas em conta com a finalidade de obter a maior confiabilidade possível

**TABELA 3.23 - Fatores de Veículos Adotados Para Esta Pesquisa**

Grupo de Veículos	Fatores de Veículos	
	AASHTO	DNER
Onibus	0,67	0,79
Caminhões Médios	0,68	1,23
Caminhões Pesados	1,07	5,62
Semi-reboques/reboques	3,34	11,53

**TABELA 3.24 - Fatores de Veículos Utilizados Atualmente pelo DEINFRA/SC**

Grupo de Veículos	Fatores de Veículos	
	AASHTO	DNER
Onibus	0,67	0,79
Caminhões Médios	0,58	1,15
Caminhões Pesados	0,84	4,77
Semi-reboques/reboques	3,39	12,08

### 3.6.2 Cálculo do Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão de 8,2t – $N_{8,2t}$

São duas as metodologias mais utilizadas no Brasil para o cálculo do número  $N_{8,2t}$ : o método do DNER (DNER, 1979b) e da AASHTO (AASHTO, 1993). Para este trabalho, utilizar-se-á estas metodologias, corroborando com o trabalho de MARCON (1996).

Os volumes médios diários para cada um dos anos anteriores, desde a abertura ao tráfego até 1990, 1995, 1997 e 2001, foram estimados em função do ano da contagem de tráfego conforme tabela 3.12 . As taxas de crescimento de tráfego utilizadas foram aquelas apresentadas na Tabela 3.13.

Utilizando-se as duas metodologias apresentadas, calculou-se o valor do  $N_{8,2t}$  considerando o tráfego que passou no trecho durante toda a vida útil do pavimento, isto é, desde a abertura ao tráfego até o ano de 1990, 1995, 1997 e 2001.

Os valores de  $N_{8,2t}$  para cada trecho, calculados de acordo com os métodos citados e os fatores de veículo descritos, são mostrados na Tabela 3.25.

**TABELA 3.25 - N8,2t Acumulado Para Cada Trecho e Ano de Auscultação**

Nº de Ordem	N <sub>8,2t</sub> USACE 1990	N <sub>8,2t</sub> USACE 1995	N <sub>8,2t</sub> USACE 1997	N <sub>8,2t</sub> USACE 2001	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001
1	1,04E+07	1,62E+07	1,87E+07	2,38E+07	3,02E+06	4,71E+06	5,42E+06	6,90E+06
2	-	2,08E+06	3,64E+06	7,25E+06	-	5,47E+05	9,59E+05	1,91E+06
3	-	1,10E+06	2,24E+06	4,68E+06	-	2,95E+05	6,02E+05	1,26E+06
4	6,59E+05	1,40E+06	1,72E+06	2,40E+06	2,31E+05	4,92E+05	6,06E+05	8,52E+05
5	5,31E+05	1,12E+06	1,38E+06	1,93E+06	1,82E+05	3,88E+05	4,77E+05	6,69E+05
6	1,00E+06	1,94E+06	2,35E+06	3,21E+06	2,91E+05	5,65E+05	6,84E+05	9,40E+05
7	8,54E+05	1,30E+06	1,51E+06	1,98E+06	3,50E+05	5,31E+05	6,15E+05	8,05E+05
8	6,89E+06	9,19E+06	1,03E+07	1,27E+07	2,15E+06	2,86E+06	3,19E+06	3,93E+06
9	4,72E+06	7,09E+06	8,19E+06	1,07E+07	1,34E+06	2,02E+06	2,33E+06	3,04E+06
10	4,17E+06	6,52E+06	7,58E+06	9,96E+06	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06
11	4,17E+06	6,52E+06	7,58E+06	9,96E+06	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06
12	4,17E+06	6,52E+06	7,58E+06	9,96E+06	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06
13	4,17E+06	6,52E+06	7,58E+06	9,96E+06	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06
14	4,17E+06	6,52E+06	7,58E+06	9,96E+06	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06
15	7,31E+06	9,63E+06	1,07E+07	1,30E+07	2,08E+06	2,74E+06	3,04E+06	3,71E+06
16	1,44E+06	3,55E+06	4,51E+06	6,65E+06	4,19E+05	1,03E+06	1,31E+06	1,93E+06
17	2,25E+06	3,32E+06	3,82E+06	4,94E+06	8,41E+05	1,24E+06	1,43E+06	1,84E+06
18	3,02E+06	4,47E+06	5,13E+06	6,65E+06	1,13E+06	1,67E+06	1,91E+06	2,47E+06
19	6,20E+06	9,15E+06	1,05E+07	1,36E+07	2,56E+06	3,77E+06	4,33E+06	5,59E+06
20	5,68E+06	8,39E+06	9,65E+06	1,25E+07	2,12E+06	3,13E+06	3,60E+06	4,65E+06
21	1,47E+06	2,14E+06	2,44E+06	3,13E+06	5,45E+05	7,96E+05	9,11E+05	1,17E+06
22	3,47E+06	5,12E+06	5,89E+06	7,62E+06	1,41E+06	2,07E+06	2,38E+06	3,07E+06
23	4,37E+05	7,14E+05	8,37E+05	1,11E+06	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05
24	4,37E+05	7,14E+05	8,37E+05	1,11E+06	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05
25	3,97E+05	6,13E+05	7,09E+05	9,22E+05	2,00E+05	3,11E+05	3,61E+05	4,73E+05
26	-	9,69E+04	1,53E+05	2,82E+05	-	2,77E+04	4,37E+04	8,06E+04
27	-	9,70E+05	1,43E+06	2,48E+06	-	2,85E+05	4,19E+05	7,30E+05
28	9,50E+05	1,87E+06	2,27E+06	3,15E+06	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06
29	9,50E+05	1,87E+06	2,27E+06	3,15E+06	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06
30	3,39E+05	6,68E+05	8,13E+05	1,13E+06	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05
31	3,39E+05	6,68E+05	8,13E+05	1,13E+06	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05
32	3,39E+05	6,68E+05	8,13E+05	1,13E+06	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05
33	3,21E+06	4,96E+06	5,79E+06	7,68E+06	1,08E+06	1,68E+06	1,96E+06	2,60E+06
34	-	7,77E+05	1,14E+06	1,99E+06	-	2,30E+05	3,39E+05	5,89E+05
35	-	1,04E+05	2,17E+05	4,81E+05	-	2,98E+04	6,27E+04	1,39E+05
36	8,00E+05	1,17E+06	1,33E+06	1,67E+06	2,98E+05	4,37E+05	4,97E+05	6,24E+05
37	7,92E+06	1,16E+07	1,32E+07	1,65E+07	2,35E+06	3,43E+06	3,90E+06	4,89E+06
38	8,14E+06	1,19E+07	1,35E+07	1,70E+07	2,20E+06	3,22E+06	3,66E+06	4,59E+06
39	1,33E+07	1,99E+07	2,28E+07	2,88E+07	3,76E+06	5,62E+06	6,42E+06	8,13E+06
40	1,30E+07	1,94E+07	2,21E+07	2,80E+07	3,62E+06	5,41E+06	6,18E+06	7,82E+06
41	-	2,19E+06	3,45E+06	6,36E+06	-	6,01E+05	9,47E+05	1,75E+06
42	4,72E+05	7,83E+05	9,30E+05	1,27E+06	1,50E+05	2,50E+05	2,96E+05	4,05E+05
43	1,62E+06	3,67E+06	4,64E+06	6,88E+06	5,41E+05	1,23E+06	1,55E+06	2,30E+06
44	-	3,22E+06	5,07E+06	9,36E+06	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06
45	-	3,22E+06	5,07E+06	9,36E+06	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06
46	-	3,22E+06	5,07E+06	9,36E+06	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06

**TABELA 3.25 - N<sub>8,2t</sub> Acumulado Para Cada Trecho e Ano de Auscultação - Continuação**

Nº de Ordem	N <sub>8,2t</sub> USACE 1990	N <sub>8,2t</sub> USACE 1995	N <sub>8,2t</sub> USACE 1997	N <sub>8,2t</sub> USACE 2001	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001
47	-	3,22E+06	5,07E+06	9,36E+06	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06
48	-	-	-	1,28E+05	-	-	-	4,66E+04
49	7,22E+05	1,53E+06	1,91E+06	2,82E+06	2,79E+05	5,88E+05	7,36E+05	1,08E+06
50	7,83E+05	1,66E+06	2,08E+06	3,08E+06	2,25E+05	4,76E+05	5,97E+05	8,82E+05
51	6,26E+05	1,24E+06	1,51E+06	2,10E+06	1,98E+05	3,93E+05	4,79E+05	6,68E+05
52	3,95E+06	6,06E+06	7,02E+06	9,17E+06	1,32E+06	2,03E+06	2,35E+06	3,07E+06
53	5,52E+04	2,07E+05	2,73E+05	4,17E+05	2,60E+04	9,77E+04	1,29E+05	1,98E+05
54	1,41E+06	2,52E+06	3,05E+06	4,27E+06	4,40E+05	7,83E+05	9,47E+05	1,33E+06
55	3,34E+05	7,12E+05	8,95E+05	1,33E+06	1,42E+05	3,00E+05	3,76E+05	5,56E+05
56	1,24E+06	2,11E+06	2,53E+06	3,54E+06	3,99E+05	6,76E+05	8,11E+05	1,13E+06
57	3,25E+06	4,95E+06	5,78E+06	7,73E+06	1,34E+06	2,02E+06	2,35E+06	3,12E+06
58	2,63E+05	6,13E+05	7,83E+05	1,19E+06	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05
59	2,63E+05	6,13E+05	7,83E+05	1,19E+06	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05
60	2,27E+06	3,87E+06	4,62E+06	6,35E+06	7,40E+05	1,26E+06	1,50E+06	2,06E+06
61	3,11E+06	4,96E+06	5,84E+06	7,88E+06	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06
62	3,11E+06	4,96E+06	5,84E+06	7,88E+06	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06
63	3,11E+06	4,96E+06	5,84E+06	7,88E+06	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06
64	6,04E+06	8,84E+06	1,02E+07	1,33E+07	1,88E+06	2,74E+06	3,15E+06	4,09E+06
65	2,34E+05	7,10E+05	9,37E+05	1,46E+06	8,87E+04	2,69E+05	3,55E+05	5,53E+05
66	-	4,65E+05	8,14E+05	1,62E+06	-	1,33E+05	2,32E+05	4,62E+05
67	7,60E+05	1,59E+06	1,99E+06	2,91E+06	2,57E+05	5,38E+05	6,71E+05	9,81E+05
68	2,46E+06	3,78E+06	4,40E+06	5,86E+06	7,69E+05	1,18E+06	1,37E+06	1,82E+06
69	4,52E+05	1,03E+06	1,31E+06	1,95E+06	1,37E+05	3,13E+05	3,96E+05	5,88E+05
70	3,46E+05	7,24E+05	9,04E+05	1,32E+06	1,24E+05	2,59E+05	3,22E+05	4,69E+05
71	2,31E+06	3,94E+06	4,71E+06	6,47E+06	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06
72	2,31E+06	3,94E+06	4,71E+06	6,47E+06	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06
73	2,59E+07	3,58E+07	4,03E+07	5,05E+07	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07
74	2,59E+07	3,58E+07	4,03E+07	5,05E+07	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07
75	1,81E+07	2,49E+07	2,81E+07	3,52E+07	5,35E+06	7,40E+06	8,35E+06	1,05E+07
76	1,37E+07	2,04E+07	2,34E+07	2,95E+07	3,80E+06	5,69E+06	6,50E+06	8,24E+06
77	9,79E+05	1,94E+06	2,36E+06	3,28E+06	3,14E+05	6,22E+05	7,58E+05	1,06E+06
78	-	-	6,08E+05	2,01E+06	-	-	1,74E+05	5,75E+05
79	9,67E+06	1,43E+07	1,64E+07	2,14E+07	2,83E+06	4,19E+06	4,83E+06	6,29E+06
80	-	4,33E+05	1,36E+06	3,51E+06	-	1,18E+05	3,71E+05	9,55E+05
81	-	-	-	1,87E+05	-	-	-	9,95E+04
82	-	-	-	1,87E+05	-	-	-	9,95E+04
83	-	-	-	1,87E+05	-	-	-	9,95E+04

LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

N<sub>8,2t</sub> - Número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton

Foram determinados ainda os valores de N<sub>8,2t</sub> acumulado para os trechos desde o ano em que foram restaurados. Estes valores serão mostrados no capítulo 5, que equivale a etapa de “Análise do Comportamento dos Pavimentos”.

## **CAPÍTULO 4 - SÍNTESE DA CONDIÇÃO DA REDE NA REGIÃO EM ESTUDO**

A síntese da condição da rede para a região geológica 1 foi feita com base nos levantamentos disponíveis no Sistema de Gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC descritos no capítulo anterior, ou seja, nos levantamentos executados nos anos de 1990, 1995, 1997 e 2001. Para cada ano de levantamento dos trechos utilizados nesta pesquisa, efetuou-se uma análise estatística descritiva baseada na organização e distribuição dos dados, agrupando-os em classes de frequências. O número de classes não é fixa e sua determinação, além de critérios lógicos, foi feita a partir da expressão empírica apresentada por NETO (2000):

$$K = 1 + 3,3 \log n \quad (4.1)$$

onde:

K = número de classes ou intervalos de frequência; e

n = número de observações.

Nesta análise foi considerada ainda uma separação no que diz respeito ao histórico do pavimento da seguinte forma:

- como construído (sem restauração), e
- pavimentos recuperados (com restauração).

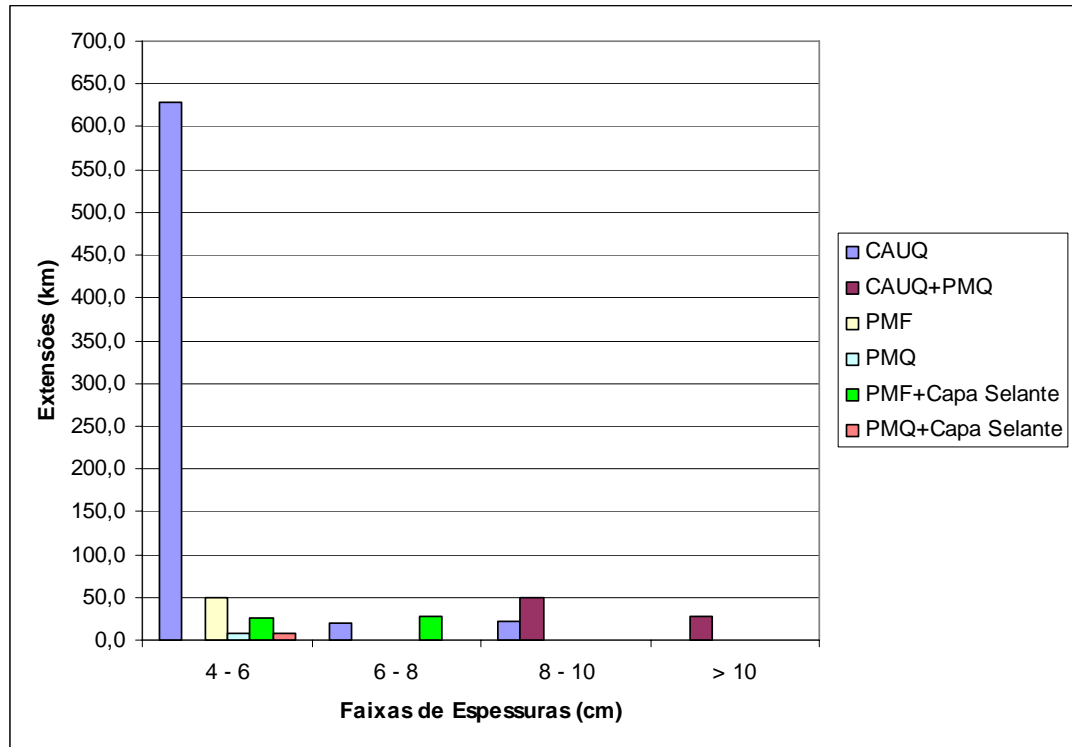
São mostrados nos itens a seguir, em forma de tabelas e gráficos, os resultados estatísticos obtidos. Os dados são mostrados por extensão e/ou número de trechos para que se possa avaliar da melhor forma possível sua representatividade.

### **4.1 Características Estruturais e Idade dos Pavimentos**

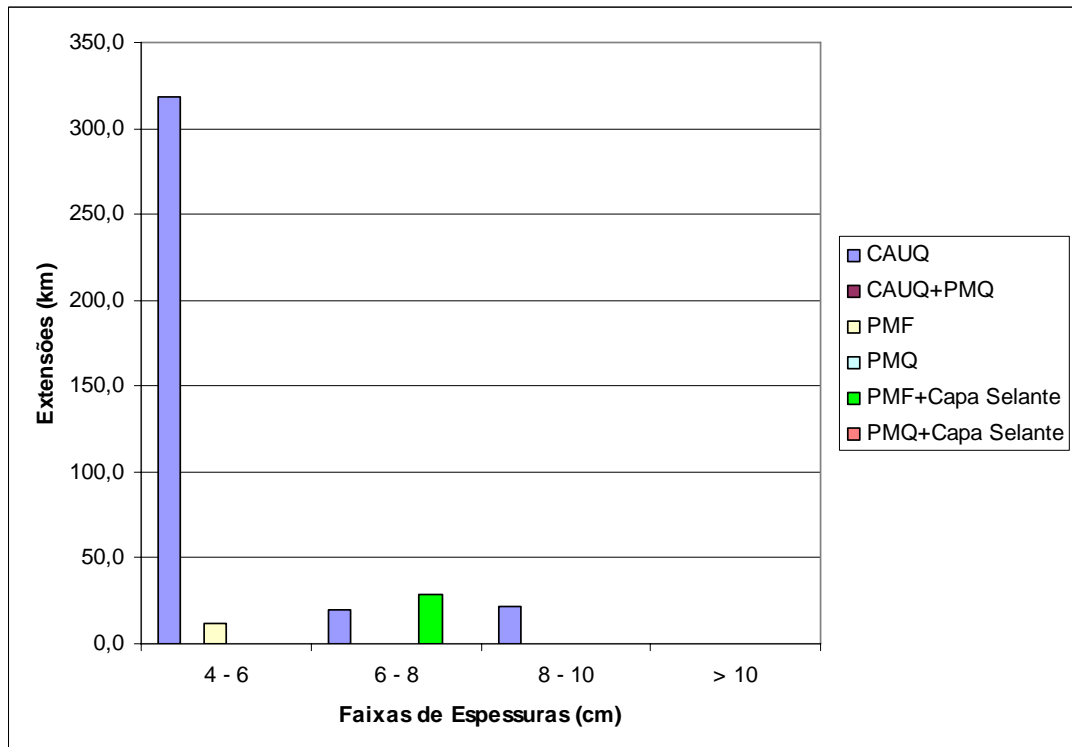
#### **4.1.1 Revestimento**

Para a análise do revestimento, observou-se, primeiramente, os pavimentos com relação à faixas de espessura e tipo de material constituinte, considerando pavimentos que já foram restaurados e que ainda não foram restaurados de forma conjunta. Depois, separadamente, fez-se a mesma análise considerando somente os pavimentos restaurados

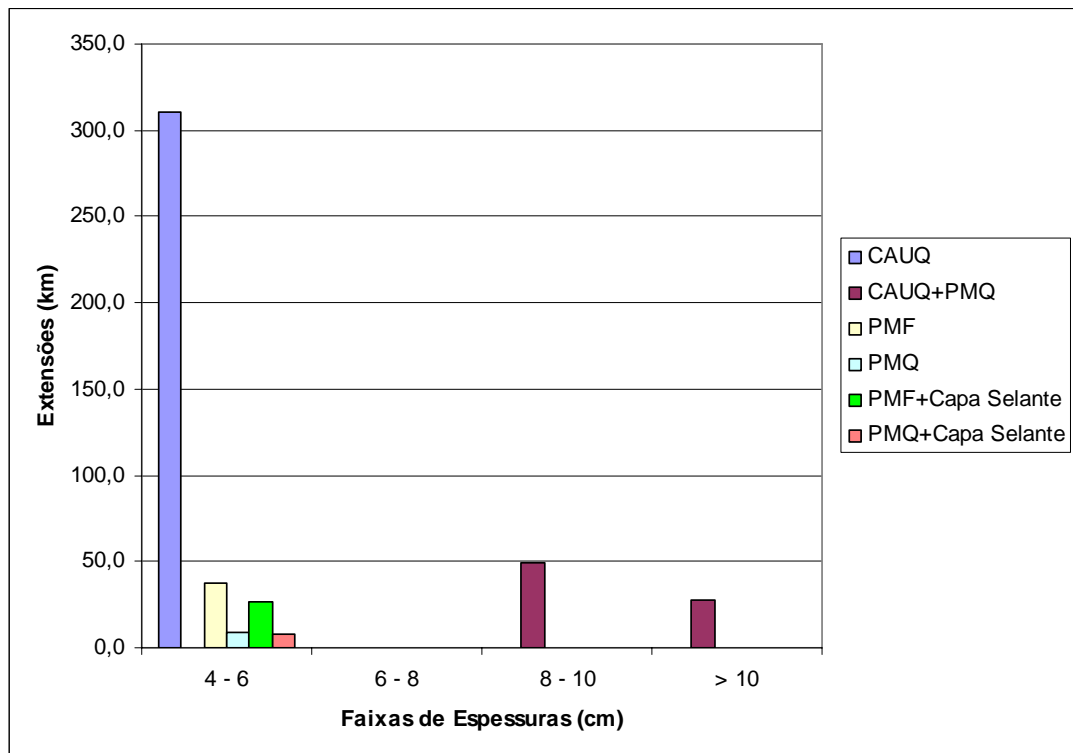
e depois os não restaurados, sendo que as espessuras consideradas são referentes a do pavimento original (como construído). As Figuras de 4.1 a 4.3 ilustram esta análise.



**FIGURA 4.1** - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados )



**FIGURA 4.2** - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Pavimentos Não-Restaurados)



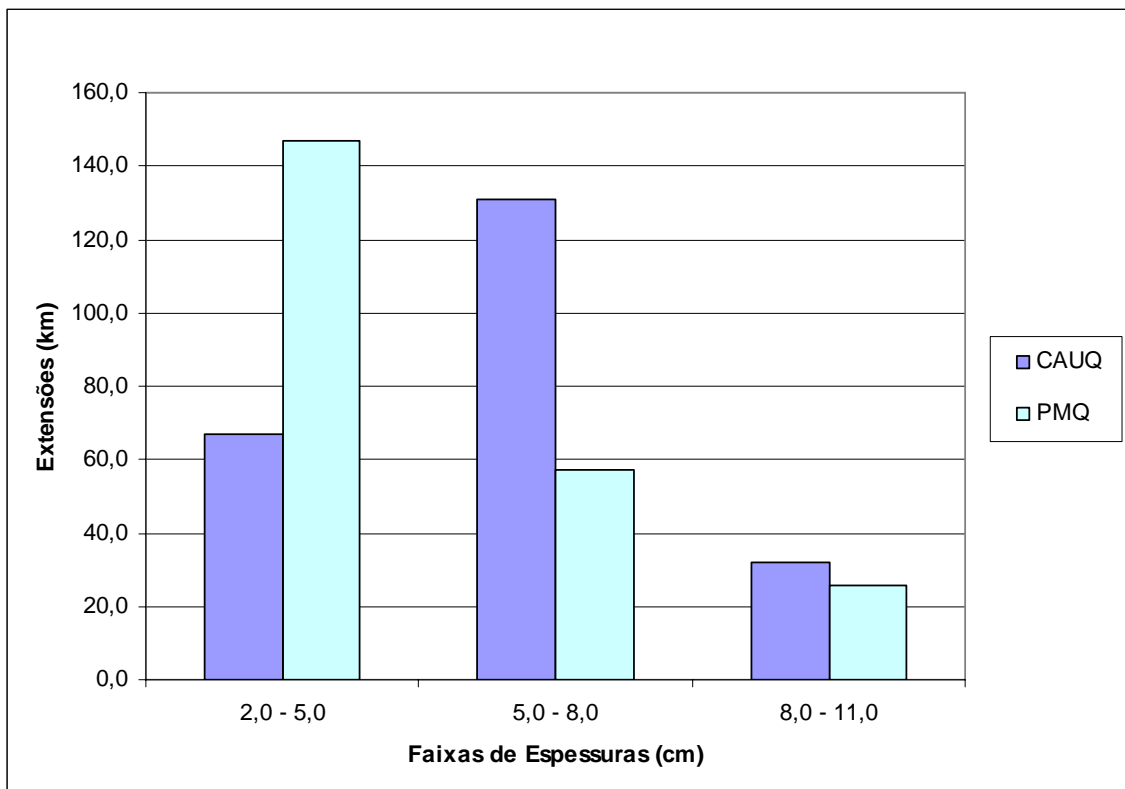
**FIGURA 4.3** - Extensões por Tipo de Revestimento e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados)

Considerando os trechos não restaurados e os já restaurados, constata-se que 77,3% da extensão possui revestimento em CAUQ, e que a maioria da extensão analisada apresenta espessuras em torno de 4 a 6 cm. O segundo tipo de revestimento mais utilizado é combinação CAUQ+PMQ, ou seja, camadas integradas de concreto betuminoso usinado a quente/pré misturado a quente, que representam apenas 8,8% da extensão. As espessuras encontradas são geralmente maiores do que 8 cm.

Dos pavimentos que até o ano de 2001 não sofreram qualquer restauração, 89,9% do revestimento foi executado em CAUQ, sendo a espessura variando entre 4 e 6 cm. Depois, com apenas 7,1% estão os pavimentos em PMF + Capa Selante, com espessuras entre 6 e 8 cm.

Para os pavimentos que já foram restaurados, destacam-se novamente os trechos em CAUQ com 66,4% dos 467,5 km. O segundo tipo de revestimento mais restaurado é aquele em camadas integradas em CAUQ/PMQ, com 16,3% em extensão dos trechos já restaurados, e com espessuras maiores do que 8 cm. Em seguida, considerando-se os tipos de revestimento mais restaurados, vem em seqüência decrescente os revestimentos em PMF; PMF + Capa Selante; PMQ e PMQ + Capa Selante.

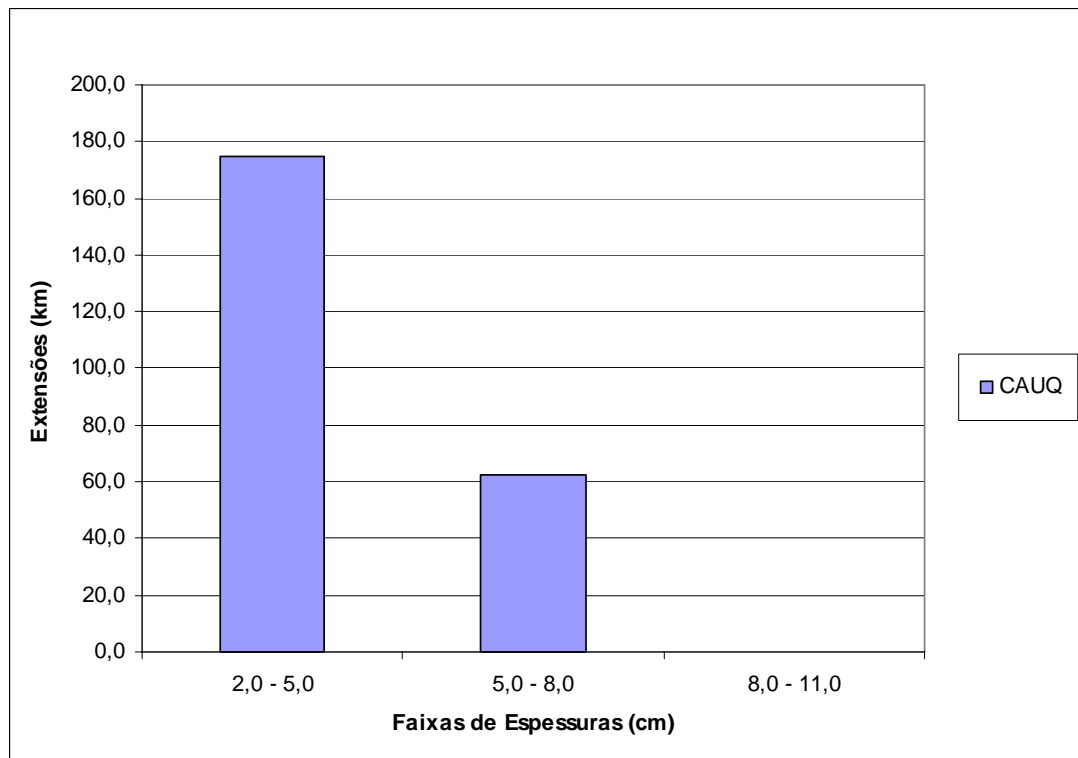
Além dos aspectos apresentados anteriormente, pode-se destacar mais algumas características a respeito do revestimento utilizado para as restaurações dos pavimentos na região em estudo. Basicamente as restaurações são feitas somente em CAUQ ou ainda em camadas integradas CAUQ + PMQ. As Figuras 4.4 e 4.5 mostram respectivamente a extensão/faixas de espessuras comumente utilizadas de CAUQ e PMQ (pavimentos restaurados em CAUQ + PMQ) e extensão/faixas de espessuras utilizadas para restaurações somente em CAUQ.



**FIGURA 4.4 - Extensões em CAUQ+PMQ e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados)**

Observa-se que há a tendência, no que diz respeito à restauração em camadas integradas, da espessura do CAUQ girar em torno de 5 a 8 cm na maioria dos casos e de 2 a 5 cm no caso do PMQ.





**FIGURA 4.5** - Extensões em CAUQ e Faixas de Espessura (Pavimentos Restaurados)

Para as restaurações executadas somente em CAUQ, de um total de 237,6 km, 73,6% tiveram espessuras entre 2 e 5 cm.

#### 4.1.2 Base

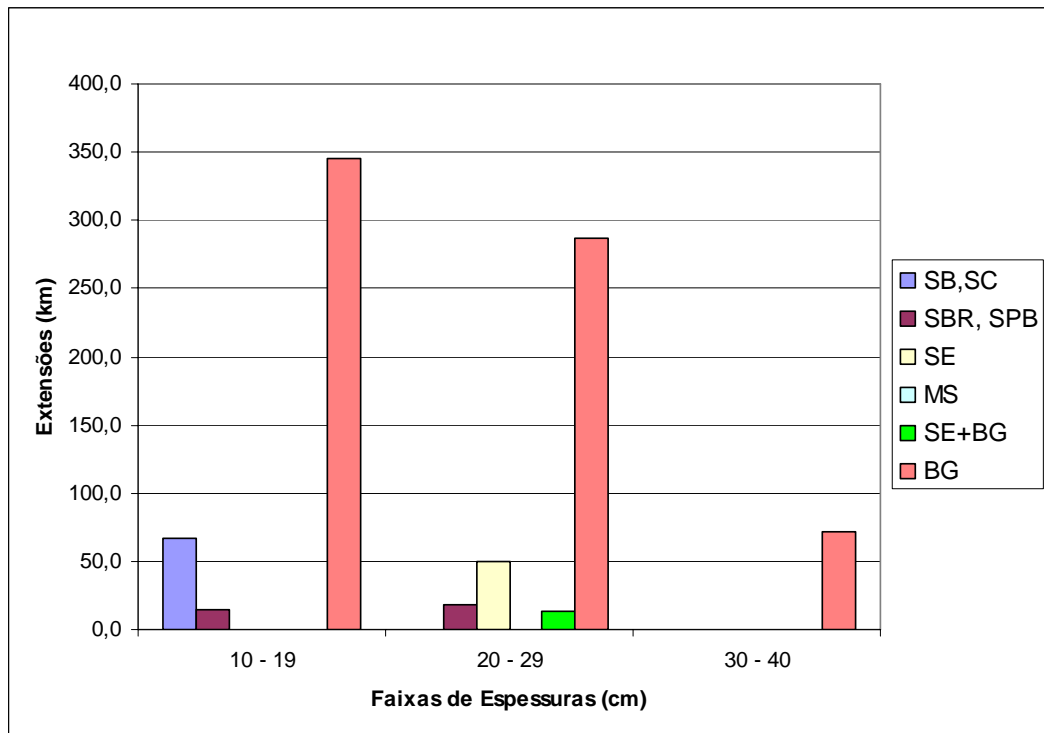
As Figuras 4.6 a 4.8 ilustram o tipo de material constituinte e as faixas de espessura por extensão e número de trechos.

Observando-se a Figura 4.6, verifica-se que 81,2% da extensão dos trechos, a camada de base é constituída de Brita Graduada, com espessuras em torno de 10 a 29 cm. A brita graduada é proveniente de rochas do tipo granitos, gnaisses e migmatitos, cujos agregados atendem às especificações de durabilidade do DEINFRA/SC. O seixo bruto/classificado e britado/parcialmente britado representam respectivamente 7,7% e 3,8% da extensão total analisada. Os seixos são materiais bastante utilizados principalmente no sul de Santa Catarina devido à presença freqüente no leito dos rios.

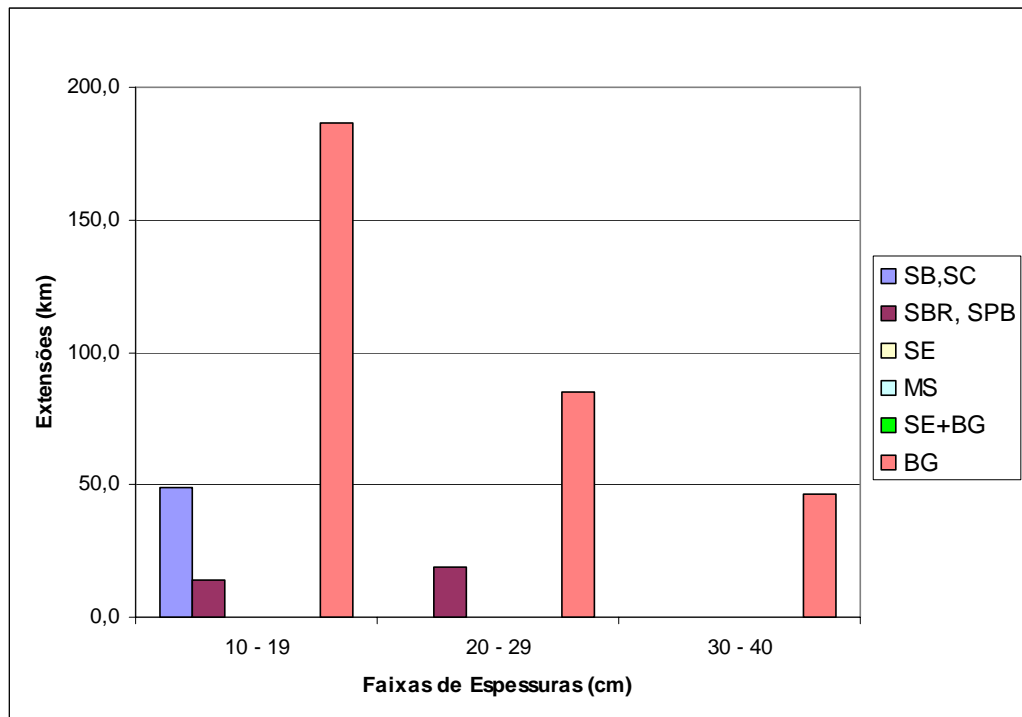
Observa-se ainda na Figura 4.6 que há a ocorrência de apenas 1 trecho constituído em Solo estabilizado + Brita Graduada, representando 1,5% da extensão total analisada. Este trecho se situa no sul de Santa Catarina - SC 438 Orleans – São Ludgero.

Na Figura 4.7, observa-se, dos trechos ainda não restaurados, que a maioria dos que ainda resistem à intervenção são exatamente os trechos constituídos em brita graduada, com espessuras girando em torno de 10 a 29 cm. O segundo material mais observado é o seixo bruto, com 12,2% da extensão total não restaurada.

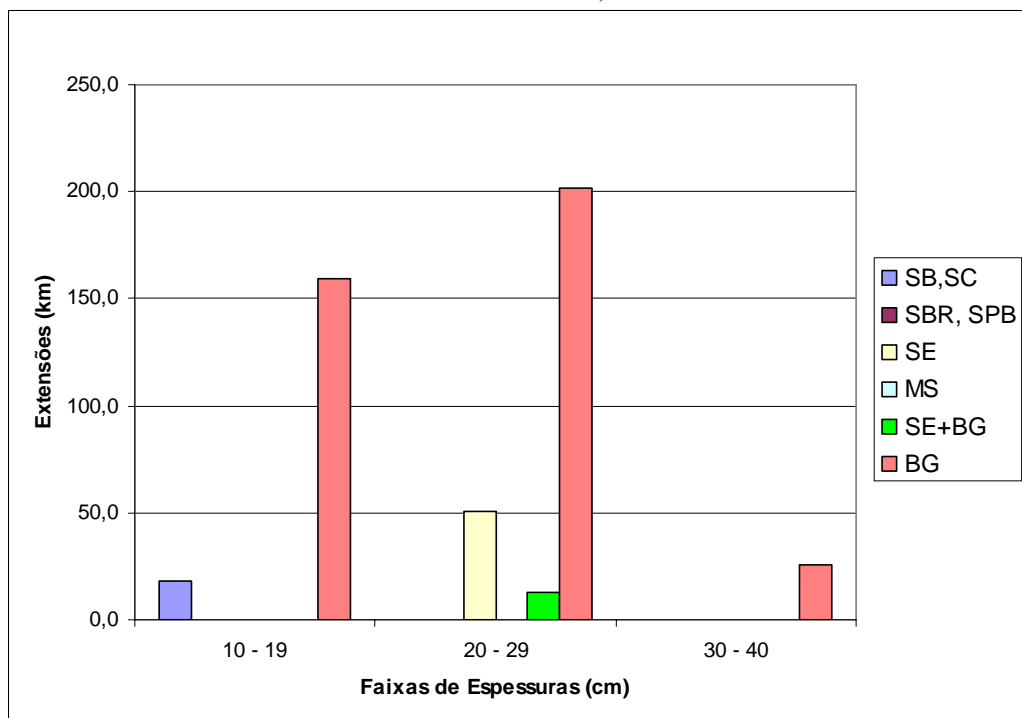
A Figura 4.8 mostra as características das bases dos pavimentos que já foram restaurados. Como a brita graduada é o material mais utilizado para camadas de base, 82,6% da extensão dos trechos restaurados são constituídos de bases deste tipo de material. Em segundo lugar destacam-se os trechos com bases em solo estabilizado e solo estabilizado + brita graduada, somando juntos 13,5% da extensão total dos trechos restaurados para a região em análise.



**FIGURA 4.6** - Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados)



**FIGURA 4.7** - Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Não Restaurados)



**FIGURA 4.8** Extensões por Tipo de Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados)

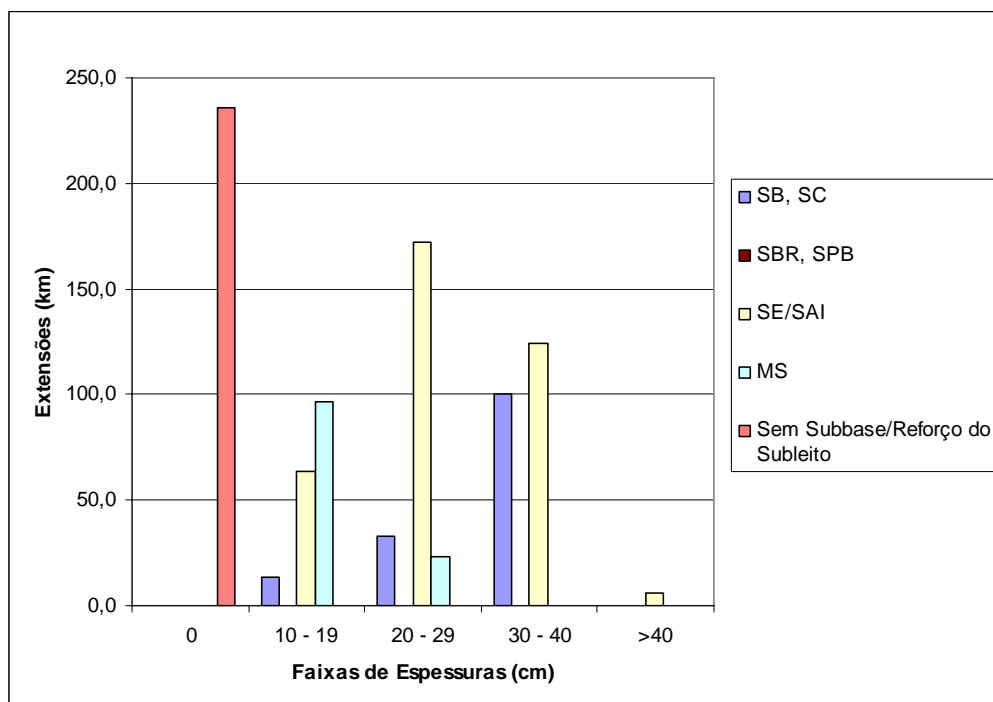
### 4.1.3 Sub-base

A Figura 4.9 apresenta os tipos de sub-bases empregadas nos pavimentos da região geológica 1. Nesta Figura se observa que os tipos de sub-bases mais utilizadas são as de solo estabilizado granulométricamente e aqueles pavimentos que na verdade não se

utilizam de sub-base propriamente dita, ou seja, são classificados nesta pesquisa de pavimentos com ausência de sub-base, ou pavimentos que apresentam apenas reforço do subleito como camada final de terraplenagem, recebendo, logo após, a camada de base.

Os pavimentos sem sub-base ou com reforço do subleito representam, 27,2% da extensão total analisada. Já as sub-bases constituídas de solo estabilizado representam 42,1% dos trechos. A solução em solo estabilizado ou pavimentos sem sub-base ou reforço do subleito é a mais utilizada na região geológica 1, onde predominam granitos e gnaisses. Segundo MARCON (1996), isto é explicado pelo fato de que nesta região há a ocorrência freqüente de saibros, cujos valores de CBR atendem às exigências do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis do DNIT, para sub-base (SOUZA, 1979).

As sub-bases constituídas de seixo bruto ou seixo classificado representam 16,9%. As sub-bases em macadame seco somam 13,8% da extensão analisada. Ressalta-se, também, que não foram encontradas sub-bases em seixo britado ou parcialmente britado.

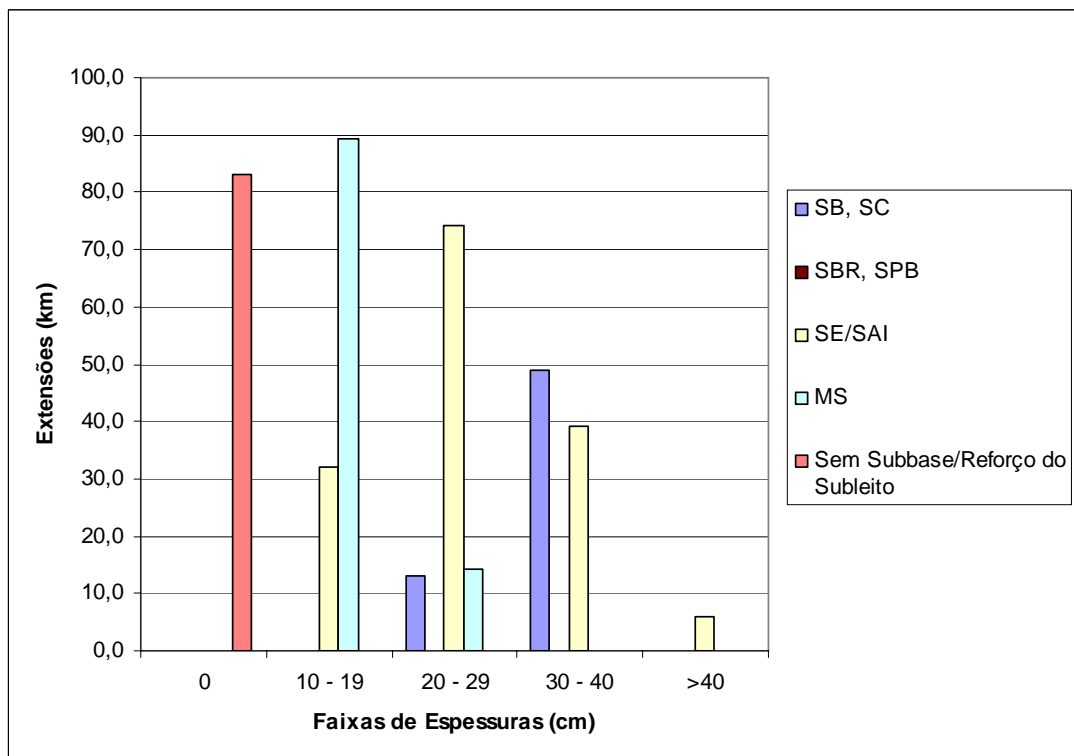


**FIGURA 4.9** - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados e Não-Restaurados)

A análise feita para os trechos não-restaurados segue a mesma metodologia descrita nos parágrafos anteriores e está mostrada na Figura 4.10. Dentre os pavimentos não restaurados, destaca-se que 58,6% da extensão dos trechos são constituídos de solo estabilizado ou pavimentos sem sub-base ou reforço do subleito. As sub-bases que menos

tiveram trechos não restaurados foram aquelas em seixo bruto ou seixo classificado representando 15,5% da extensão.

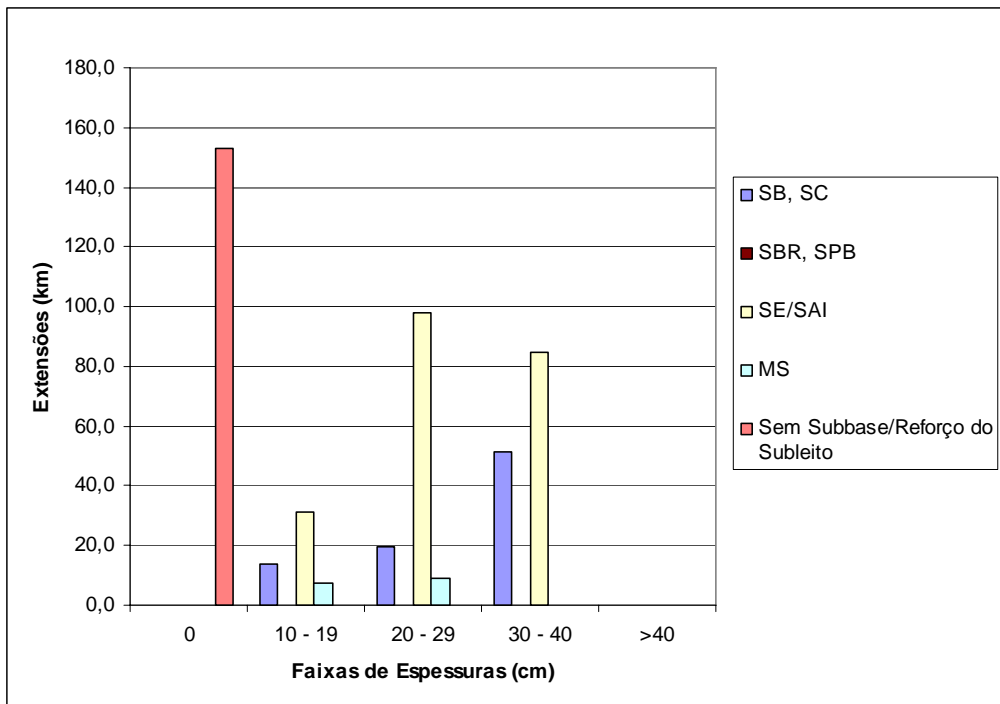
Já para a análise da extensão dos trechos restaurados mostrada na Figura 4.11, os que apresentaram maior percentual foram novamente os trechos em solo estabilizado e sem sub-base ou reforço do subleito, somando juntos 78,4% da extensão total restaurada. Isso se explica porque a grande maioria das sub-bases são constituídas por este material.



**FIGURA 4.10** - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Não-Restaurados)

Outro aspecto interessante é a verificação das frequências de combinações de espessuras entre base e sub-base, onde se observa que as combinações de espessuras com maior frequência se dão entre 10 e 29 cm para a base e 10 e 40 cm para a subbase. Mas, a maior frequência observada aparece nas combinações de espessuras entre 10 e 19 cm para ambas as camadas.

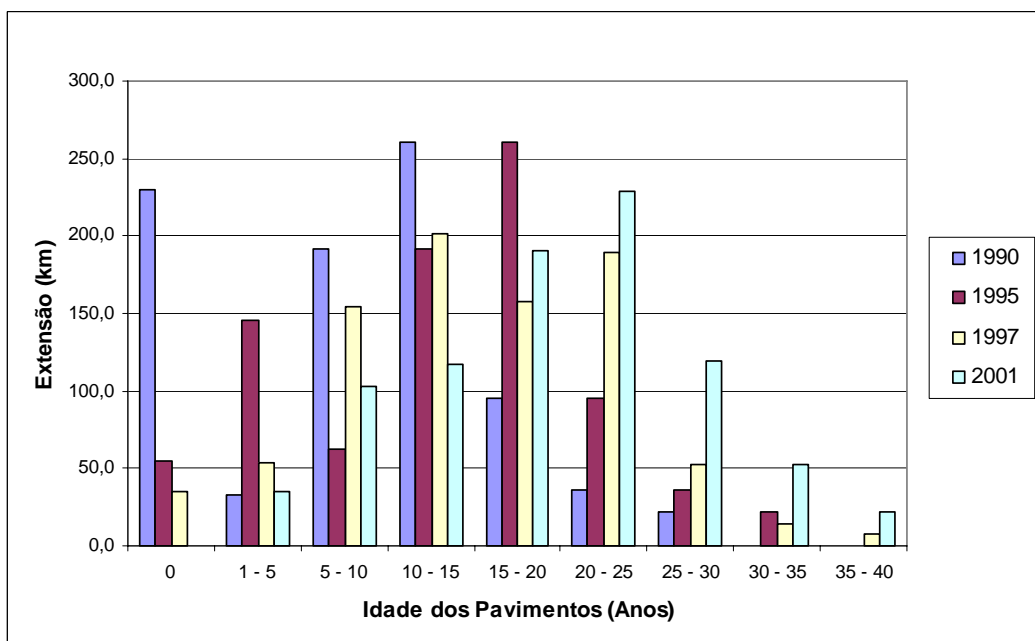
Outro fato que chama a atenção ao longo da análise é que os trechos sem camada de sub-base, ou seja, em reforço do subleito, as espessuras de base variam de 10 a 40 cm, com maior frequência para as espessuras entre 20 e 29 cm.



**FIGURA 4.11** - Extensões por Tipo de Sub-Base e Faixas de Espessura (Trechos Restaurados)

**4.1.4 Idade dos Pavimentos**

As Figuras de 4.12 a 4.14 mostram a condição da rede por extensão e intervalos de frequência de idade para cada ano de levantamento.

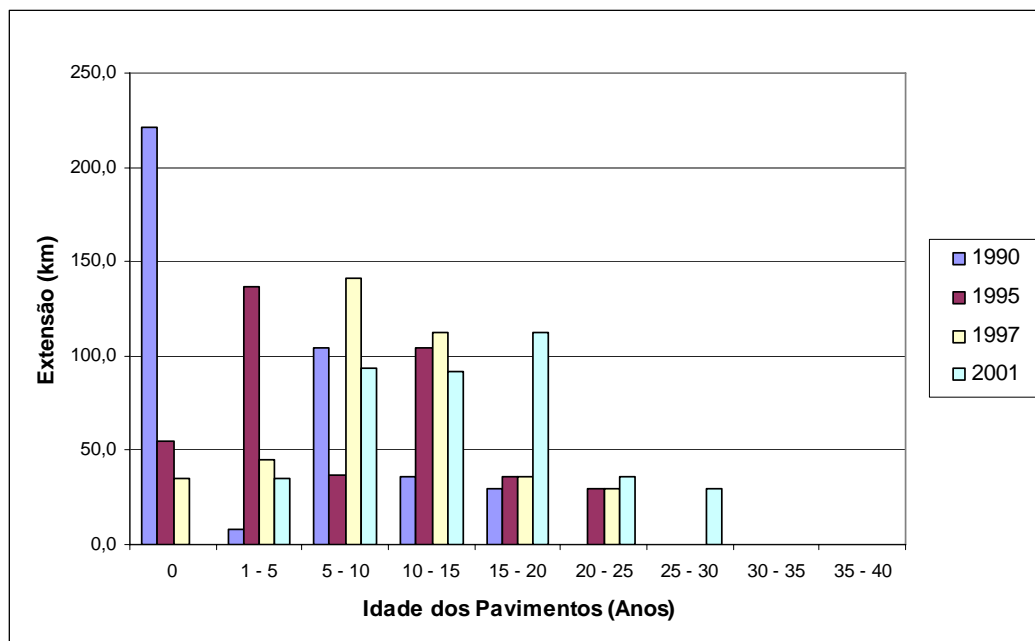


**FIGURA 4.12** - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Restaurados e Não-Restaurados)

Observando-se a Figura 4.12, nota-se que há uma evolução natural da idade dos pavimentos. Para o levantamento de 1990, a maioria dos pavimentos estavam enquadrados na faixa entre 5 a 15 anos. No ano de 1995 entre 10 e 20 e assim por diante até o ano de 2001, onde os pavimentos se apresentavam, na sua maioria, entre as idades de 15 a 25 anos.

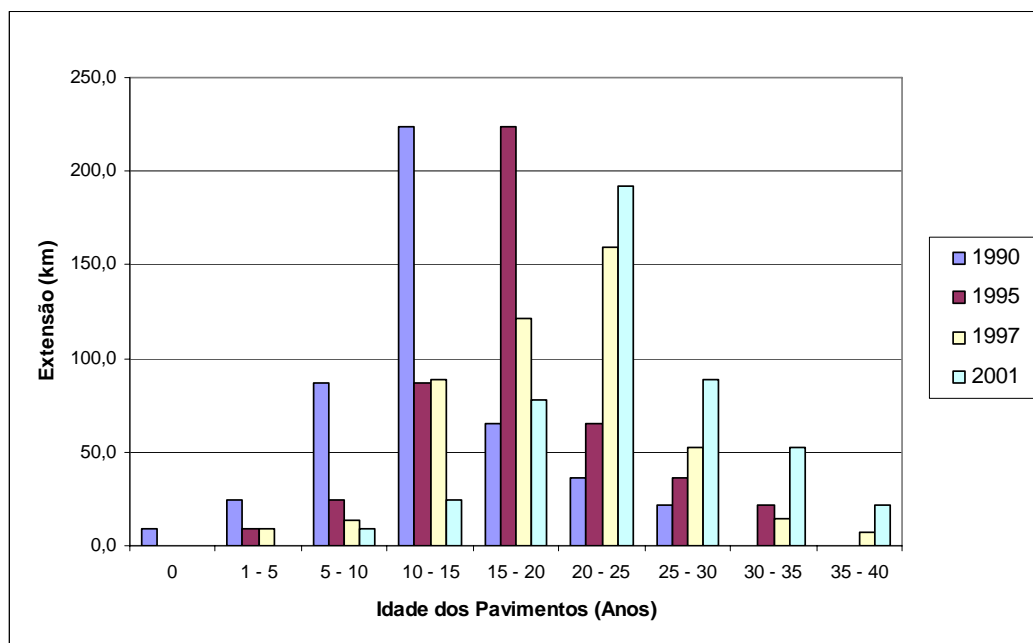
Já para os pavimentos que não foram restaurados, como mostra a Figura 4.13 a seguir, destaca-se que para o levantamento de 1990 a maioria se apresentava com idades entre 5 e 10 anos, sendo que 55,3% da extensão dos trechos ainda não haviam sido implantados. Para o levantamento de 1995, a maioria dos pavimentos, ou seja, 34,3% em extensão ainda se apresentavam entre as idades de 5 a 10 anos. Isto se deu por conta do aumento da rede pavimentada na região, sendo que os trechos ainda não implantados diminuíram para 13,7% do total de extensão não-pavimentada.

Na Figura 4.13, ainda se observa que no ano de 1997, para a extensão analisada nesta pesquisa, a quantidade de extensão ainda não implantada passou para somente 8,8%. Em 2001 o total de trechos ainda não implantados caiu para zero, e as idades dos pavimentos ainda não restaurados varia entre 10 a 20 anos.



**FIGURA 4.13** - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Não-Restaurados)

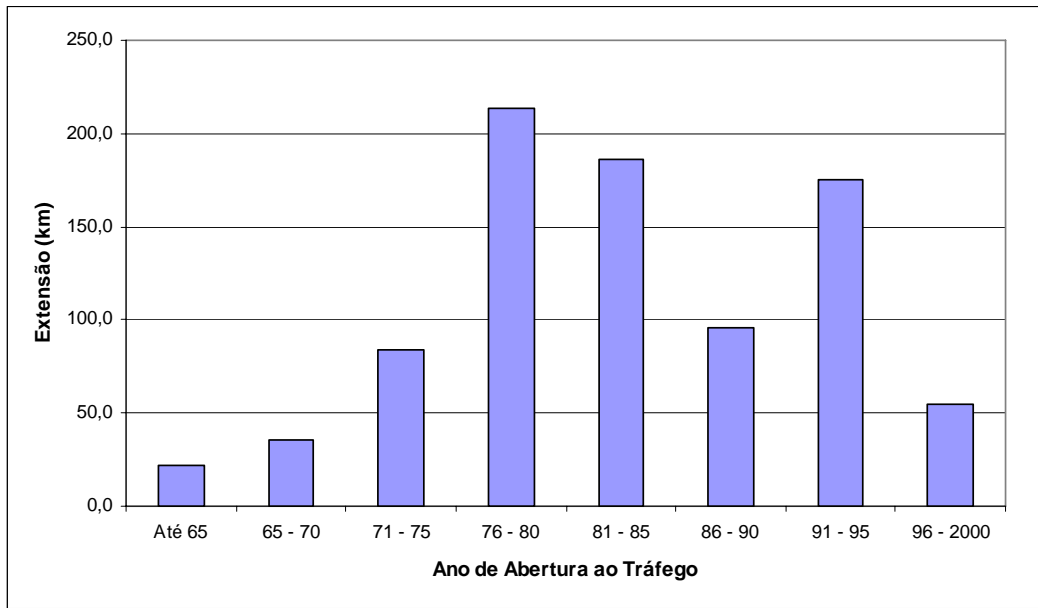
A Figura 4.14 mostra uma estatística descritiva para os trechos que já foram restaurados. Pode-se notar claramente que a configuração da frequência de extensão com relação aos intervalos de idade toma uma outra configuração, ou seja, a cada levantamento do sistema de gerenciamento, a média de idade, por motivos óbvios vai crescendo. O único ano de levantamento que apresenta trechos ainda não implantados é o de 1990, com 1,9% da extensão total dos não-restaurados ou um único trecho. Trata-se da SC 282T Santo Amaro da Imperatriz – águas Mornas que foi implantado em 1994 e restaurado no ano de 2001, ou seja, somente 7 anos após sua implantação.



**FIGURA 4.14** - Extensão dos Pavimentos por Ano de Levantamento e por Intervalos de Frequência de Idade (Trechos Restaurados)

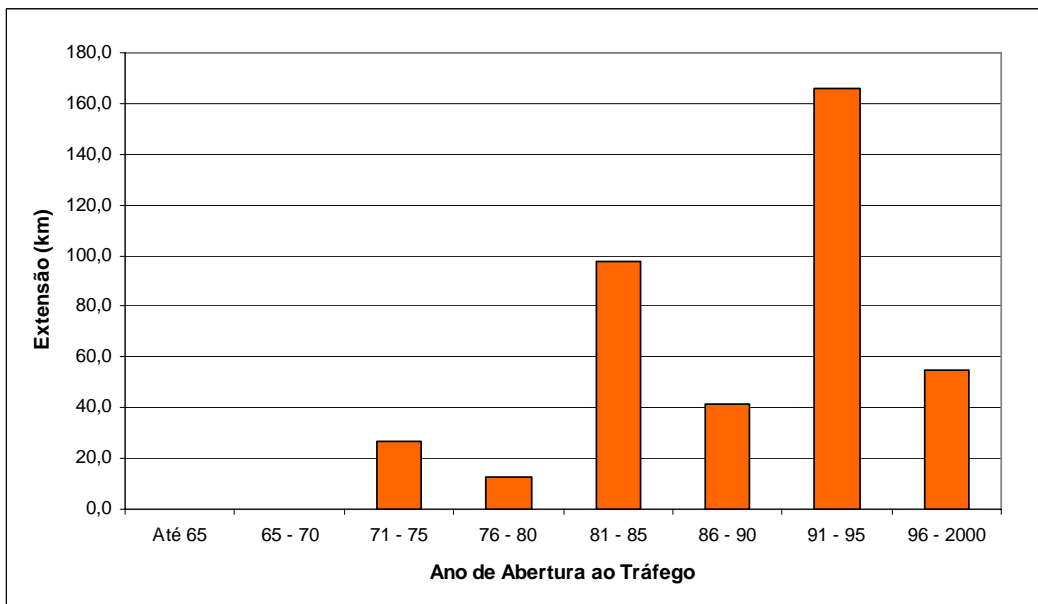
Outro aspecto importante com relação à idade dos pavimentos é observar em que ano estes foram implantados. A Figura 4.15 mostra a distribuição dos trechos, enfocando os intervalos dos anos de implantação e frequência dos trechos. Ressalta-se que até o ano de 2001 a maioria dos trechos, cerca de 46,1% foi implantada entre os anos de 1976 e 1985. Em segundo lugar, representando 20,2% da extensão dos trechos da região 1, estão os trechos implantados entre os anos de 1991 e 1995.



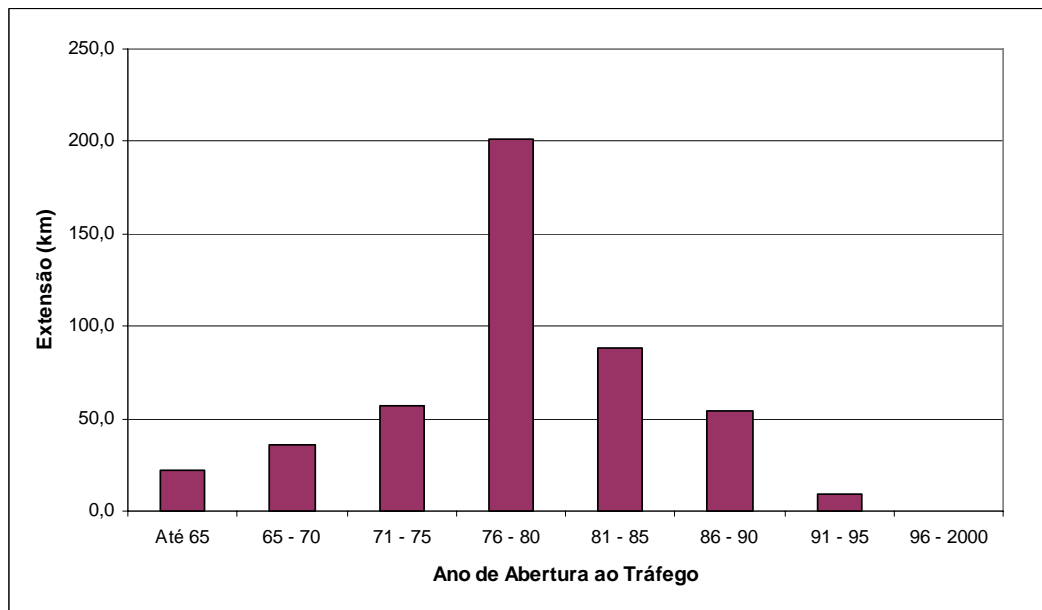


**FIGURA 4.15** - Extensão x Ano de Abertura ao Tráfego (Trechos Restaurados e Não-Restaurados )

Novamente, analisando-se separadamente os trechos que não foram restaurados e aqueles que já sofreram intervenção, as Figuras 4.16 e 4.17 mostram que para os não restaurados, a maioria da extensão, 19,2%, apresentam ano de abertura entre 1991 e 1995, e para os restaurados, ou seja, 23,2% com ano de abertura entre 1976 e 1980.



**FIGURA 4.16** - Extensão x Ano de Abertura (Trechos Não-Restaurados )



**FIGURA 4.17** - Extensão x Ano de Abertura (Trechos Restaurados )

Outro aspecto interessante constatado com relação às restaurações é que, em geral, a maioria da malha rodoviária da região geológica 1 teve seus trechos restaurados entre os anos de 1992 e 2000.

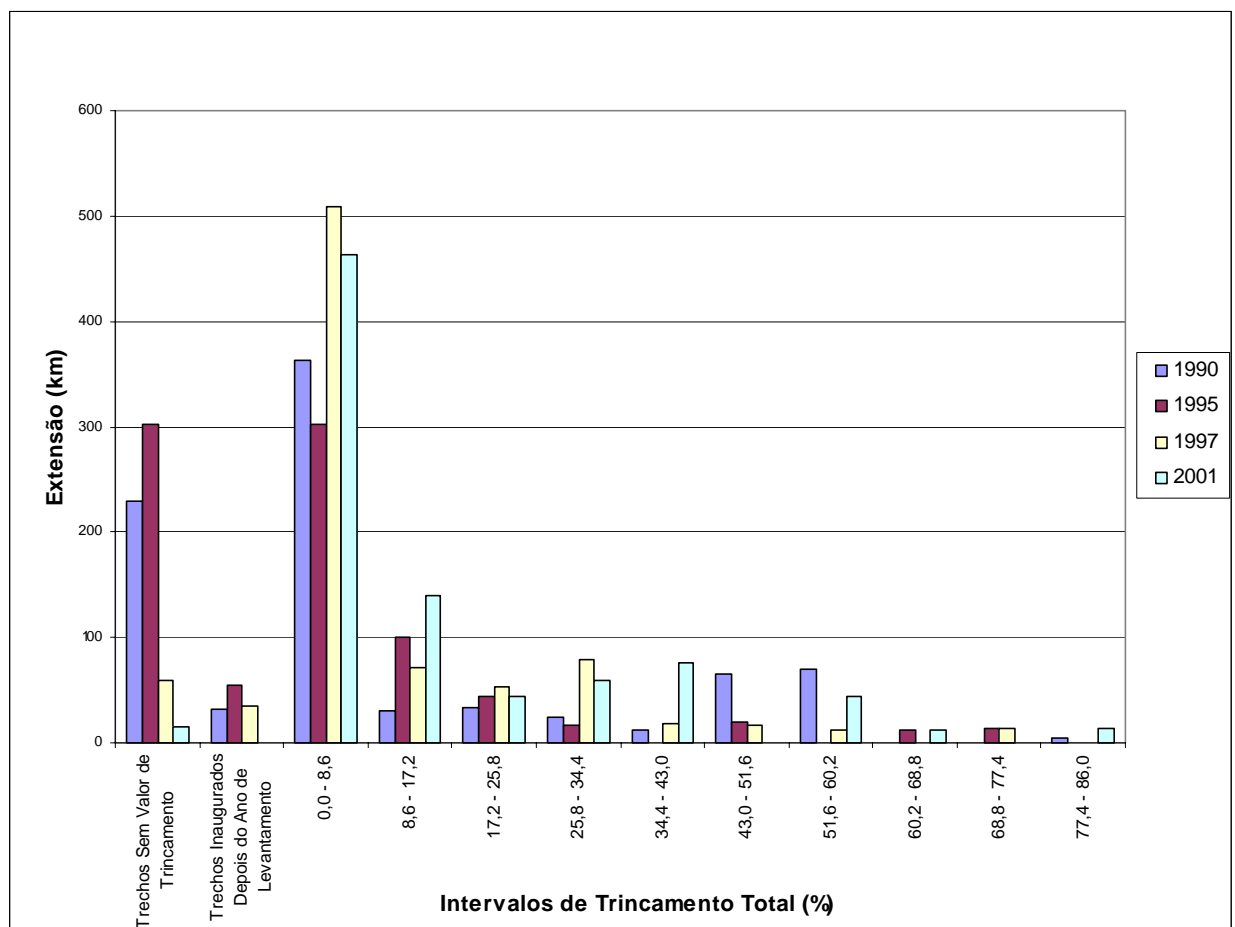
## 4.2 Condição dos Pavimentos

Para a análise das condições de estado dos pavimentos com relação ao trincamento total dos pavimentos, a determinação dos intervalos de frequência foi feito através da equação 4.1 apresentada na introdução deste capítulo. As figuras mostradas na seqüência deste item mostram, além da extensão dos trechos enquadrados em uma determinada faixa de trincamento, também a extensão de trechos que não apresentavam levantamentos de trincamento no banco de dados do DEINFRA/SC.

Observando-se a Figura 4.18, a extensão de trechos sem levantamento está mais evidente na campanha de 1995 que registra 34,8% em extensão. Isto pode ser explicado pela grande quantidade de restaurações entre os anos de 1994 e 1995. Já para os trechos que foram inaugurados depois do ano de levantamento, a maior extensão também se nota no levantamento de 1995, com 6,3% em extensão, ou 5 trechos inaugurados após a auscultação.

Ainda de acordo com a Figura 4.18, nota-se uma grande quantidade de trechos, para todos os anos de levantamento, apresentando trincamento total entre 0,0% e 8,6%,

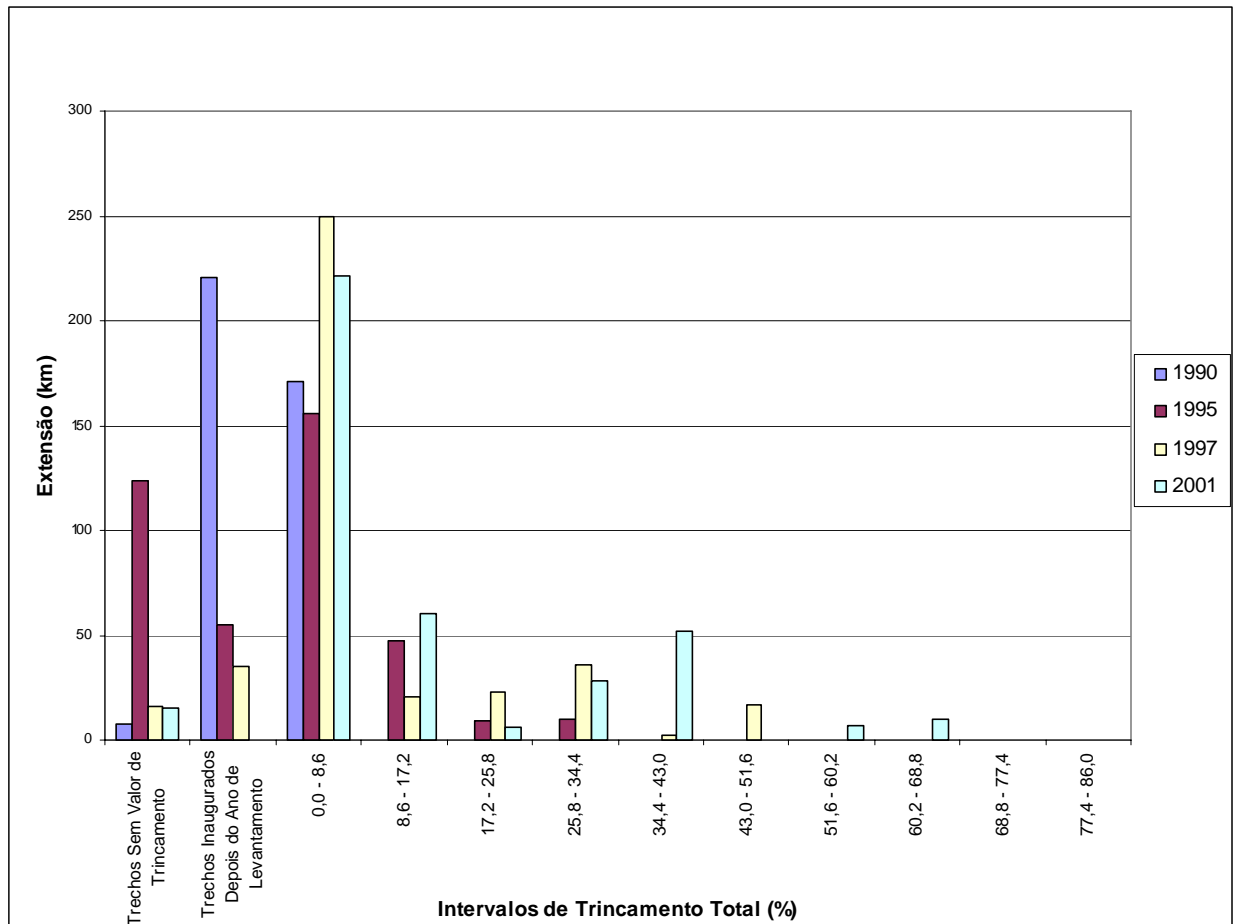
considerado baixo. Separadamente, pode-se notar que o levantamento de 1990 apresenta uma grande quantidade, 41,9% em extensão, com trincamento entre 0,0% e 8,6%, depois, a segunda maior concentração de trechos, 15,7%, com trincamento total elevado, da ordem de 43,0% a 60,2%. Nota-se também que entre os levantamentos de 1995 e 1997, há uma concentração menor de trechos com trincamento total entre 34,4% e 60,2%, sendo um dos indícios dos programas de restaurações, principalmente o PNMRE/SC – BIRD do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento.



**FIGURA 4.18** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Restaurados e Não Restaurados

Para a análise dos trechos que não foram restaurados, segundo a Figura 4.19, nota-se novamente que uma grande quantidade de trechos referentes ao levantamento de 1995 não possuem dados de auscultação (sem valor de trincamento). Considerando-se os trechos inaugurados após o ano de levantamento, a auscultação de 1990 apresenta 55,3% em extensão de trechos ainda não inaugurados, ou seja, ainda não existiam até esta data.

A figura 4.19 mostra ainda que, dentre os trechos ainda não restaurados, os levantamentos que apresentaram trincamento total em maior quantidade foram, obviamente, os de 1997 e 2001.



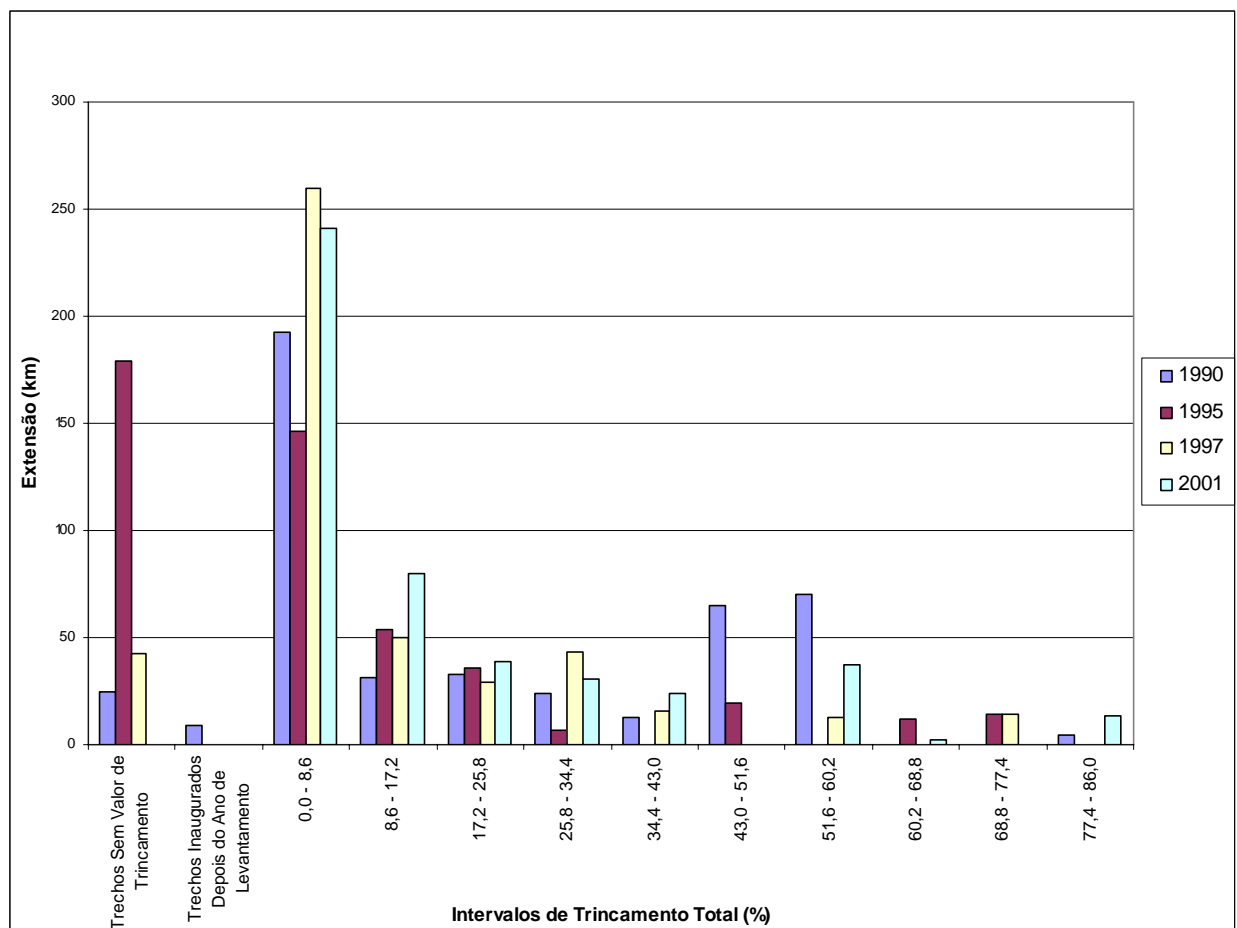
**FIGURA 4.19** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Não Restaurados

Analisando-se a Figura 4.20, a característica mais evidente com relação aos trechos restaurados é que eles sofreram intervenções provavelmente entre 25,8% e 43,0% de trincamento total. De acordo com o SGP-DEINFRA/SC, o trincamento só é considerado para efeitos de decisão em nível de patrimônio, ou seja, é um parâmetro que não influenciaria em nível de usuário. Sendo assim, com relação ao exposto anteriormente, observa-se que:

- Rodovias categoria 1: Rodovias com VMDA de até 5000 veículos. Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre 10% (nível de alerta) e 15% (nível de intervenção propriamente dita) de trincamento (Trincas e Jacaré 1 e 2);

- Rodovias categoria 2: Rodovias com VMDA de até 1500 veículos Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre 15% (nível de alerta) e 25% de trincamento (Trincas e Jacaré 1 e 2); e
- Rodovias categoria 3: Rodovias com VMDA de até 750 veículos. Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre 25% (nível de alerta) e 40% (nível de intervenção propriamente dita) de trincamento (Trincas e Jacaré 1 e 2).

Considerando que, das rodovias restauradas, estas sofreram intervenção entre os anos de 1995 e 1997, cerca de 80% dos trechos pertenceriam a categoria 1, ou seja, deveriam ter sofrido intervenções entre 10% e 15% de trincamento, ao contrário do que foi constatado, 25,8% a 43,0%.



**FIGURA 4.20** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Trincamento Total Para Trechos Restaurados

## 4.3 Parâmetros de Avaliação Funcional e Estrutural

### 4.3.1 International Roughness Index (IRI)

Os intervalos de frequência dos parâmetros apresentados nos gráficos e tabelas a seguir, seguiram os mesmos procedimentos do item 4.2. Segundo WATANATADA (1987), os revestimentos em concreto betuminoso (CAUQ) e pré-misturado a quente (PMF) apresentam valores de Irregularidade diferenciados, mesmo logo após a construção. Por isso, foram elaborados tabelas e gráficos separadamente para cada tipo de material bem como para os pavimentos restaurados e não-restaurados separadamente. Os materiais são os seguintes:

- CAUQ e CAUQ+PMQ;
- PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante.

A análise considerando os pavimentos restaurados e não-restaurados conjuntamente não foi efetuada, pois, obviamente, os procedimentos de restaurações deturpariam as conclusões.

As Figuras de 4.21 a 4.24 mostram a estatística descritiva da Irregularidade para as condições expostas anteriormente.

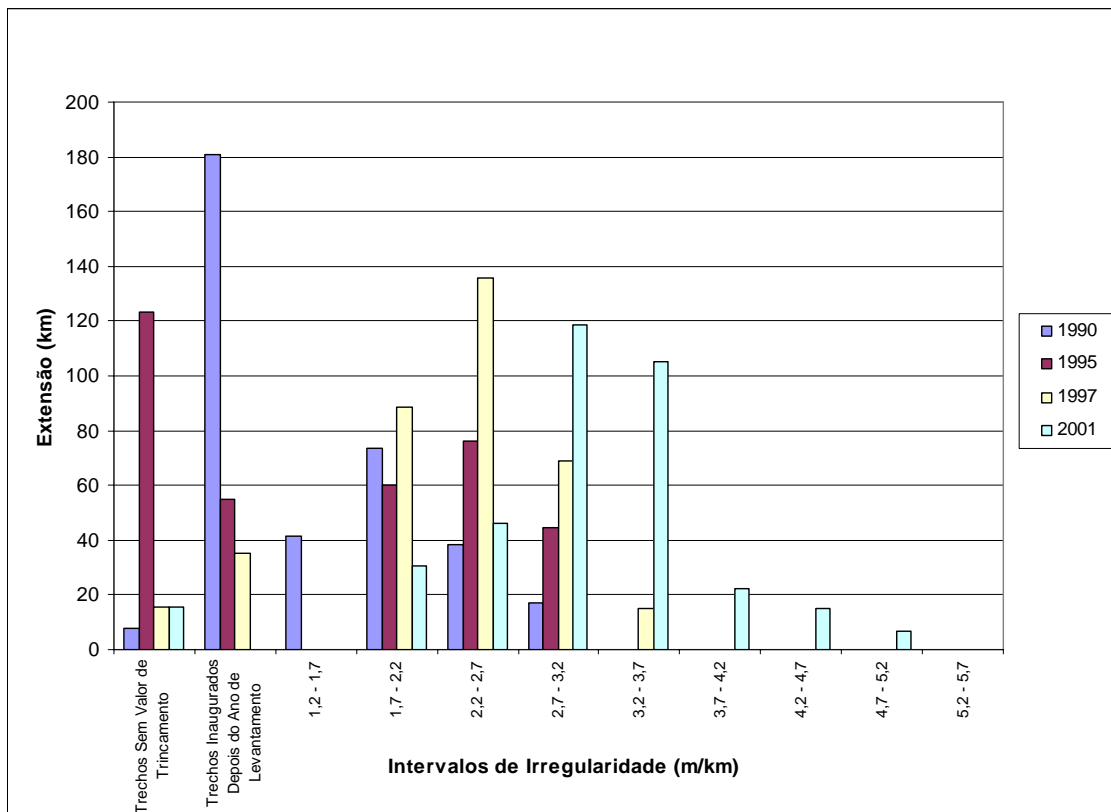
Na Figura 4.21, observa-se que dos trechos em CAUQ e CAUQ+PMQ até o ano de 2001, dentre os não-restaurados, de maneira geral a maioria das extensões, ou a maior frequência dos trechos, se encontrava com IRI's entre 1,7 e 3,2 m/km. Nota-se também que a irregularidade cresce ao longo de cada levantamento, ou seja, como se mostra a seguir:

- Levantamento de 1990: 20,53% em extensão entre os IRI's de 1,7 e 2,2 m/km;
- Levantamento de 1995: 21,17% em extensão entre os IRI's de 2,2 a 2,7 m/km;
- Levantamento de 1997: 37,80% em extensão entre os IRI's de 2,2 a 2,7 m/km; e
- Levantamento de 2001: 32,98% em extensão entre os IRI's de 2,7 a 3,2 m/km.

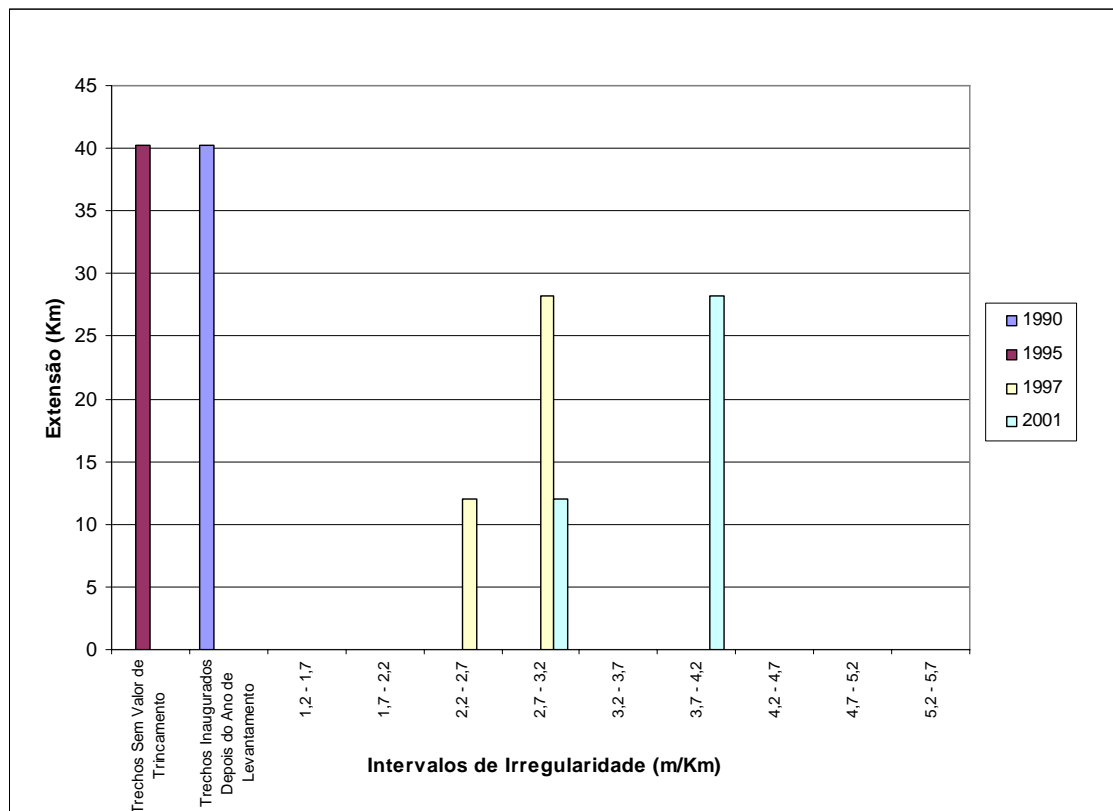
Com isso, nota-se que o IRI cresce na proporção de aproximadamente 0,5 m/km a cada 5 anos de serviço do pavimento. Para as tabelas e gráficos mostrados na seqüência, quando

o cabeçalho se referir a “Trechos Sem Valor de Trincamento”, isto significa a extensão de trechos sem levantamento de trincamento para o ano em questão.

Na Figura 4.22, observa-se os trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante, dentre os não-restaurados, a maioria da extensão se encontra com IRI de 2,7 a 4,2 m/km ou seja, cerca de 1,0 m/km acima se comparado aos trechos em CAUQ e CAUQ+PMQ.



**FIGURA 4.21** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em CAUQ e CAUQ+PMQ - Trechos Não-Restaurados



**FIGURA 4.22** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante - Trechos Não-Restaurados

Segundo o SGP/DEINFRA/SC, a irregularidade é considerada para efeitos de decisão, em nível de patrimônio e de usuário. Portanto, com relação ao exposto anteriormente, observa-se:

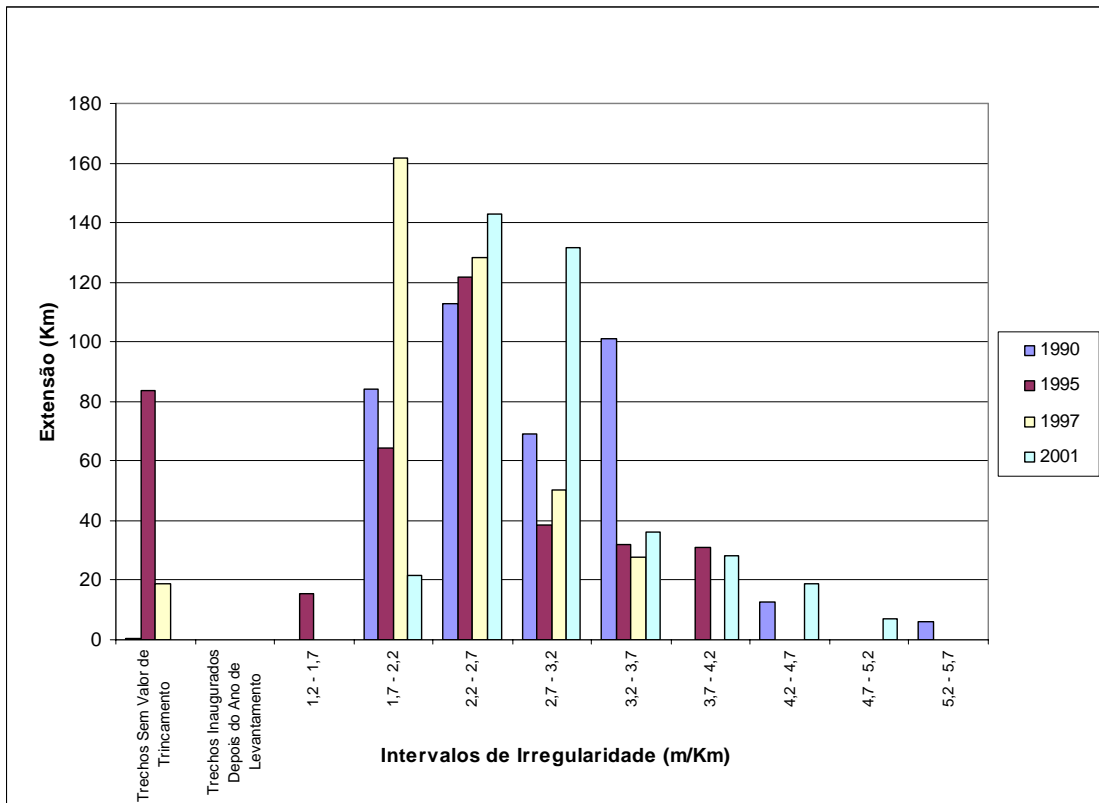
- Rodovias categoria 1: Rodovias com VMDA de até 5000 veículos. Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 3,0 m/km (nível de alerta) e 3,5 m/km (nível de intervenção propriamente dita). Em nível de usuário, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 2,5 m/km (nível de alerta) e 3,0 m/km (nível de intervenção propriamente dita);
- Rodovias categoria 2: Rodovias com VMDA de até 1500 veículos. Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 3,0 m/km (nível de alerta) e 3,5 m/km (nível de intervenção propriamente dita). Em nível de usuário, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 2,5 m/km (nível de alerta) e 3,0 m/km (nível de intervenção propriamente dita);
- Rodovias categoria 3: Rodovias com VMDA de até 750 veículos. Em nível de patrimônio, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 3,5 m/km (nível



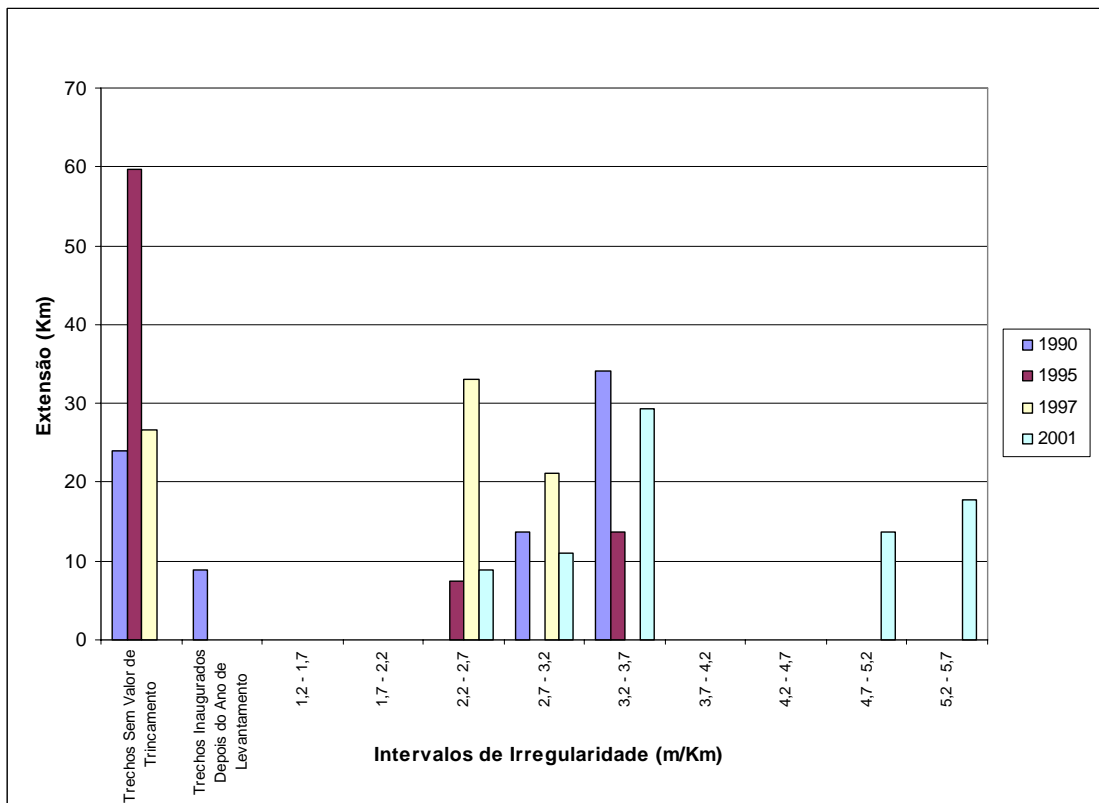
de alerta) e 4,0 m/km (nível de intervenção propriamente dita). Em nível de usuário, as intervenções devem ocorrer entre irregularidades de 3,0 m/km (nível de alerta) e 3,5 m/km (nível de intervenção propriamente dita).

Diante do exposto, a Figura 4.23 mostra a avaliação dos trechos em CAUQ e CAUQ+PMQ que já foram restaurados. Uma das características mais importantes que podem ser observadas é que a maioria das restaurações, cerca de 66% em extensão, foram feitas entre os anos de 1994 e 1998, sendo o intervalo de Irregularidade entre 2,7 e 3,7 m/km e o nível de tráfego entre VMDAs de 911 a 6.604. Com isso, pode-se dizer que os trechos restaurados enquadram-se entre as categorias 1 e 2, ou seja, com as mesmas características em termos de intervenção tanto em nível de usuário quanto patrimônio e, sendo assim, conclui-se que as restaurações foram feitas, na sua maioria, em momento oportuno.

Já a Figura 4.24 mostra a avaliação dos trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante já restaurados. Cerca de 72% em extensão teve as restaurações feitas entre os anos de 1994 e 1998, com um intervalo de irregularidade entre 3,2 e 3,7 m/km e o nível de tráfego entre VMDAs de 1.274 e 6.040, denotando rodovias também entre as categorias 1 e 2, ou seja, restauradas de acordo com os níveis de usuário e patrimônio.



**FIGURA 4.23** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em CAUQ e CAUQ+PMQ - Trechos Restaurados



**FIGURA 4.24** - Intervalos de Frequência de Ocorrência de Irregularidade (IRI) - Pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante - Trechos Restaurados

Para que se pudesse facilitar a interpretação e a avaliação dos dados de Irregularidade, em particular, foram incluídos nas Tabelas de 4.1 a 4.3, segundo MARCON (1996), valores limites padronizados, encontrados em bibliografias como PEREIRA (1979), WATANATADA (1987), PATERSON (1987) e QUEIROZ (1982), que servem para estabelecer diagnósticos sobre as condições gerais dos pavimentos. WATANATADA et al. (1987) apresentam o valor de  $QI = 25$  contagens/Km ou  $IRI = 1,92$  m/km como indicativo de boas condições funcionais, ou seja, logo após a construção ou reabilitação de revestimentos em CAUQ.

Por outro lado, QUEIROZ (1981) apresenta o valor de 60 contagens/km ou 4,61 m/km, como indicativo de limite de vida útil funcional de um pavimento tanto para CAUQ quanto para PMF. A Tabela 4.1 apresenta a frequência de trechos com IRI médio até 1,92, entre 1,93 e 4,61 e maior que 4,61 m/km para pavimentos restaurados e não-restaurados, considerando os revestimentos em CAUQ, CAUQ+PMQ e também em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante.

Sabe-se que os pavimentos em PMF apresentam valores médios de QI diferenciados, mesmo logo após a construção (WATANATADA et al., 1987). Mas, como a maioria dos pavimentos na região geológica 1 são revestidos em CAUQ ou CAUQ+PMQ, os pavimentos que não são revestidos com estes materiais formam um grupo reduzido, ou seja, o grupo dos pavimentos revestidos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante. Os limites padronizados de Irregularidade para estes revestimentos seguiram aqueles que estão apresentados no parágrafo anterior, referentes a pavimentos em CAUQ. Isso aconteceu para que se pudesse ter um parâmetro de comparação entre o desempenho entre os dois grupos de materiais.

**TABELA 4.1 - Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Restaurados e Não-Restaurados**

Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de IRI	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados - IRI (m/km)			Total
					Até 1,92	1,93 - 4,61	>4,61	
IRI CAUQ, CAUQ+PMQ	1990	Extensão (km)	8,47	180,71	76,16	461,92	18,91	746,17
		Percentual	1,14	24,22	10,21	61,91	2,53	100,00
	1995	Extensão (km)	207,35	54,85	68,43	415,54	0	746,17
		Extensão Acumul. (km)	207,35	262,2	330,63	746,17	746,17	-
	1997	Percentual	27,79	7,35	9,17	55,69	0,00	100,00
		Extensão (km)	34,14	35,27	77,97	598,79	0	746,17
	2001	Percentual	4,58	4,73	10,45	80,25	0,00	100,00
		Extensão (km)	15,46	0	30,54	681,57	18,6	746,17
	2001	Percentual	2,07	0,00	4,09	91,34	2,49	100,00
		Extensão (km)	24,03	49,09	0	47,89	0	121,01
IRI PMF, PMQ, PMF+Capa Selante, PMQ+Capa Selante	1990	Percentual	19,86	40,57	0,00	39,58	0,00	100,00
		Extensão (km)	99,9	0	0	21,11	0	121,01
	1995	Percentual	82,56	0,00	0,00	17,44	0,00	100,00
		Extensão (km)	26,68	0	0	94,33	0	121,01
	1997	Percentual	22,05	0,00	0,00	77,95	0,00	100,00
		Extensão (km)	0	0	0	89,48	31,53	121,01
	2001	Percentual	0,00	0,00	0,00	73,94	26,06	100,00

A Tabela 4.1 mostra que o limite de vida útil dos pavimentos foi ultrapassada para os pavimentos em CAUQ ou CAUQ+PMQ da seguinte maneira:

- Levantamento de 1990: 2,53% em extensão;
- Levantamento de 1995: 0,00% em extensão;
- Levantamento de 1997: 0,00% em extensão; e
- Levantamento de 2001: 2,49% em extensão

Talvez a inexistência de trechos que ultrapassassem o limite nos anos de 1995 e 1997 se deva ao grande número de restaurações feitas neste período.

Já para os pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante, o limite de vida útil foi ultrapassado da seguinte forma:

- Levantamento de 1990: 0,00% em extensão;
- Levantamento de 1995: 0,00% em extensão;
- Levantamento de 1997: 0,00% em extensão; e
- Levantamento de 2001: 26,06% em extensão

Cerca de 67% dos trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante já foram restaurados . Isto pode explicar a ausência de extensões ultrapassando o limite de vida útil nos anos de 1990, 1995 e 1997 na Tabela 4.1. Outro aspecto importante é notar que não há percentual de extensão com IRI menor que 1,92 m/km em nenhum ano de

levantamento, ou seja, os pavimentos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante já partem de um IRI maior do que este valor, mesmo depois de construídos.

A Tabela 4.2 mostra, para os trechos ainda não restaurados, que aqueles revestidos em CAUQ ou CAUQ+PMQ, dentre todos os levantamentos, apresentam IRIs em torno de 1,93 e 4,61 m/km. Apenas 1,87% em extensão ultrapassam o limite de vida útil estabelecido. Para os trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante, o aspecto mais importante, como já comentado anteriormente, é que estes ficam no mínimo com IRI's entre 1,93 e 4,61 m/km.

**TABELA 4.2 -** Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Não-Restaurados

Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de IRI	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados - IRI (m/km)			Total
					Até 1,92	1,93 - 4,61	>4,61	
IRI CAUQ, CAUQ+PMQ	1990	Extensão (km)	7,91	180,71	60,89	109,96	0	359,47
		Percentual	2,20	50,27	16,94	30,59	0,00	100,00
	1995	Extensão (km)	123,57	54,85	31,17	149,88	0	359,47
		Percentual	34,38	15,26	8,67	41,69	0,00	100,00
	1997	Extensão (km)	15,46	35,27	0	308,74	0	359,47
		Percentual	4,30	9,81	0,00	85,89	0,00	100,00
	2001	Extensão (km)	15,46	0	30,54	306,73	6,74	359,47
		Percentual	4,30	0,00	8,50	85,33	1,87	100,00
IRI PMF, PMQ, PMF+Capa Selante, PMQ+Capa Selante	1990	Extensão (km)	0	40,23	0	0	0	40,23
		Percentual	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	1995	Extensão (km)	40,23	0	0	0	0	40,23
		Percentual	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
	1997	Extensão (km)	0	0	0	40,23	0	40,23
		Percentual	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
	2001	Extensão (km)	0	0	0	40,23	0	40,23
		Percentual	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	100,00

A Tabela 4.3 mostra os trechos que já foram restaurados em CAUQ ou CAUQ+PMQ. Nota-se que no ano de 2001 já não há mais nenhum trecho com IRI menor do que 1,92 m/km, ou seja, sabendo-se que as restaurações ocorreram por volta dos anos de 1994 e 1998, conclui-se que em aproximadamente 5 anos os pavimentos já perdem a condição de rolamento apropriada.

Para os trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante e PMQ+Capa Selante restaurados, a Tabela 4.3 mostra que no ano de 2001, 39,02% em extensão já haviam ultrapassado o limite de vida útil.

**TABELA 4.3** - Frequência em Termos de Extensão Através de Limites Padronizados – IRI (m/km) – Trechos Restaurados

Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de IRI	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados - IRI (m/km)			Total	
					Até 1,92	1,93 - 4,61	>4,61		
IRI CAUQ, CAUQ+PMQ	1990	Extensão (km)	0,56	0	15,28	351,96	18,91	386,71	
		Percentual	0,14	0,00	3,95	91,01	4,89	100,00	
	1995	Extensão (km)	83,78	0	37,26	265,67	0	386,71	
		Percentual	21,66	0,00	9,64	68,70	0,00	100,00	
	1997	Extensão (km)	18,67	0	77,97	290,07	0	386,71	
		Percentual	4,83	0,00	20,16	75,01	0,00	100,00	
	2001	Extensão (km)	0	0	0	374,85	11,86	386,71	
		Percentual	0,00	0,00	0,00	96,93	3,07	100,00	
	IRI PMF, PMQ, PMF+Capa Selante, PMQ+Capa Selante	1990	Extensão (km)	24,03	8,85	0	47,89	0	80,77
			Percentual	29,75	10,96	0,00	59,29	0,00	100,00
		1995	Extensão (km)	59,66	0	0	21,11	0	80,77
			Percentual	73,86	0,00	0,00	26,14	0,00	100,00
1997		Extensão (km)	26,68	0	0	54,09	0	80,77	
		Percentual	33,03	0,00	0,00	66,97	0,00	100,00	
2001		Extensão (km)	0	0	0	49,25	31,52	80,77	
		Percentual	0,00	0,00	0,00	60,98	39,02	100,00	

#### 4.3.2 Deflexão Máxima Média

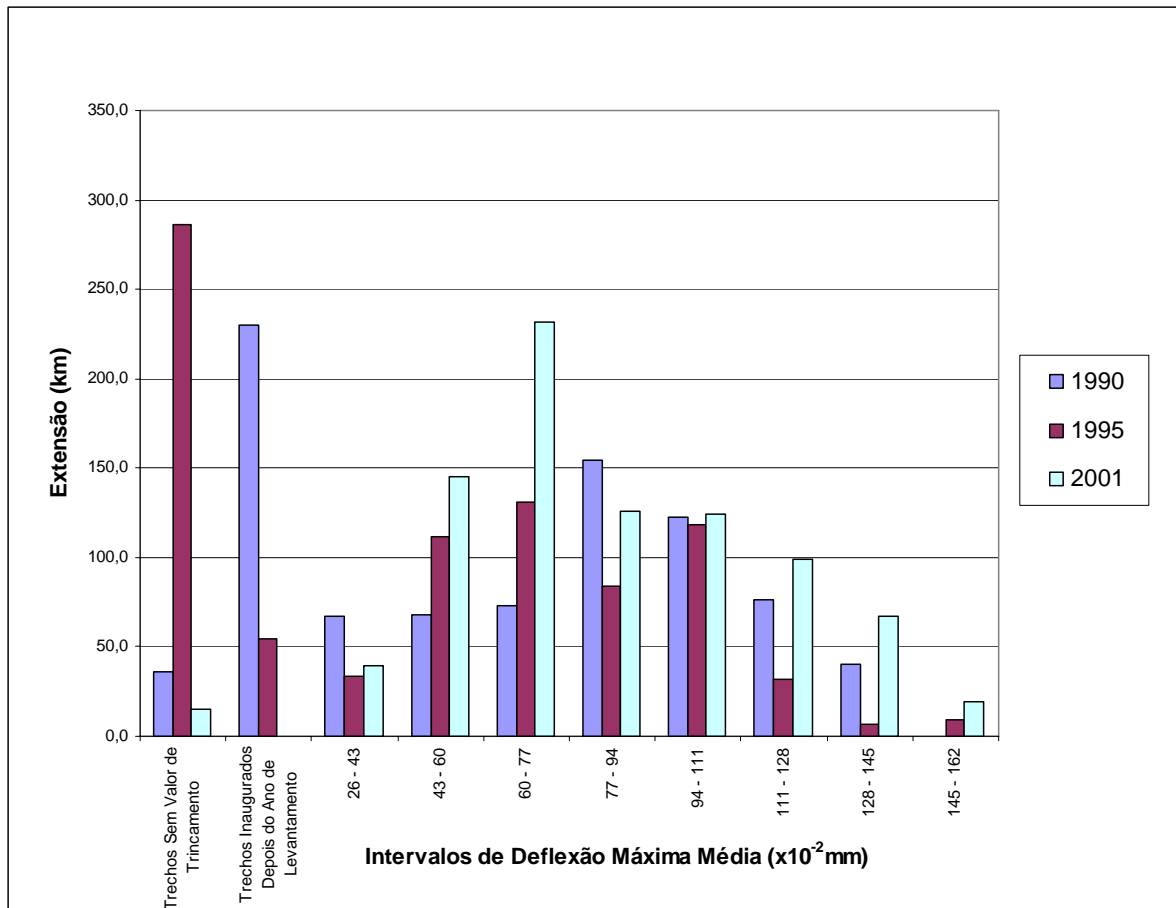
Nas Figuras de 4.25 a 4.27, apresenta-se a estatística descritiva das deflexões dos pavimentos considerando os pavimentos restaurados e não-restaurados conjuntamente bem como de forma separada.

Na Figura 4.25, nota-se que a maioria dos trechos apresentam deflexões máximas médias entre os valores de 60 e 94 x 10<sup>-2</sup>mm. Também se percebe que há um aumento gradativo da deflexão ao longo dos três levantamentos até o valor de 77x10<sup>-2</sup>mm, apresentando queda principalmente no levantamento de 1995 a partir deste valor, reflexo das restaurações que ocorreram entre os anos de 1994 a 1998.

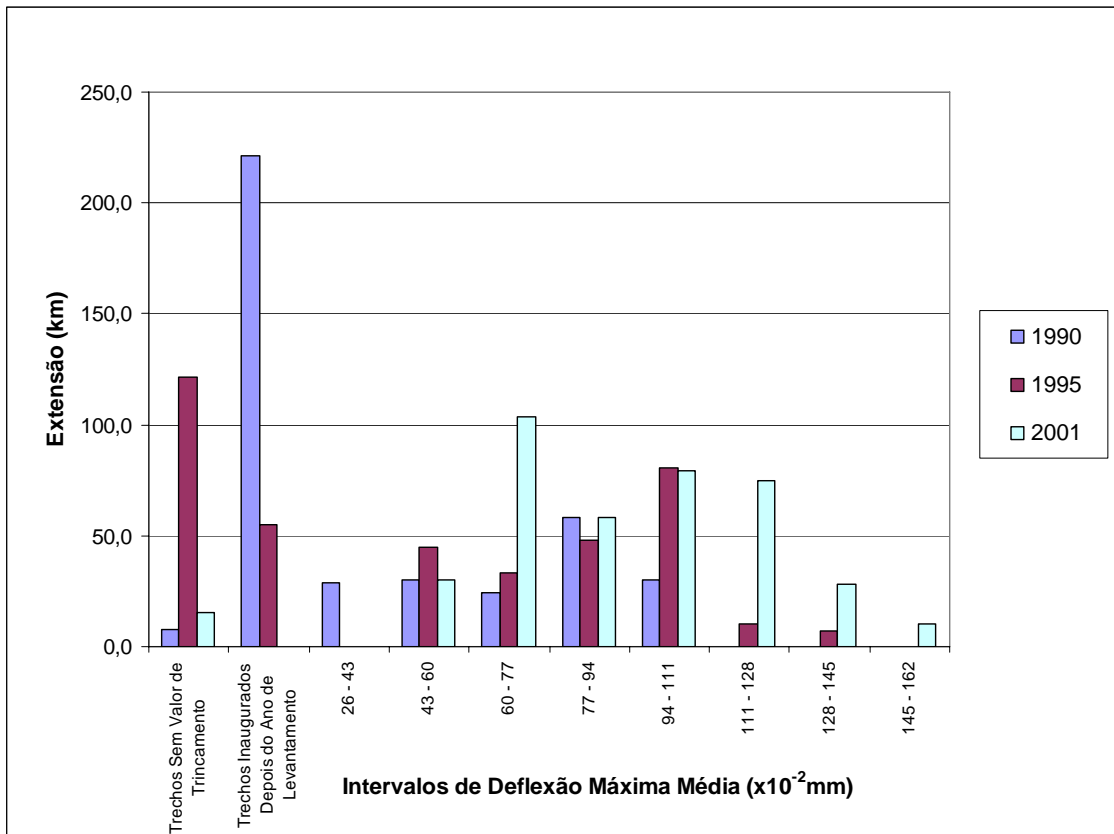
Para os trechos não-restaurados, a maior frequência dentre os três levantamentos, se dá entre os intervalos de 77 a 111x10<sup>-2</sup>mm como mostra a Figura 4.26. Já para os trechos restaurados, mostrados na figura 4.27, nota-se uma semelhança muito grande comparando com os dados apresentados no parágrafo anterior, ou seja, quando se analisa os trechos restaurados e não-restaurados conjuntamente.

PATTERSON (1987) classificou os pavimentos em fracos quando este parâmetro apresenta valores maiores ou iguais a 60x10<sup>-2</sup>mm. Tomando esta premissa como limite de comparação, através das Tabelas 4.4 a 4.6, pôde-se então analisar o aspecto estrutural dos pavimentos restaurados e não-restaurados de forma conjunta bem como também de forma separada.

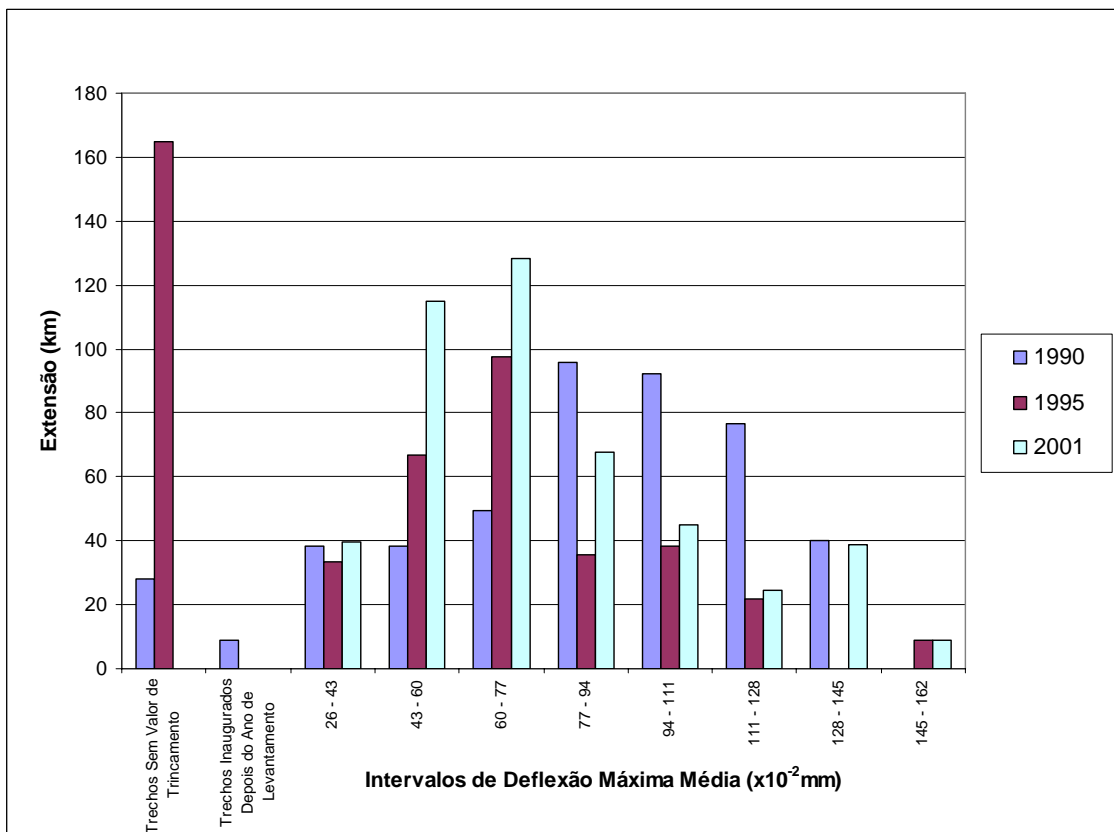
Na Tabela 4.4, os pavimentos apresentam, dentre os três levantamentos efetuados, de 43,93% a 76,93% da extensão dos trechos com deflexão máxima média maior que  $60 \times 10^{-2}$  mm. Para os trechos não-restaurados mostrados na Tabela 4.5 e os restaurados mostrados na Tabela 4.6, nota-se que a maioria dos trechos também se encontram com deflexões maiores que  $60 \times 10^{-2}$  mm.



**FIGURA 4.25** - Intervalos de Frequência de Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados e Não-Restaurados



**FIGURA 4.26 -** Intervalos de Frequência de Deflexão Máxima Média - Trechos Não-Restaurados



**FIGURA 4.27 -** Intervalos de Frequência de Ocorrência de Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados



**TABELA 4.4 - Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados e Não Restaurados**

Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de Trincamento	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados		Total
					Até $60 \times 10^{-2}$ mm	> $60 \times 10^{-2}$ mm	
DEFLEXÃO (x $10^{-2}$ mm)	1990	Extensão (Km)	35,82	229,8	135,19	466,37	867,18
		Percentual	4,13	26,50	15,59	53,78	100,00
	1995	Extensão (Km)	286,27	54,85	145,08	380,98	867,18
		Percentual	33,01	6,33	16,73	43,93	100,00
	2001	Extensão (Km)	15,45	0	184,62	667,11	867,18
		Percentual	1,78	0,00	21,29	76,93	100,00

**TABELA 4.5 – Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Não-Restaurados**

Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de Trincamento	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados		Total
					Até $60 \times 10^{-2}$ mm	> $60 \times 10^{-2}$ mm	
DEFLEXÃO (x $10^{-2}$ mm)	1990	Extensão (Km)	7,92	220,95	58,51	112,33	399,71
		Percentual	1,98	55,28	14,64	28,10	100,00
	1995	Extensão (Km)	121,34	54,85	44,87	178,65	399,71
		Percentual	30,36	13,72	11,23	44,69	100,00
	2001	Extensão (Km)	15,47	0	30,24	354	399,71
		Percentual	3,87	0,00	7,57	88,56	100,00

**TABELA 4.6 - Intervalos de Frequência Através de Faixas de Limites Padronizados – Deflexão Máxima Média - Trechos Restaurados**

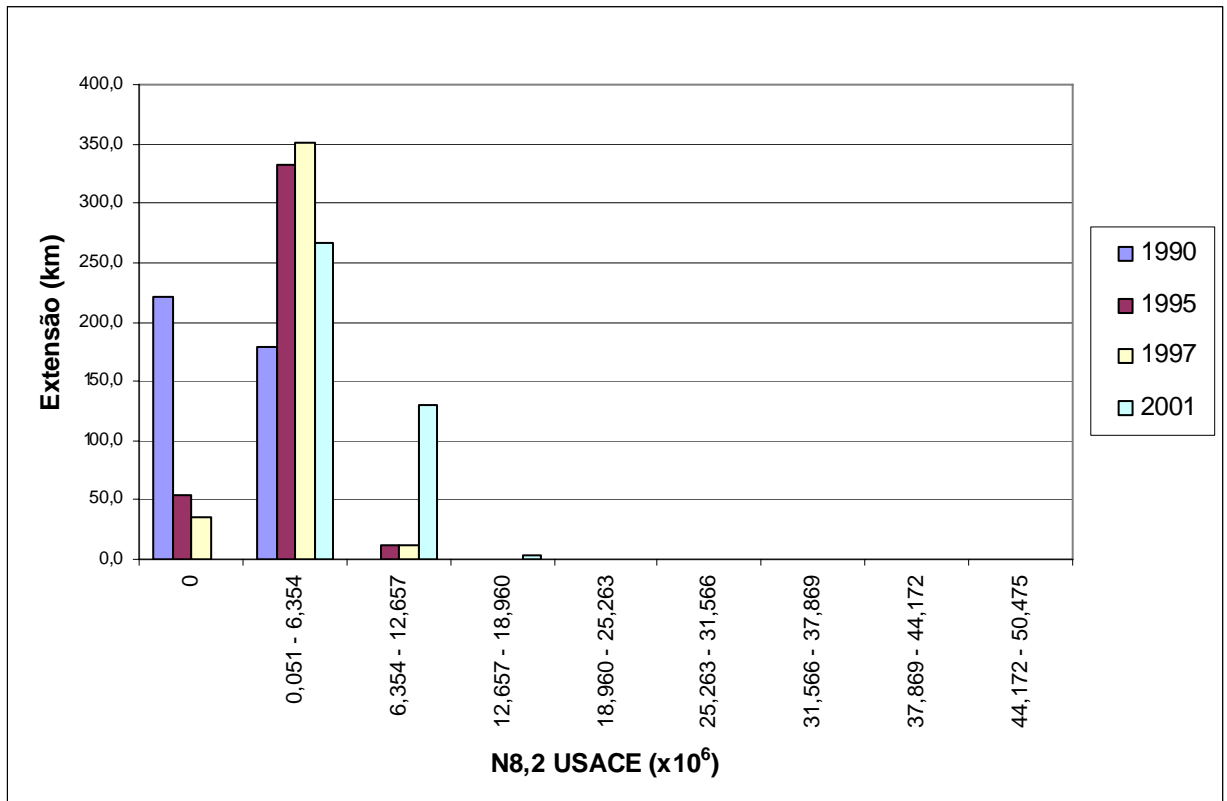
Parâmetro	Ano	Frequências e Percentuais	Trechos Sem Valor de Trincamento	Trechos Inaugurados Depois do Ano de Levantamento	Limites Padronizados		Total
					Até $60 \times 10^{-2}$ mm	> $60 \times 10^{-2}$ mm	
DEFLEXÃO (x $10^{-2}$ mm)	1990	Extensão (Km)	27,91	8,85	76,68	354,04	467,48
		Percentual	5,97	1,89	16,40	75,73	100,00
	1995	Extensão (Km)	164,94	0	100,21	202,33	467,48
		Percentual	35,28	0,00	21,44	43,28	100,00
	2001	Extensão (Km)	0	0	154,38	313,1	467,48
		Percentual	0,00	0,00	33,02	66,98	100,00

#### 4.4 Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão

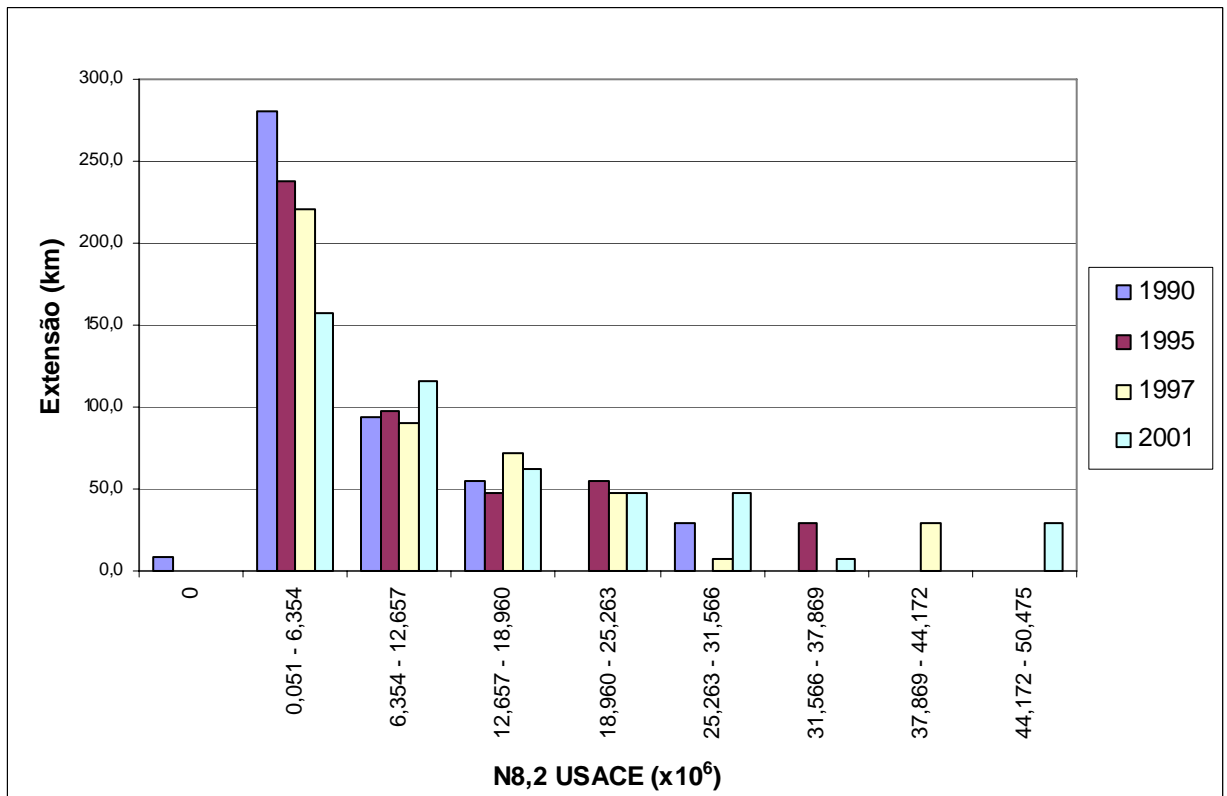
As Figuras de 4.28 a 4.31 mostram as características do tráfego atuante nos trechos analisados. Os fatores de veículos utilizados foram aqueles apresentados no Capítulo 3, permitindo assim o cálculo do número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton ( $N_{8,2t}$ ) tanto para a metodologia da AASHTO quanto para a do USACE. Os valores “0” nos gráficos a seguir representam, para cada ano de auscultação, os trechos ainda não implantados pelo DEINFRA/SC.

A Figura 4.28, para os trechos não-restaurados, mostra que não há percentual de extensão que ultrapasse o valor de  $18,960 \times 10^6$ . Já na Tabela 4.29, para os trechos já restaurados, o valor do  $N_{8,2t}$  USACE poderia chegar até um valor de  $50,475 \times 10^6$ .

Observando-se os dados das Figuras 4.30 a 4.31, referentes ao  $N_{8,2t}$  AASHTO, estes seguem proporcionalmente a tendência para o  $N_{8,2t}$  USACE já apresentado.



**FIGURA 4.28** - Intervalos de Frequência  $N_{8,2t}$  DNER (USACE) - Trechos Não-Restaurados



**FIGURA 4.29** - Intervalos de Frequência  $N_{8,2t}$  USACE - Trechos Restaurados

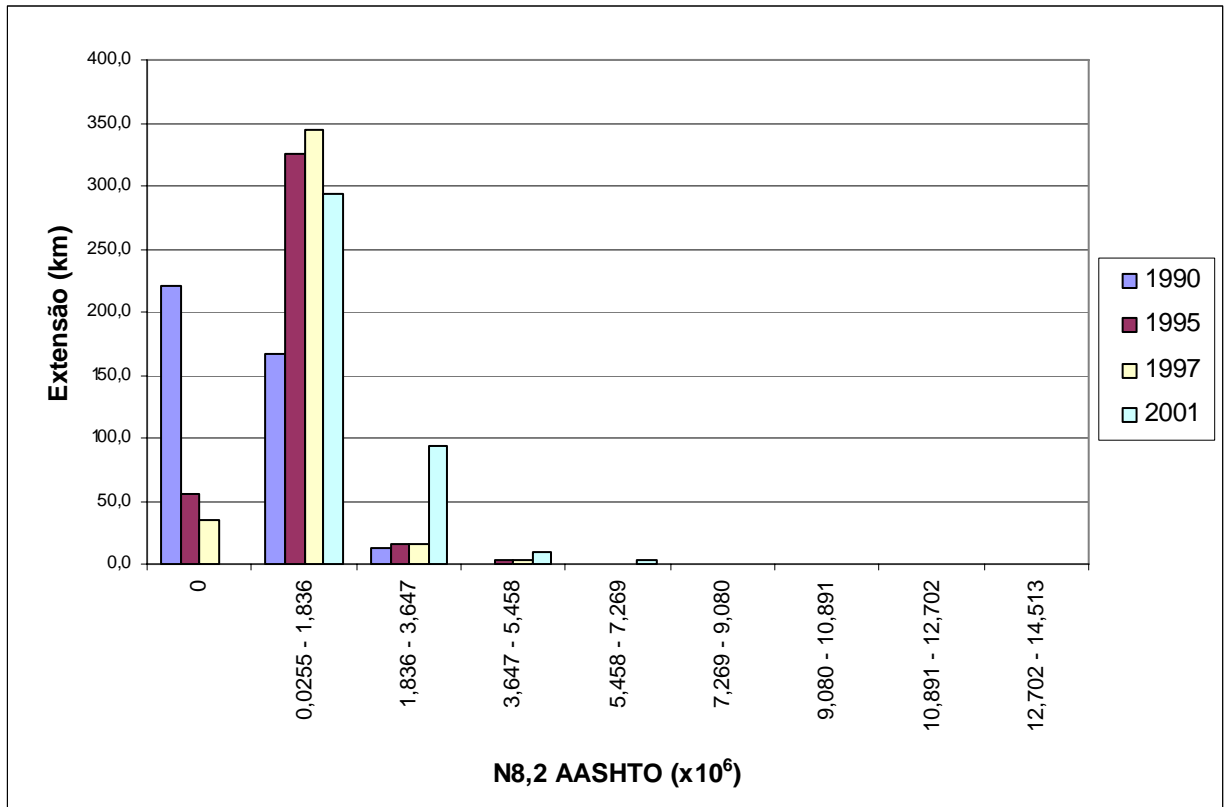


FIGURA 4.30 - Intervalos de Frequência N<sub>8,2t</sub> AASHTO - Trechos Não-Restaurados

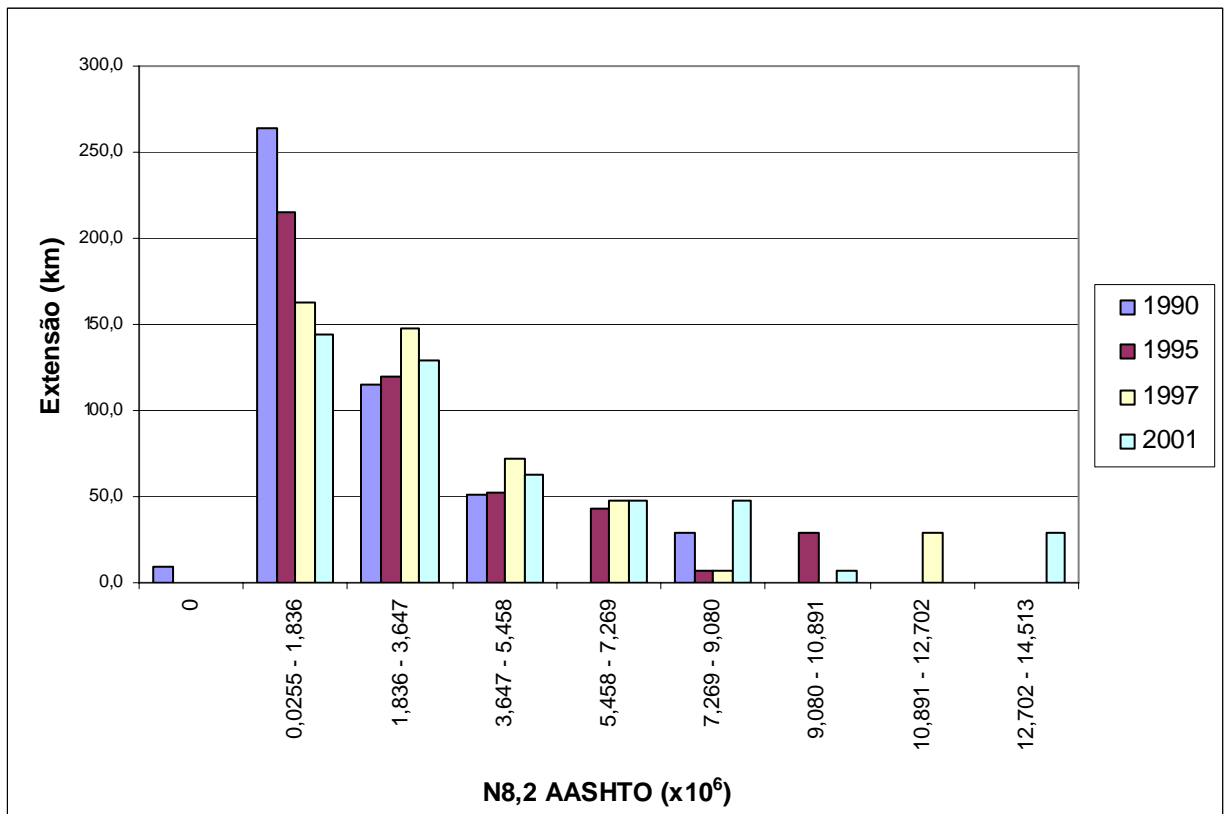


FIGURA 4.31 - Intervalos de Frequência N<sub>8,2t</sub> AASHTO - Trechos Restaurados

## **CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DOS PAVIMENTOS**

### **5.1 Considerações Iniciais**

Em um sistema de gerência de pavimentos a coleta periódica de dados na malha rodoviária, como já visto anteriormente, é uma atividade de suma importância. Estes levantamentos periódicos permitem que os engenheiros ou o órgão responsável pela malha rodoviária possam determinar a evolução dos valores dos parâmetros, de maneira que estes dados possam ser efetivamente traduzidos através de modelos de desempenho. Estes modelos, ou linhas de tendência locais, são geralmente obtidos através de regressões estatísticas, mesmo no caso de séries históricas reduzidas, sendo estas fundamentais para a eficácia de um sistema de gerência de pavimentos (MARCON, 1996).

Mas, o grande problema na obtenção de modelos de desempenho é exatamente este, ou seja, quando não se dispõe de uma boa história de dados no caso de um determinado trecho de rodovia em particular, aí então se depara com uma situação crítica para que se possa elaborar um modelo de previsão adequado (SHAHIN et al., 1987).

Os procedimentos apresentados nesta pesquisa para a obtenção de linhas de tendência estão baseados em pesquisas desenvolvidas para implantação do programa PAVER (O'BRIEN III et al., 1983; NUNEZ E SHAHIN, 1986). Esta pesquisa parte do princípio que qualquer sistema de gerência que se utiliza dados históricos da condição do pavimento, ou seja, que dispõe de pelo menos uma avaliação de cada um dos trechos de sua malha, pode objetivamente utilizar essa técnica para obtenção de linhas de tendência (SHAHIN, 1987).

Isto quer dizer que, apesar das bases de dados dos Sistemas de Gerência serem relativamente novas e terem pouca frequência de avaliações para cada trecho integrante da malha durante todo o tempo de vida do pavimento, como é o caso do SGP do DEINFRA/SC, ainda assim há a possibilidade de obter linhas de tendência de desempenho. Na prática, estatisticamente, o número de levantamentos ou amostras ao longo do tempo que seriam adequadas para a obtenção de linhas de tendência para cada trecho

pertencente à malha seria no mínimo de 30 observações. Por outro lado, para amostras pequenas, onde não se conhece a componente da incerteza, ou seja, o desvio padrão da população ( $\sigma$ ), somente se conhecendo o desvio padrão da amostra, então o cálculo da probabilidade seria mais conservador e variaria de acordo com o número de observações. Deste modo, como se tem teoricamente somente 4 observações (auscultações) para cada trecho de pavimento no que diz respeito à Trincamento Total e Irregularidade, e apenas 3 observações para o parâmetro Deflexão no SGP – DEINFRA/SC, a probabilidade de insucesso na obtenção de modelos individualizados para cada trecho da malha para um nível de significância qualquer seria bem maior.

O'BRIEN III et al. (1983) e NUNEZ e SHAHIN (1986), como já comentado nos parágrafos anteriores, desenvolveram uma maneira para a modelagem do comportamento do pavimento no intuito de combater o problema da história de dados insuficiente dos trechos, desenvolvendo a abordagem de *famílias* para os pavimentos pertencentes a uma determinada malha.

Trechos de rodovias inseridos em um banco de dados que possuam o mesmo tipo de pavimento, uso e classificação foram agrupados em famílias. Nesta ótica, trechos com diferentes idades e categorias de condições são agrupados para representar a deterioração em um determinado trecho típico desta mesma família, ao longo do tempo. Então, através da coleta da condição e da idade de cada trecho, agrupando-os cronologicamente, e plotando uma curva através dos pontos, pode ser obtida uma boa idéia do desempenho total (linha de tendência) esperado para todos os trechos das famílias ao longo do tempo. Neste conceito, uma família é definida por qualquer combinação dos itens seguintes (SHAHIN et al., 1987):

- a) Tipo de Pavimento: Concreto Asfáltico (AC); Concreto de Cimento Portland (PCC); Capa de Concreto Asfáltico sobre Pavimento de Concreto de Cimento Portland – Black-Top (APC); Capa de Concreto; Capa de Concreto Asfáltico sobre o Próprio Concreto Asfáltico (ACC);
- b) O uso do Pavimento - Identificado pelo Serviço a que se Destina – tais como: Rodovias, Ruas, Estacionamentos, Pistas de Aeroportos, Pistas de Taxiamento ou Pátios de Estacionamento de Aeronaves; e

- c) Classificação do Pavimento ou Classificação Funcional, tais como: Vias Arteriais, Coletoras, Rodovias Locais e Estradas.

O método apresentado por NUNEZ E SHAHIN (1986) fez uso do índice PCI (Pavement Condition Index) para avaliação dos pavimentos ao longo do tempo. Entretanto, segundo SHAHIN et al. (1987), as variáveis para definição dos grupos podem ser diferentes dependendo das condições locais de cada malha de pavimentos analisada. Além disso, a adição de novos dados obtidos em levantamentos posteriores nos trechos de uma determinada família permite a retroalimentação dos modelos ou tendências de desempenho.

Os dados disponíveis para o presente estudo foram apresentados no capítulo 3, tratando-se dos levantamentos efetuados em 1990 e daqueles obtidos depois da efetiva implantação do SGP/DEINFRA/SC nos anos de 1995, 1997 e 2001.

Neste capítulo de dissertação foram então adotados os princípios básicos da metodologia apresentada por NUNEZ e SHAHIN (1986), mas contempladas outras variáveis, as quais são disponíveis no Sistema de gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC. As variáveis analisadas foram:

- Variáveis Dependentes:
  - Deflexão Máxima Média;
  - Irregularidade; e
  - Trincamento Total;
- Variáveis Independentes:
  - Idade; e
  - Número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO.

Assim, o intuito da utilização desta metodologia é se obter linhas de tendência de desempenho de determinados grupos de pavimentos existentes na região geológica 1 da malha rodoviária de Santa Catarina, sob jurisdição permanente ou temporária do DEINFRA/SC, e utilizá-las no Sistema de Gerencia de Pavimentos.

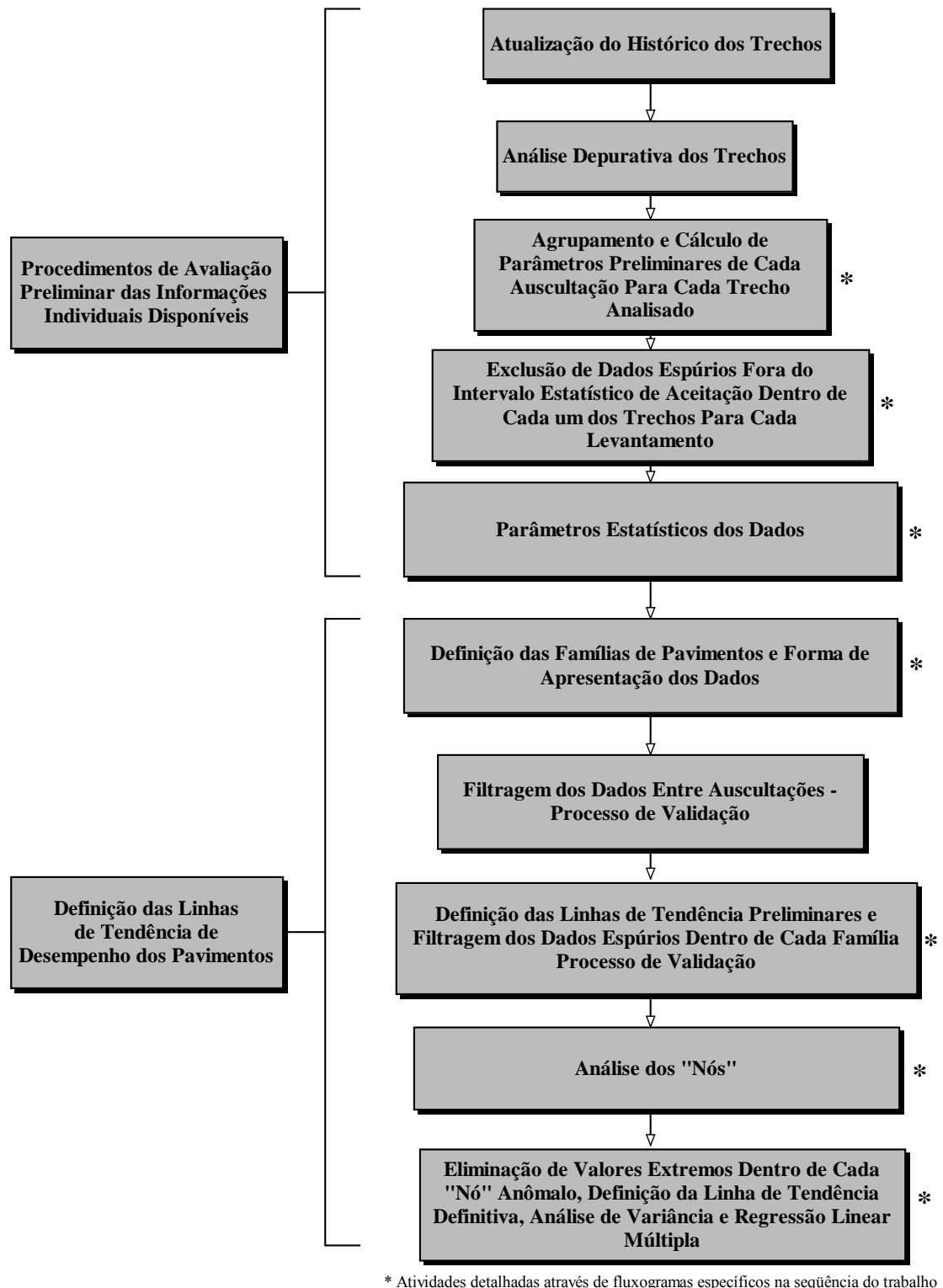
## **5.2 Definição das Sub-Etapas Para a Análise do Comportamento dos Pavimentos**

O capítulo 5 – Análise do Comportamento dos Pavimentos, definido como Etapa 9 no Capítulo 3, foi ainda subdividido em duas grandes etapas distintas, quais sejam:

1. Procedimentos de Avaliação Preliminar das Informações Individuais Disponíveis, que se consistiu numa avaliação “trecho por trecho”; e
2. Definição das Linhas de Tendência de Desempenho dos Pavimentos, dentro de cada família de pavimentos.

Estas sub-etapas serão descritas nos itens subsequentes, embora o fluxograma mostrado na Figura 5.1 dê uma idéia preliminar geral de todos os procedimentos envolvidos.

Todos procedimentos adotados, tanto os de Avaliação Preliminar quanto a definição das Linhas de Tendência de Desempenho propriamente ditas, foram baseados em informações bibliográficas, orientações de profissionais e professores especializados e na possibilidade e capacidade de adaptação destas informações à realidade dos dados e das ferramentas de análise disponíveis.



**FIGURA 5.1** - Fluxograma Geral de Procedimentos Adotados nas Sub-Etapas de Análise do Comportamento dos Pavimentos



### **5.2.1 Procedimentos de Avaliação Preliminar das Informações Individuais Disponíveis**

Para que se pudesse definir com maior clareza esta sub-etapa, alguns tópicos devem ser levados em consideração como mostra a Figura 5.1. Através destes tópicos, pode-se visualizar quais são os objetivos com relação aos “Procedimentos de Avaliação Preliminar”. Alguns dos tópicos que dizem respeito a esta primeira sub-etapa já foram descritos no capítulo 3, sendo parte integrante dos itens 3.4 a 3.6. Os tópicos que já foram abordados são:

- a) Atualização do Histórico dos Trechos; e
- b) Análise Depurativa dos Trechos.

Ainda, com relação à “Avaliação Preliminar das Informações Individuais Disponíveis”, dos tópicos que ainda não foram abordados no capítulo 3, destacam-se:

- c) Agrupamento e Cálculo de Parâmetros Preliminares de Cada Auscultação Para Cada Trecho Analisado;
- d) Exclusão de Dados Espúrios Fora do Intervalo Estatístico de Aceitação Dentro de Cada um dos Trechos Para Cada Levantamento; e
- e) Parâmetros Estatísticos dos Dados.

#### **5.2.1.1 Agrupamento e Cálculo de Parâmetros Preliminares de Cada Auscultação Para Cada Trecho Analisado**

Com relação ao item “c”, os cálculos da média, desvio padrão, máximos, mínimos e coeficiente de variação de cada parâmetro referente às auscultações de 1995, 1997 e 2001 foram feitos de forma preliminar, de modo que se pudesse ter um valor inicial a ser analisado. Estes cálculos foram efetuados integralmente somente para os dados de Deflexão e Irregularidade. Para o Trincamento Total foi calculada somente a média.

#### **5.2.1.2 Exclusão de Dados Espúrios Fora do Intervalo Estatístico de Aceitação Dentro de Cada um dos Trechos Para Cada Levantamento**

Subseqüentemente ao cálculo preliminar, no intuito de se ter certeza da confiabilidade dos dados, estabeleceu-se intervalos de aceitação para os valores individuais de cada ano

de auscultação para cada um dos 83 trechos analisados referentes à Deflexão e Irregularidade, definindo-os através dos limites:

$$L_s \text{ ou } L_f = \text{VMP} \pm z\sigma \quad (5.1)$$

Onde:

$L_s$  :Limite Superior do Parâmetro;

$L_f$  :Limite Inferior do Parâmetro;

VMP :Valor Médio do Parâmetro;

$Z$  :Coeficiente de Confiança, estimado em função do número de observações do parâmetro dentro de cada auscultação de acordo com a Tabela 5.1 (“*Highway Research Board*” – Report 17, segundo DNER, 1979a); e

$\sigma$  :Desvio Padrão

**TABELA 5.1** - Valores de  $z$  em Relação ao Número de Medições ( $n$ )

$n$	$z$	Confiabilidade
3	1,0	68,3%
4	1,5	86,6%
5-6	2,0	95,4%
7-19	2,5	98,7%
$\geq 20$	3,0	99,7%

Definidos os intervalos de aceitação acima, pode-se efetuar a análise de exclusão de dados espúrios em cada levantamento dentro de cada trecho através de um processo iterativo. Seguiu-se a eliminação de todos os valores individuais da distribuição situados fora do intervalo, procedendo-se a novo cálculo de VMP e  $\sigma$  com os valores remanescentes, bem como a fixação dos novos limites do intervalo de aceitação,  $\text{VMP} \pm z\sigma$ , para a nova situação. Esse procedimento foi repetido, em cada caso, tantas vezes sucessivas quantas foram necessárias para o enquadramento de todos os valores individuais remanescentes no intervalo  $\text{VMP} \pm z\sigma$  determinado. Os valores de VMP e  $\sigma$  assim encontrados foram considerados, respectivamente, como a média aritmética e o desvio padrão definitivos da amostra.

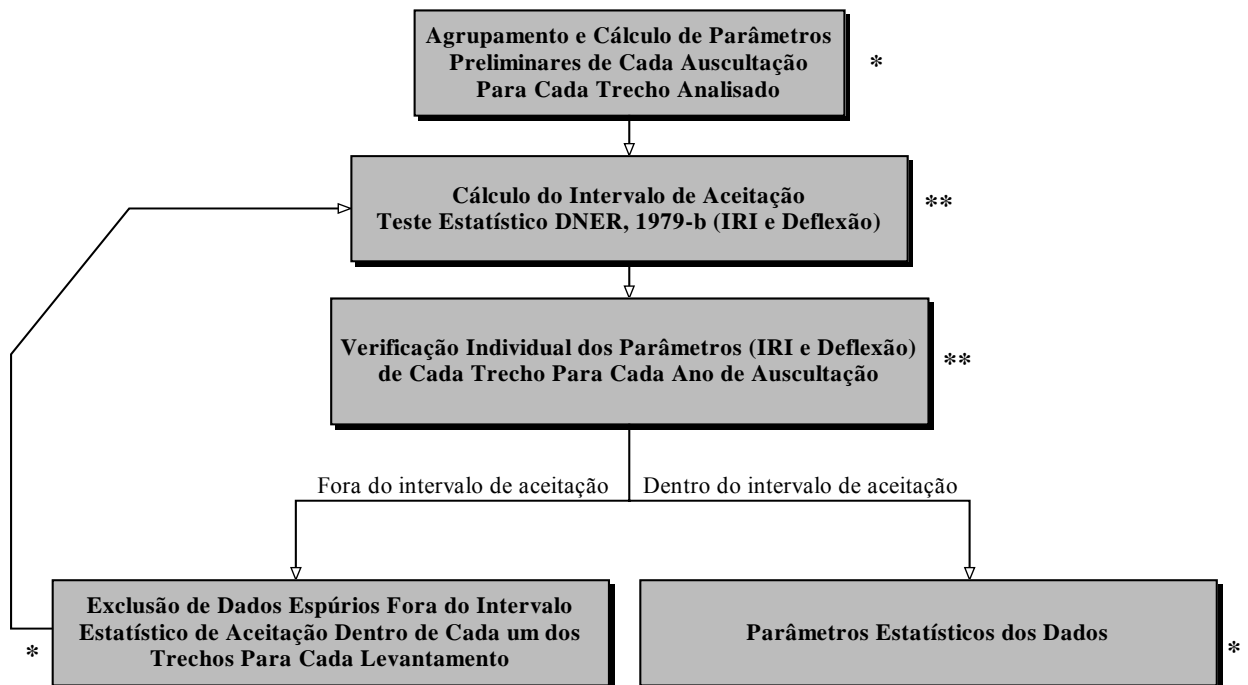
Cabe ressaltar que os valores dos parâmetros para a auscultação de 1990 foram tomados de Marcon, 1996, ou seja, não passaram pelas análises descritas anteriormente. Já os

dados de trincamento total foram calculados de acordo com o que foi descrito no item 3.6 do Capítulo 3.

### 5.2.1.3 Parâmetros Estatísticos dos Dados

O Anexo A, nos Quadros A-1, A-2, A-3 e A-4 mostram respectivamente a análise individual de cada trecho para os parâmetros Deflexão Máxima Média (DEFM), Irregularidade (IRI), Trincamento Total (TRINCA) e Número Estrutural Corrigido (SNC) e referente aos levantamentos disponíveis. Ressalta-se que as deflexões obtidas nos anos de 1995 e 2001, obtidas através do Falling Weight Deflectometer (FWD) foram convertidas para Viga Benkelman através das equações constantes da Tabela 3.11 do Capítulo 3.

A Figura 5.2 mostra o fluxograma típico da análise referente aos itens 5.2.1.1, 5.2.1.2 e 5.2.1.3, complementando o fluxograma geral mostrado na Figura 5.1



\* Atividades Mostradas no Fluxograma Geral - Figura 5.1

\*\* Atividades Intermediárias

**FIGURA 5.2** - Fluxograma Sequencial de Procedimentos Para o Agrupamento, Cálculo, Verificação de Dados Espúrios e Definição dos Parâmetros Estatísticos dos Dados

### **5.2.2 Definição das Linhas de Tendência de Desempenho dos Pavimentos**

Como já mencionado, para que se possa fazer uma análise do desempenho dos pavimentos de uma determinada malha de pavimentos, onde não se tem uma série histórica de levantamentos individuais para cada trecho, há a necessidade do agrupamento destes em famílias. Este agrupamento é o equivalente à inclusão de uma das variáveis mais importantes na definição de um modelo que é o tipo de pavimento e conseqüentemente a definição dos tipos de materiais constituintes de sua estrutura.

Como se pode observar, além do agrupamento dos pavimentos por tipo de material constituinte de sua estrutura, a divisão preliminar se baseou também na metodologia proposta por MARCON (1996), ou seja, de utilizar uma divisão geográfico/geológica do estado.

Os itens a seguir descrevem a seqüência de procedimentos para a “Definição das Linhas de Tendência de Desempenho dos Pavimentos” antes e depois da restauração. A seqüência de trabalho se pautou nos procedimentos conforme o fluxograma geral mostrado na Figura 5.1:

- a) Definição das Famílias de Pavimentos e Forma de Apresentação dos Dados;
- b) Filtragem dos Dados Entre Auscultações – Processo de Validação;
- c) Definição das Linhas de Tendência Preliminares e Filtragem dos Dados Espúrios Dentro de Cada Família – Processo de Validação;
- d) Análise dos “Nós”; e
- e) Eliminação de Valores Extremos Dentro de Cada “Nó” Anômalo, Definição da Linha de Tendência Definitiva, Análise de Variância e Regressão Linear Múltipla.

A análise das tendências de desempenho foram feitas através de gráficos elaborados envolvendo as variáveis dependentes e independentes citadas no item 5.1.

Foram utilizados gráficos que relacionam a Idade ou o Número Equivalente de Operações do Eixo Padrão de 8,2 ton., calculado pelo método da AASHTO, às variáveis dependentes Irregularidade (International Roughness Index - IRI), Deflexões Máximas Médias Viga Benkelman (DEFLEXÃO VB) e Trincamento Total (TRINCA).

### 5.2.2.1 Definição das Famílias de Pavimentos e Forma de Apresentação dos Dados

Baseado no que foi descrito no capítulo 3, item 3.4, com relação aos materiais constituintes da estrutura dos pavimentos da Região Geológica 1, pôde-se então dividir os 83 trechos estudados em 2 grandes famílias:

Família1: Trechos com Sub-base em Macadame Seco (MS), Seixo Bruto (SB), Seixo Classificado (SC); e

Família 2: Trechos com Sub-base em Solo Estabilizado (SE), Saibro (SAI) e Sem Subbase (Reforço do Subleito).

Como se pode observar, não houve a consideração dos materiais de base e revestimento. Para que se pudesse considerar tanto o material da base quanto de revestimento, houve a necessidade de se dividir as duas famílias em duas subfamílias, como alternativa para que se pudesse considerar, além dos materiais constituintes da base e revestimento de forma coerente, tentar fazer com que não ficassem com um número reduzido de pontos para a análise.

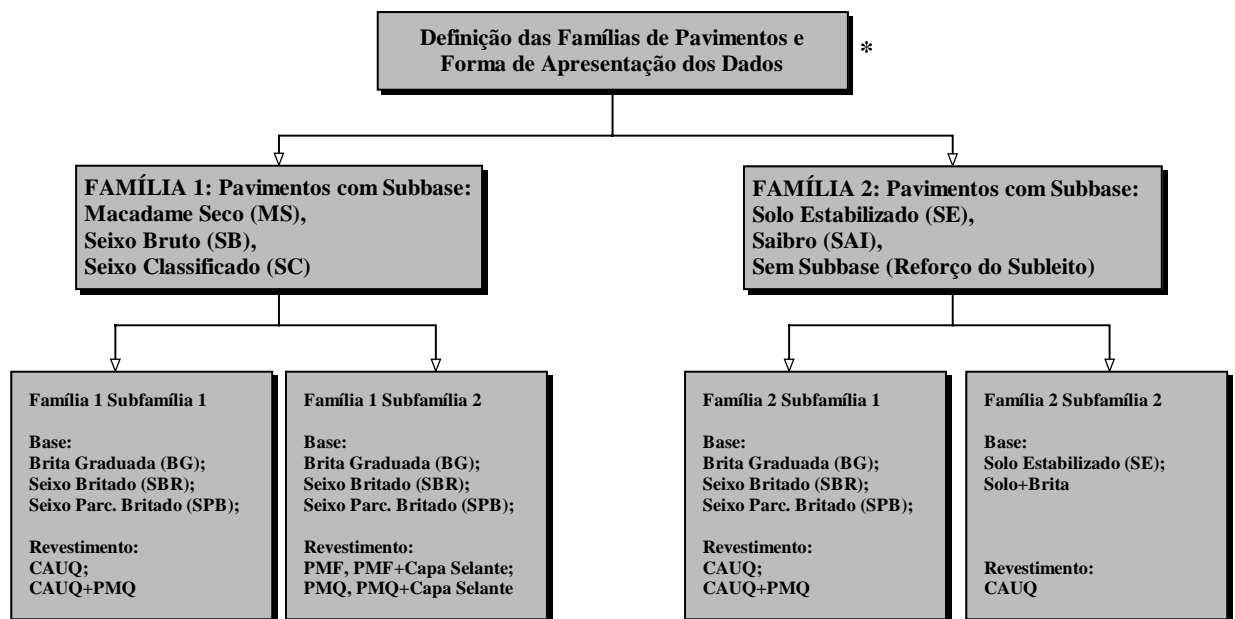
**Família 1:** - **Subfamília F1S1** (160,894 km – 17 trechos): Base em Brita Graduada (BG), Seixo Britado (SBR), Seixo Parcialmente Britado (SPB); e Revestimento em Concreto Asfáltico (CAUQ) e Concreto Asfáltico+Pré-Misturado à Quente (CAUQ+PMQ) - 18,55% ; e

- **Subfamília F1S2** (105,267 km – 8 trechos): Base em Brita Graduada (BG), Seixo Britado (SBR), Seixo Parcialmente Britado (SPB); e Revestimento em Pré-Misturado a Frio (PMF - com ou sem capa selante) e Pré-Misturado à Quente (PMQ – com ou sem capa selante).

**Família 2:** - **Subfamília F2S1** (537,714 km – 53 trechos): Base em Brita Graduada (BG), Seixo Britado (SBR), Seixo Parcialmente Britado (SPB); e Revestimento em Concreto Asfáltico (CAUQ) e Concreto Asfáltico+Pré-Misturado à Quente (CAUQ+PMQ); e

- **Subfamília F2S2** (63,302 km – 5 trechos): Base em Solo Estabilizado (SE); e Revestimento em Concreto Asfáltico (CAUQ).

A Figura 5.3 apresenta o esquema da divisão dos pavimentos em famílias, facilitando sua visualização e complementando o fluxograma geral apresentado na Figura 5.1.



\* Atividades Mostradas no Fluxograma Geral - Figura 5.1

**FIGURA 5.3** - Fluxograma ilustrativo da divisão dos pavimentos em famílias

A apresentação das regressões que demonstram as linhas de tendência foram feitas através de gráficos antes e depois da restauração, obedecendo as seguintes orientações:

- no eixo das abcissas (variáveis independentes):
  - IDADE (anos): representando a idade do pavimento desde a abertura ao tráfego ou desde a restauração;
  - $N_{8,2t}$  AASHTO: número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton, calculado pelo método da AASHTO, desde a abertura ao tráfego ou desde a restauração;
- no eixo das ordenadas (variáveis dependentes):
  - IRI: International Roughness Index, em m/km;
  - DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA VB ( $\times 10^{-2}$ mm): Deflexão Máxima Média Viga Benkelman do trecho, em centésimos de milímetro;
  - TRINCAMENTO TOTAL (%): Trincamento Total Médio, em porcentagem;

As variáveis utilizadas nos eixos das abcissas e das ordenadas foram analisadas entre si resultando numa série de gráficos de forma separada para cada variável dependente (IRI, DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA VB e TRINCAMENTO TOTAL) dentro de cada uma das 4 subfamílias, considerando as auscultações disponíveis para cada trecho até antes da restauração e também depois dela.

As escalas das abcissas e das ordenadas foram padronizadas para cada variável dentro de cada subfamília antes e depois de restauração, com base no intervalo de ocorrência dos respectivos valores.

A apresentação dos dados referentes à regressões lineares de múltiplas variáveis independentes se dará através de tabelas de ANOVA de acordo com a seguinte orientação:

- variáveis independentes:
  - $N_{8,2}$  AASHTO e IDADE (anos): representando respectivamente o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton. e a idade do pavimento desde a abertura ao tráfego ou desde a restauração;
  - $N_{8,2}$  AASHTO e  $H_{total}$  (cm): representando respectivamente o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton. e a espessura total do pavimento em termos granulares calculado através dos coeficientes de equivalência estrutural (DNER, 1979b);
  - $N_{8,2}$  AASHTO e VMD: representando respectivamente o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton. e o volume médio diário de tráfego misto;
  - $N_{8,2}$  AASHTO e  $H_{revestimento}$  ou  $H_{reforço}$  (cm): representando respectivamente o número equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 ton. e a espessura do revestimento ou reforço (depois da restauração) em termos de concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) calculado através dos coeficientes de equivalência estrutural (DNER, 1979b);
  - $N_{8,2}$  AASHTO, IDADE (anos),  $H_{total}$  (cm), VMD e  $H_{revestimento}$  ou  $H_{reforço}$  (cm): regressão linear múltipla considerando as 4 variáveis independentes descritas anteriormente, atuando conjuntamente.
- variáveis dependentes:
  - IRI: International Roughness Index ou Irregularidade Média (m/km);
  - DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA VB: Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm);
  - TRINCAMENTO TOTAL: Trincamento Total Médio (%);

### **5.2.2.2 Filtragem dos Dados Entre Auscultações – Processo de Validação**

SHAHIN et al. (1987) propõem que após a definição das famílias de pavimentos e da organização e recuperação dos dados é necessário que se verifique os dados que podem deturpar a análise dentro de cada trecho individualmente. Isto pode ser realizado através de programas computacionais desenvolvidos especificamente para esse fim. No procedimento de filtragem dos dados, SHAHIN et al. (1987) afirmam que os dados das famílias são primeiramente classificados por número de identificação do trecho de pavimento, IDADE e PCI, ou seja, a variável dependente, neste caso, foi o Pavement Condition Index (PCI).

Afirmam, ainda, que quando o mesmo trecho é listado mais de uma vez, ou seja, no caso deste ter sido levantado em ocasiões diferentes, esses casos seqüenciais do mesmo trecho são comparados. Se o PCI aumenta com a idade e o aumento é maior do que 20 pontos, o caso que possui maior PCI é removido para o arquivo de erros. Essa condição indica que ou um erro está presente em um dos arquivos ou que uma reabilitação mais robusta foi executada entre as avaliações de campo, a qual colocaria este trecho em uma outra família de pavimentos.

A idéia de se efetuar esta análise nesta pesquisa é exatamente eliminar erros óbvios entre auscultações de um mesmo trecho, considerando a tendência de evolução natural dos parâmetros IRI, Deflexão Máxima Média e Trincamento Total durante o período antes da restauração e, posteriormente, após a mesma.

O Anexo B, através dos Quadros B-1, B-2, B-3 e B4, mostra os dados referentes à cada subfamília, contendo os dados de Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total, com destaque para os erros óbvios conforme comentado anteriormente. Os gráficos apresentados nos itens subseqüentes também apresentam os dados excluídos da análise, facilitando sua visualização.

Complementando a filtragem de erros entre auscultações, foi contemplado também um processo de validação definitivo dos dados disponíveis dentro de cada família, visando excluir da análise os valores que ainda poderiam deturpar as conclusões a respeito das tendências. Os dados retirados da análise aparecem nos gráficos como “excluídos” e no texto são apresentados comentários a respeito da justificativa da decisão.



Desta forma, a validação dos dados foi então executada com base nos critérios descritos anteriormente, sendo considerados excluídos os trechos ou os dados cujos valores ou condições estão de acordo com um dos seguintes itens:

- a) dados de Deflexão Máxima Média, IRI e Trincamento Total obtidos depois do trecho ter sofrido restauração. Estes dados foram excluídos e utilizados para a análise das linhas de tendência após a restauração;
- b) trechos que apresentam materiais constituintes de sua estrutura condizentes com as duas Famílias propostas, mas não se enquadram adequadamente dentro das Subfamílias, ou seja, apresentam sub-base condizente com o tipo de família (família 1 ou 2), mas, a base ou o revestimento apresentam materiais não compatíveis àqueles propostos para as subfamílias; e
- c) trechos que apresentam os valores de deflexão máxima média calculada a partir de no máximo duas medidas feitas no campo.

Ressalta-se, novamente, que qualquer um dos dados excluídos das análises, tanto antes quanto depois da restauração, estão inseridos nos gráficos apresentados na seqüência deste capítulo, facilitando assim a sua visualização em relação aos demais valores efetivamente validados.

### **5.2.2.3 Definição das Linhas de Tendência Preliminares e Filtragem dos Dados Espúrios Dentro de Cada Família – Processo de Validação**

SHAHIN et al. (1987) afirmam que para se obter um modelo matemático mais apropriado para a representação dos dados, também há a necessidade de se fazer uma análise preliminar, escolhendo-se um tipo de função que proporcione conhecer a tendência de evolução dos defeitos dos pavimentos dentro de cada família de pavimentos. Para a definição de modelos que descrevessem a evolução preliminar das valores de PCI (Pavement Condition Index), SHAHIN et al. (1987) se utilizaram de uma função polinomial de 3º grau chamada de “Alinhamento B-Spline”.

Na presente pesquisa, para que se pudesse ter uma idéia preliminar da tendência de evolução dos parâmetros estudados, propôs-se uma análise mais simplificada de acordo com as ferramentas disponíveis, mas que pudesse fornecer subsídios suficientemente

consistentes. Para isso, decidiu-se pela visualização preliminar destas tendências dentro de cada família e para cada parâmetro através de regressão simples, contemplando modelos lineares, logarítmicos, exponenciais ou potenciais.

Ao longo da análise, notou-se que os modelos estatísticos proporcionavam comportamentos inesperados na medida que as curvas chegavam a apresentar, em algumas ocasiões, comportamento decrescente ao longo do tempo, além de não apresentarem ganho significativo no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre um e outro modelo estatístico.

Portanto, a equação utilizada para a definição das linhas de tendência preliminares se baseia no método dos mínimos quadrados, ou seja, no modelo estatístico linear simples e pode ser descrita da seguinte maneira:

$$y = b + m.x + \sigma_e \quad (5.2)$$

Onde:

y : variável dependente correlacionada; e

x : variável independente correlacionada;

“b” e “m” : coeficientes linear e angular respectivamente.

$\sigma_e$  ou  $S_e$  : erro padrão da estimativa dado por:

$$\sigma_e = S_e = \sqrt{\frac{\sum(y_i - Y_i)^2}{n - 2}} \quad (5.3)$$

$y_i$  : valor de cada variável dependente observada;

$Y_i$  : valor de cada variável dependente estimada;

n : número de observações da variável dependente.

Definidas as regressões lineares simples como indicativo preliminar da evolução dos parâmetros considerados, pôde-se fazer uma análise de valores espúrios das médias dos parâmetros analisados em cada uma das famílias. A justificativa para esta análise está no fato de que pode haver um ou mais pontos que se comportam muito distintamente dos demais.

Ainda segundo SHAHIN et al. (1987), para assegurar a construção de um modelo apropriado, mais exames nos dados são necessários para a remoção de observações

extremas. O procedimento adotado por estes autores foi denominado “análise testemunho” e se caracteriza exatamente por uma análise de dados espúrios baseado no exame dos resíduos da curva PCI vs Idade. No estudo preliminar dos modelos, os resíduos foram calculados como a diferença entre o valor observado e o valor previsto pelo modelo de regressão linear do PCI vs Idade.

Existem métodos estatísticos precisos na bibliografia para determinar se este valor pode ser considerado espúrio, mas uma maneira aproximada e eficiente de realizar este teste pode ser descrita assim:

- Plotar os pontos  $x_i, y_i$  em um gráfico cartesiano e verificar se a sua disposição sugere a existência de uma função linear;
- Em caso afirmativo, calcular o resíduo padronizado, ou seja:

$$r_s = \frac{(y_i - (b + m.x_i))}{\sigma_e} \quad (5.4)$$

onde:

$r_s$  : resíduo padronizado;

- Se  $r_s$  for maior que o valor tabelado para o nível de significância desejado mostrado na Tabela 5.2 (PRUDÊNCIO, 1999), o ponto pode ser considerado espúrio, ou seja, é retirado da análise. Repete-se ao cálculo dos valores de resíduos com os pontos remanescentes, iterativamente, até que todos os pontos envolvidos apresentem um valor residual menor do que o tabelado.

**TABELA 5.2 - Resíduos Tabelados - Nível de Significância de 5%**

Número de Observações n	Nível de Significância 5%
3	1,15
4	1,46
5	1,67
6	1,82
7	1,94
8	2,03
9	2,11
10	2,18
11	2,23
12	2,29
13	2,33
14	2,37
15	2,41
16	2,44
17	2,47
18	2,50
19	2,53
20	2,56
21	2,58
22	2,60
23	2,62
24	2,64
25	2,66
30	2,75
35	2,82
40	2,87
45	2,92
50	2,96
60	3,03
70	3,09
80	2,14
90	3,18
100	3,21

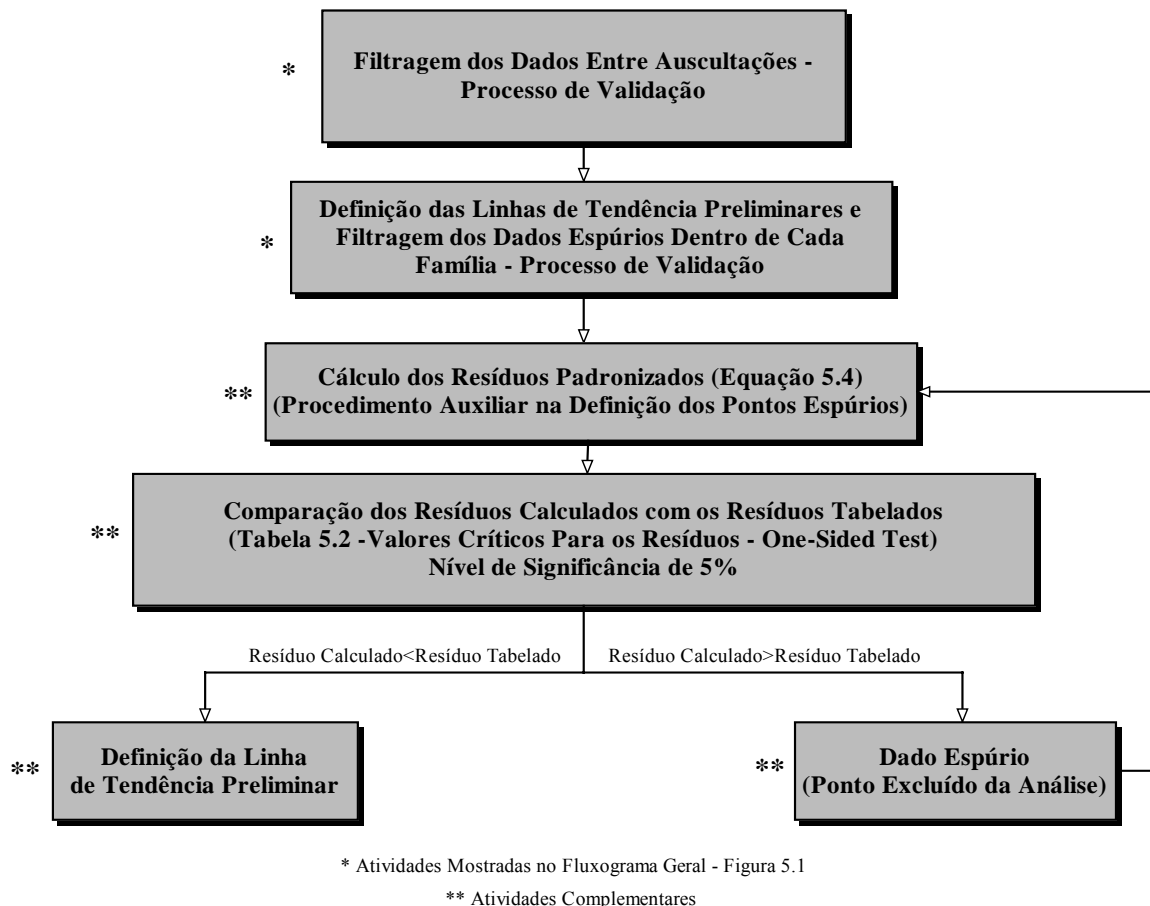
O nível de significância utilizado para a exclusão de dados expúrios foi de 5%, ou seja, utilizou-se um nível de confiabilidade de 95% para a exclusão dos valores espúrios.

Cabe assinalar ainda que SHAHIN et al. (1987), quando da utilização da metodologia de análise e modelação para o uso no Sistema de Gerenciamento de Pavimentos – PAVER para identificar valores espúrios, propôs uma análise de resíduos para cada família baseada em uma análise de regressão linear. Um programa de estatística disponível foi utilizado para fazer a análise dos resíduos e achar a melhor função entre o PCI e como variável dependente e IDADE como variável independente.

A função da melhor reta obtida pela análise dos mínimos quadrados foi usada para prever os valores de PCI. Após a construção do modelo, vários tipos de resíduos e relações estatísticas foram requeridas pelo programa para que se pudesse fazer a análise final,

identificando assim valores espúrios e examinando as suposições básicas da regressão. Uma lista dos resíduos foram gerados em histogramas. Os valores que ficaram acima de 3 desvios padrões foram eliminados da análise. Embora tenha-se usado  $3,0\sigma$  para a eliminação de valores espúrios um valor normal é de  $2,5\sigma$  (SHAHIN et al., 1987).

Nota-se na Tabela 5.2 que os valores de resíduos variam entre 1,15 e  $3,21\sigma$ , dependendo do número de observações. Isto vem a corroborar com a experiência de SHAHIN et al. (1987), que atribuíram  $3,0\sigma$  para a eliminação do ponto anômalo em relação a reta de referência. A Figura 5.4 ilustra estes procedimentos, baseados no fluxograma geral apresentado na Figura 5.1.



**FIGURA 5.4** - Fluxograma Sequencial de Procedimentos Para a Filtragem dos Dados entre Auscultações, Definição de Linhas de Tendência Preliminares e Verificação de Pontos Espúrios

As linhas de tendência preliminares para as Deflexões Máximas Médias Viga Benkelman, Irregularidade Média e Trincamento Total foram, portanto, elaborados através do agrupamento dos trechos por Subfamílias como descrito anteriormente. Serão

apresentados subsequentemente tabelas e gráficos contendo as linhas de tendência preliminares, sendo as variáveis independentes consideradas a “Idade (Anos)” e o “ $N_{8,2t}$  AASHTO”. Serão também apresentadas, nos próprios gráficos, a relação dos pontos e a razão pela qual foram excluídos da análise bem como as equações das retas, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e Erro Padrão da Estimativa (EP) preliminares. Ressalta-se também que para as análises subsequentes à análise preliminar, cada família deve apresentar, para cada parâmetro analisado, um mínimo de 5 pontos validados, tanto para a análise anterior como posterior à restauração:

- Deflexões Máximas Médias
- **Família 1 Subfamília 1**

A Tabela 5.3 mostra a relação dos trechos utilizados na análise. Já as Figuras 5.5 e 5.6 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média (Viga Benkelman) obtidas através de regressão linear simples, para os trechos até o momento da primeira restauração.

As Figuras 5.7 e 5.8 mostram, além da reta preliminar antes da restauração, também o comportamento dos pavimentos pertencentes às famílias depois de terem sofrido a primeira restauração, com o objetivo de se comparar as retas antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.3 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 1 Subfamília 1**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 Deflexão Máxima Média Marcon, 1990 (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman
2	SC 280T	17	30	0	1993	-	-	3	5	9	-	-	-	-	5,47E+05	1,91E+06	-	-	-	-	-	75
9	SC 301	1	240	1	1976	2002	15	20	22	26	-	-	-	1,34E+06	2,02E+06	3,04E+06	-	-	-	40	52	56
10	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,83E+06	-	-	-	45	66	78
11	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,83E+06	-	-	-	45	63	79
12	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,83E+06	-	-	-	45	67	105
13	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,83E+06	-	-	-	45	54	80
14	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,83E+06	-	-	-	45	55	81
42	SC 414	2	770	1	1980	1994	11	16	18	22	-	2	8	1,50E+05	2,50E+05	4,05E+05	-	4,26E+04	1,98E+05	-	-	112
44	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	2,76E+06	-	-	-	-	77	74
46	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	2,76E+06	-	-	-	-	70	77
48	SC 416	2	791	0	2000	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	4,66E+04	-	-	-	-	-	128
68	SC 442	5	1220	0	1976	-	15	20	22	26	-	-	-	7,69E+05	1,18E+06	1,82E+06	-	-	-	84	-	100
69	SC 442	5	1230	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	1,37E+05	3,13E+05	5,88E+05	-	-	-	-	-	43
70	SC 443	5	1240	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	1,24E+05	2,59E+05	4,69E+05	-	-	-	42	-	83
71	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	8,03E+05	1,37E+06	2,24E+06	-	-	-	45	52	67
78	SC 482	5	2035	0	1996	-	-	-	2	6	-	-	-	-	-	5,75E+05	-	-	-	-	-	106
83	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	88

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

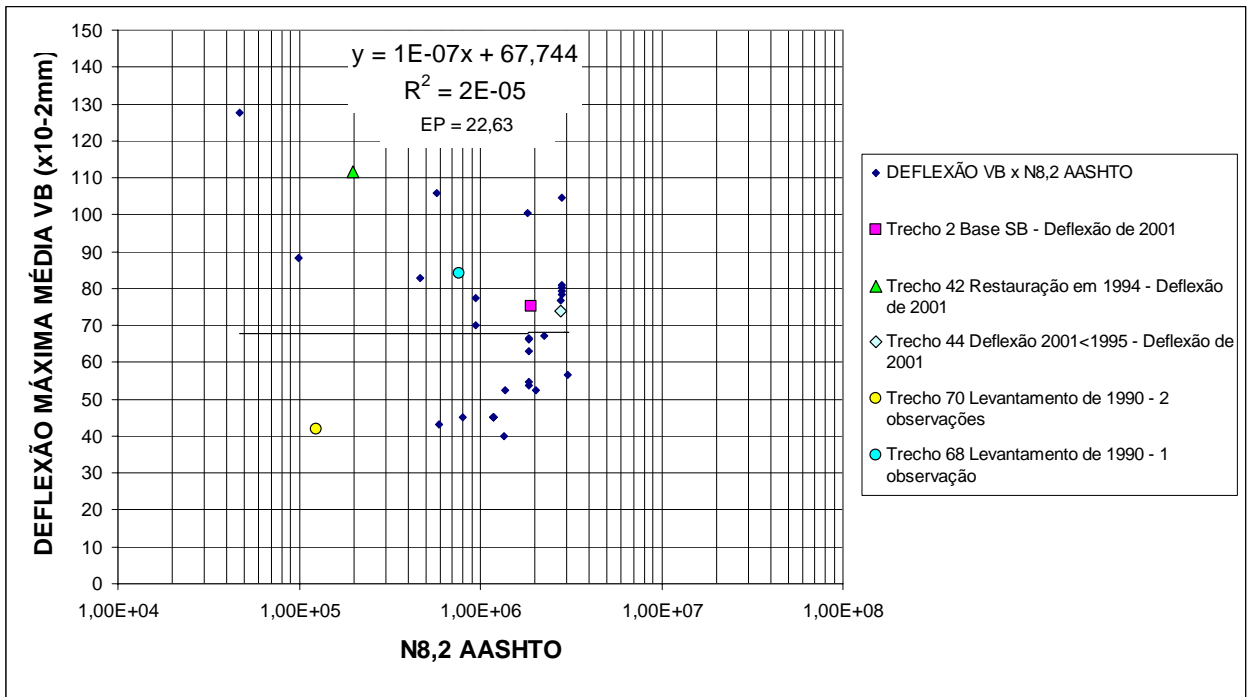
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

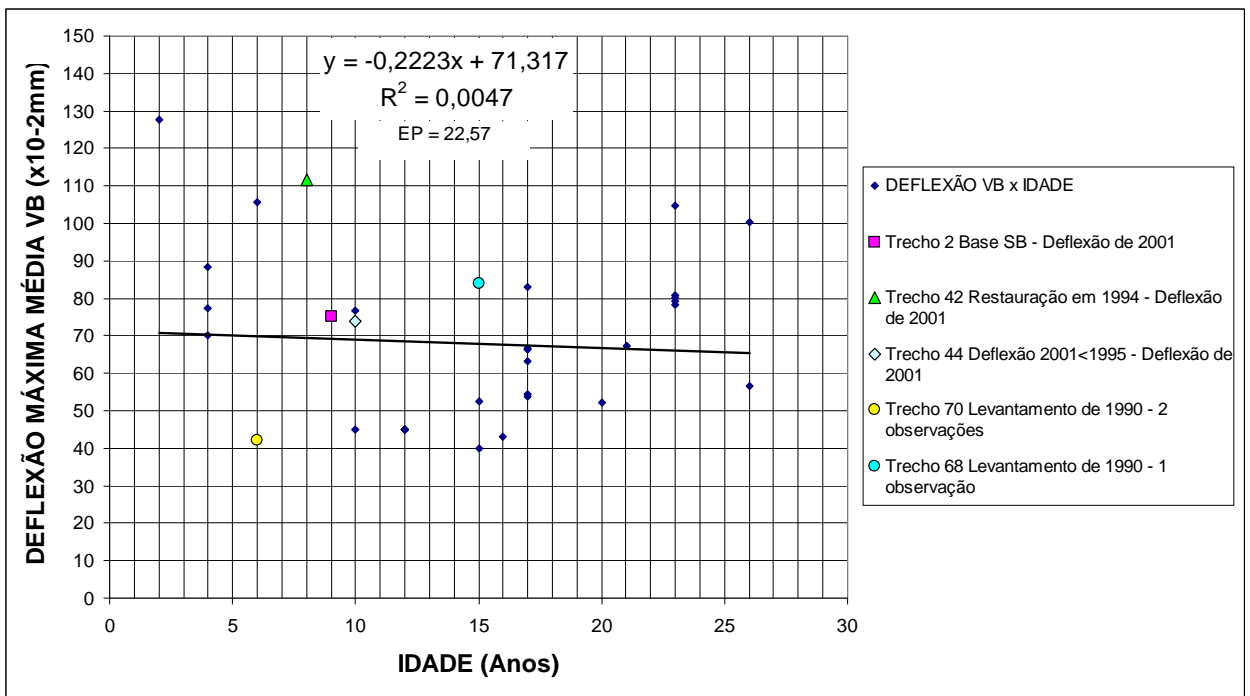
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



**FIGURA 5.5 - Família 1 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração**

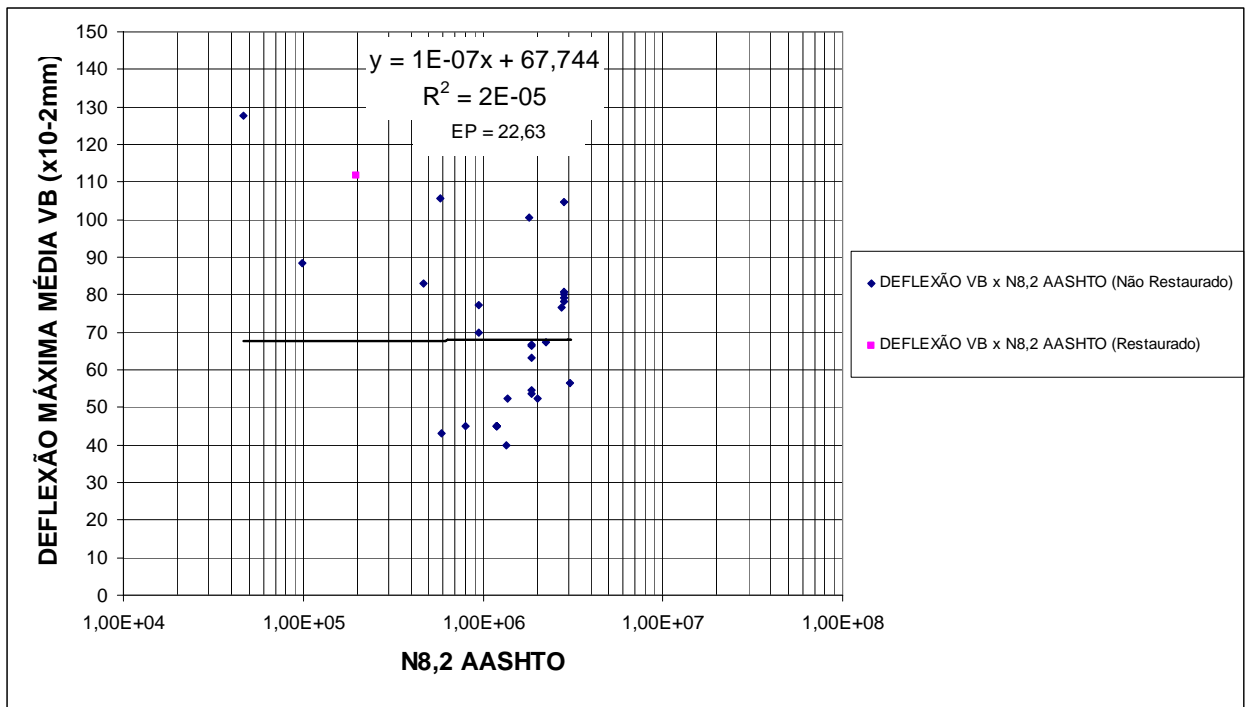


**FIGURA 5.6 - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração**

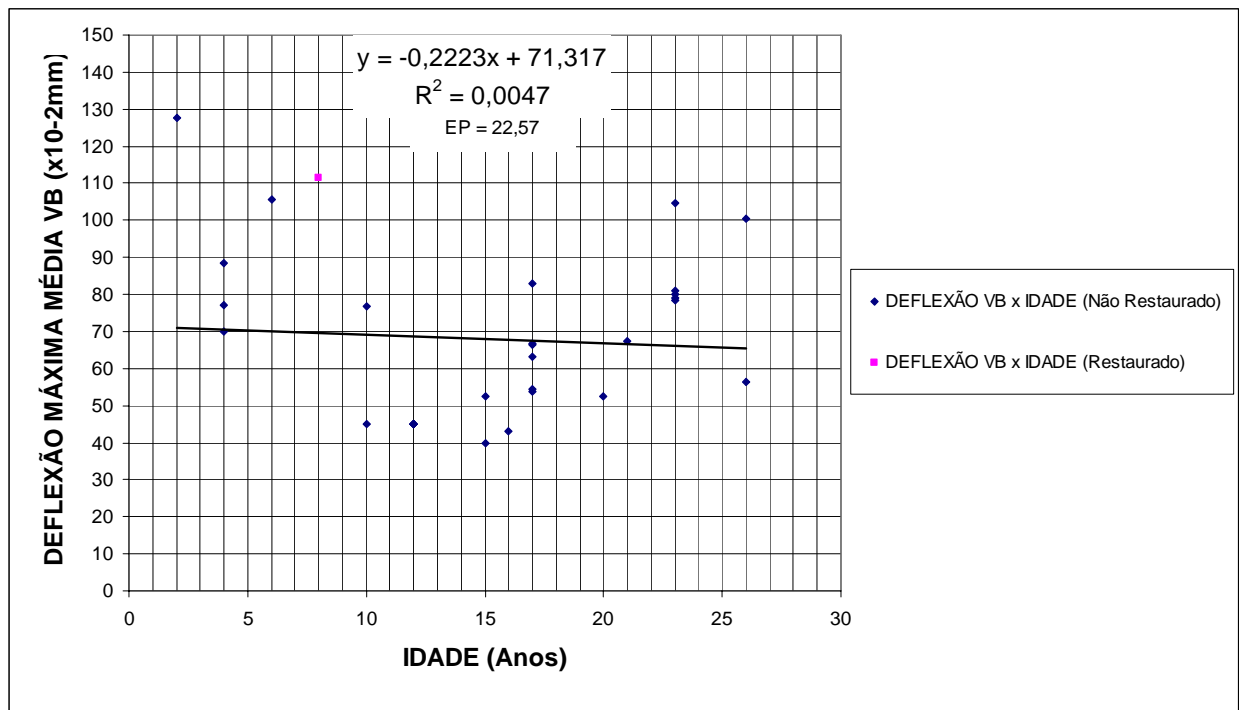


Observando-se as Figuras 5.5 e 5.6, com relação aos pontos em destaque no gráfico, estes foram excluídos de acordo com as considerações descritas nos itens 5.2.2.2 e 5.2.2.3, da seguinte forma:

- dado de Deflexão Máxima Média obtida depois do trecho ter sofrido restauração (trecho 42). Este dado foi excluído e utilizado na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração, mostradas nas Figuras 5.7 e 5.8 a seguir;
- o trecho 2 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- trechos que apresentam os valores de deflexão máxima média calculada a partir de no máximo duas medidas feitas no campo;
- erro óbvio entre auscultações de um mesmo trecho também foi observado em particular no trecho 44, onde o valor obtido de Deflexão Máxima Média para o levantamento do ano de 2001 foi menor do que o de 1995; e
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2 anterior.



**FIGURA 5.7** - Família 1 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.8** - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração

Como se pode notar nas Figuras 5.7 e 5.8, para a análise após a restauração dos trechos pertencentes à Família 1 Subfamília 1, somente 1 ponto foi observado. Este ponto equivale exatamente ao trecho 42 – SC 414 - PENHA - BR 101 (Subt.2) – cuja deflexão máxima média é equivalente à auscultação do ano de 2001. Diante disso, por motivos óbvios, não foi possível determinar a linha de tendência preliminar, para a deflexão máxima média para a Família 1 Subfamília 1.

Outro aspecto a ressaltar foi que em alguns casos, como se pode observar por exemplo na Figura 5.6, a linha de tendência chega a se apresentar decrescente ao longo do tempo. A ponderação destes problemas observados será abordada no item 5.2.2.4 subsequente, de acordo com o fluxograma proposto na Figura 5.1.

#### - Família 1 Subfamília 2

Da mesma forma, a Tabela 5.4 mostra a relação dos trechos utilizados na análise. As Figuras 5.9 e 5.10 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman para os trechos até o momento da primeira restauração. As Figuras 5.11 e 5.12 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.4 - Relação dos trechos utilizados para a análise preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 1 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 Deflexão Máxima Média Marcon, 1990 (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman
1	SC 280T	1	29	1	1981	1998	10	15	21	-	-	4	1,80E+06	3,09E+06	5,10E+06	-	-	1,41E+06	-	-	89
3	SC 282T	9	50	1	1994	2001	-	2	8	-	-	-	-	2,95E+05	1,26E+06	-	-	-	-	90	132
8	SC 301	1	230	1	1962	1994	29	34	40	-	2	8	2,15E+06	2,86E+06	3,93E+06	-	3,02E+05	1,38E+06	75	59	48
41	SC 413	2	760	0	1992	-	-	4	10	-	-	-	-	6,01E+05	1,75E+06	-	-	-	-	-	93
43	SC 416	1	780	1	1986	1995	5	10	16	-	1	7	5,41E+05	1,23E+06	2,30E+06	-	1,51E+05	1,22E+06	-	-	64
53	SC 431	5	1030	1	1989	2003	2	7	13	-	-	-	2,60E+04	9,77E+04	1,98E+05	-	-	-	77	107	112
65	SC 439	5	1190	1	1988	1996	3	8	14	-	-	6	8,87E+04	2,69E+05	5,53E+05	-	-	2,84E+05	55	85	60
66	SC 440	5	1200	0	1993	-	-	3	9	-	-	-	-	1,33E+05	4,62E+05	-	-	-	-	-	50

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

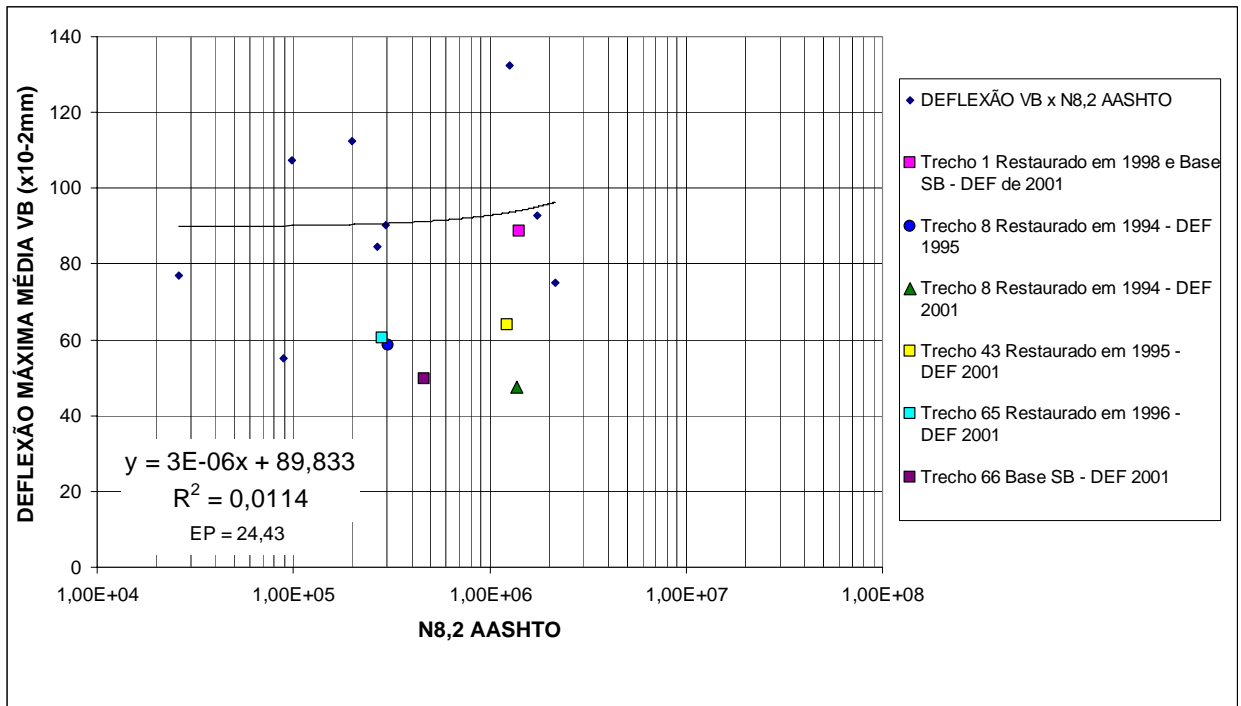
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

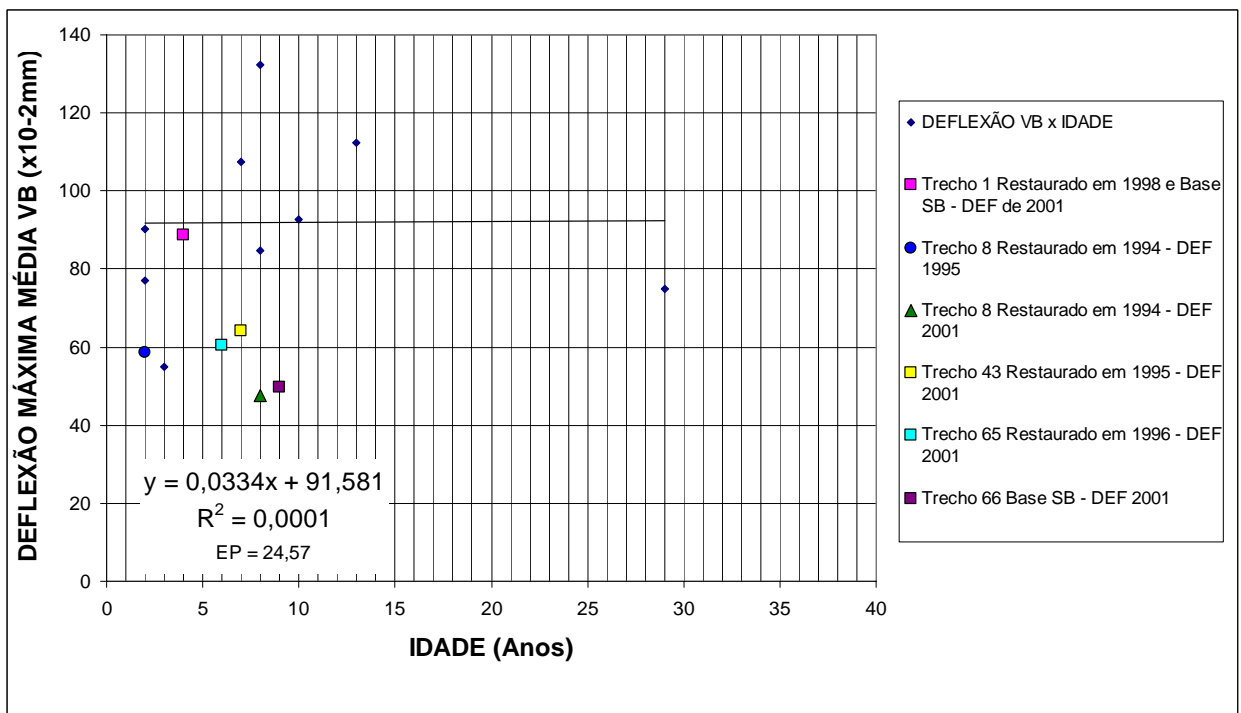
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



**FIGURA 5.9** - Família 1 Subfamília 2 -  $N_{8,2}$  AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.10** - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração

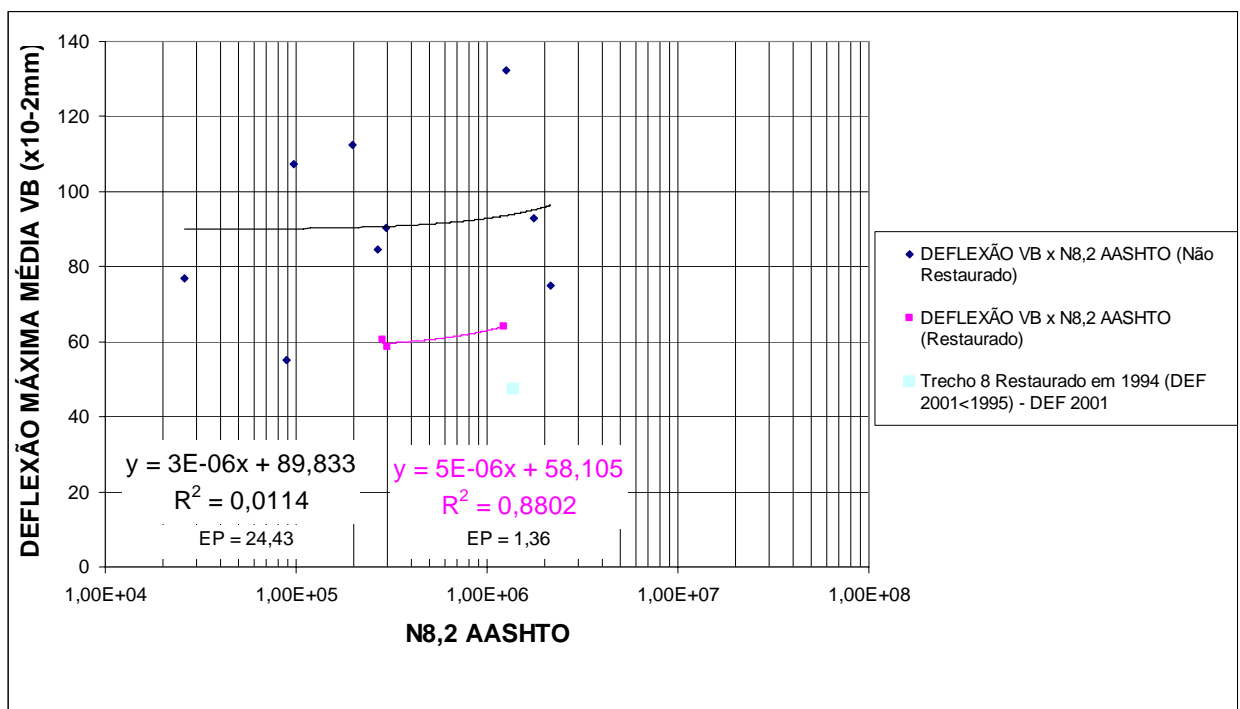
Analisando-se as Figuras 5.9 e 5.10, pode-se tecer os seguintes comentários:

- dados de Deflexão Máxima Média excluídos por estarem representando valores obtidos depois do trecho ter sofrido restauração. Estes dados foram descartados e

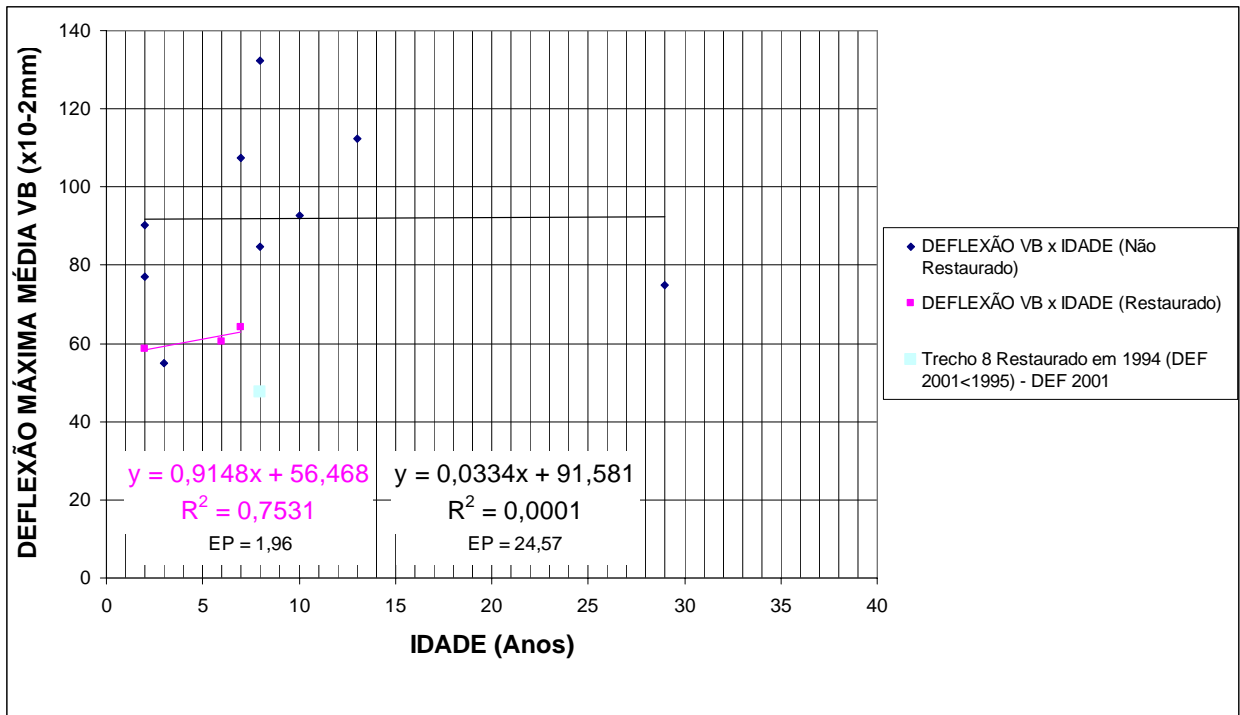
reutilizados na análise das linhas de tendência preliminares desta família após a restauração, mostradas nas Figuras 5.11 e 5.12 a seguir;

- o trecho 1 e 66 não se enquadram adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresentam sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, não compatível àquele proposto para esta subfamília; e
- não foi observado nenhuma dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a tabela 5.2.

De acordo com as Figuras 5.11 e 5.12, para a análise após a restauração referente aos trechos pertencentes à Família 1 Subfamília 2, foram observados apenas três pontos válidos. Isto porque um dos pontos, que faz parte do escopo “depois da restauração”, foi excluído a partir de erro óbvio entre auscultações. Estes pontos válidos equivalem aos trechos 8, 43 e 65 apresentados nas Figuras 5.11 e 5.12. Apesar dos três pontos não representarem relevância estatística e gerar uma linha de tendência com um grau significativamente alto de incerteza, determinou-se as linhas de tendência preliminares. A análise da linha de tendência para esta família depois da restauração não será feita nos itens subsequentes.



**FIGURA 5.11** - Família 1 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.12** - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração

#### - Família 2 Subfamília 1

A Tabela 5.5 mostra a relação dos trechos utilizados na análise. As Figuras 5.13 e 5.14 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman para os trechos até o momento da primeira restauração.

As Figuras 5.15 e 5.16 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.5 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 1**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 Deflexão Média Marcon, 1990 (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman
4	SC 282T	9	69	0	1986	-	5	10	16	-	-	-	2,31E+05	4,92E+05	8,52E+05	-	-	-	92	112	147
5	SC 282T	9	70	0	1986	-	5	10	16	-	-	-	1,82E+05	3,88E+05	6,69E+05	-	-	-	78	102	130
6	SC 282T	9	75	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	2,91E+05	5,65E+05	9,40E+05	-	-	-	99	105	128
7	SC 301	1	210	1	1977	1994	14	19	25	-	2	8	3,50E+05	5,31E+05	8,05E+05	-	7,72E+04	3,51E+05	124	85	67
16	SC 301	17	270	0	1987	-	4	9	15	-	-	-	4,19E+05	1,03E+06	1,93E+06	-	-	-	67	64	88
17	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	27	-	-	-	8,41E+05	1,24E+06	1,84E+06	-	-	-	33	108	112
18	SC 401	9	540	1	1975	2001	16	21	27	-	-	1	1,13E+06	1,67E+06	2,47E+06	-	-	2,47E+06	61	-	73
19	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	27	-	-	-	2,56E+06	3,77E+06	5,59E+06	-	-	-	84	59	-
20	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	27	-	-	-	2,12E+06	3,13E+06	4,65E+06	-	-	-	26	-	-
21	SC 402	9	570	0	1975	-	16	21	27	-	-	-	5,45E+05	7,96E+05	1,17E+06	-	-	-	29	52	56
22	SC 403	9	580	0	1975	-	16	21	27	-	-	-	1,41E+06	2,07E+06	3,07E+06	-	-	-	91	132	132
23	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	21	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	5,68E+05	-	-	-	35	-	-
24	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	21	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	5,68E+05	-	-	-	28	46	45
25	SC 406	11	630	0	1979	-	12	17	23	-	-	-	2,00E+05	3,11E+05	4,73E+05	-	-	-	44	48	65
26	SC 407	9	635	0	1992	-	-	4	10	-	-	-	-	2,77E+04	8,06E+04	-	-	-	-	-	124
27	SC 408	16	650	0	1991	-	-	5	11	-	-	-	-	2,85E+05	7,30E+05	-	-	-	-	91	103
28	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	1,13E+06	-	-	-	46	79	95
29	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	1,13E+06	-	-	-	73	92	112
30	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	4,51E+05	-	-	-	63	86	89
31	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	4,51E+05	-	-	-	68	80	84
32	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	4,51E+05	-	-	-	43	61	76
33	SC 411	16	680	1	1977	1994	14	19	25	-	2	8	1,08E+06	1,68E+06	2,60E+06	-	2,54E+05	1,18E+06	124	96	75
34	SC 411	16	690	0	1991	-	-	5	11	-	-	-	-	2,30E+05	5,89E+05	-	-	-	-	94	102
35	SC 411	16	700	0	1994	-	-	2	8	-	-	-	-	2,98E+04	1,39E+05	-	-	-	-	104	107
36	SC 411	16	710	1	1978	1996	13	18	24	-	-	6	2,98E+05	4,37E+05	6,24E+05	-	-	1,87E+05	79	118	73
37	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	24	-	-	6	2,35E+06	3,43E+06	4,89E+06	-	-	1,46E+06	93	58	45
38	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	24	-	-	6	2,20E+06	3,22E+06	4,59E+06	-	-	1,37E+06	105	41	39
39	SC 413	1	740	1	1979	1994	12	17	23	-	2	8	3,76E+06	5,62E+06	8,13E+06	-	7,69E+05	3,28E+06	99	63	60
40	SC 413	2	750/751	1	1979	1994	12	17	23	-	2	8	3,62E+06	5,41E+06	7,82E+06	-	7,39E+05	3,15E+06	114	72	62
45	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	10	-	-	-	-	9,48E+05	2,76E+06	-	-	-	-	87	111
47	SC 416	2	790	0	1992	-	-	4	10	-	-	-	-	9,48E+05	2,76E+06	-	-	-	-	-	117
49	SC 416	2	800	1	1985	1995	6	11	17	-	1	7	2,79E+05	5,88E+05	1,08E+06	-	6,84E+04	5,63E+05	134	-	137
50	SC 416	2	810	1	1985	1995	6	11	17	-	1	7	2,25E+05	4,76E+05	8,82E+05	-	5,58E+04	4,62E+05	-	-	126
51	SC 417	2	820	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	1,98E+05	3,93E+05	6,68E+05	-	-	-	85	97	133
52	SC 418	2	830	1	1978	1994	13	18	24	-	2	8	1,32E+06	2,03E+06	3,07E+06	-	2,98E+05	1,34E+06	96	-	95
54	SC 431	5	1040	1	1982	2003	9	14	20	-	-	-	4,40E+05	7,83E+05	1,33E+06	-	-	-	142	151	162
55	SC 434	5	1050	1	1985	1996	6	11	17	-	-	6	1,42E+05	3,00E+05	5,56E+05	-	-	2,56E+05	33	-	71

**TABELA 5.5 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 1 - Continuação**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 Deflexão Média Marcon, 1990 (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman
56	SC 435	5	1060	1	1980	1995	11	16	22	-	1	7	3,99E+05	6,76E+05	1,13E+06	-	6,19E+04	5,14E+05	77	-	34
57	SC 436	5	1070	1	1974	1995	17	22	28	-	1	7	1,34E+06	2,02E+06	3,12E+06	-	1,51E+05	1,25E+06	115	-	64
58	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	16	-	-	6	1,02E+05	2,37E+05	4,56E+05	-	-	2,20E+05	33	-	47
59	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	16	-	-	6	1,02E+05	2,37E+05	4,56E+05	-	-	8,15E+04	92	-	84
61	SC 438	5	1160	1	1978	1997	13	18	24	-	-	5	9,94E+05	1,58E+06	2,50E+06	-	-	7,86E+05	89	-	111
62	SC 438	5	1170	1	1978	2001	13	18	24	-	-	1	9,94E+05	1,58E+06	2,50E+06	-	-	2,50E+06	100	-	110
63	SC 438	5	1170	1	1978	2002	13	18	24	-	-	-	9,94E+05	1,58E+06	2,50E+06	-	-	-	100	-	77
64	SC 438	5	1180	1	1972	1999	19	24	30	-	-	3	1,88E+06	2,74E+06	4,09E+06	-	-	7,28E+05	62	73	62
67	SC 441	5	1210	0	1985	-	6	11	17	-	-	-	2,57E+05	5,38E+05	9,81E+05	-	-	-	81	60	73
72	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	21	-	-	-	8,03E+05	1,37E+06	2,24E+06	-	-	-	95	106	109
76	SC 474	2	1920	1	1979	1994	12	17	23	-	2	8	3,80E+06	5,89E+06	8,24E+06	-	7,80E+05	3,33E+06	119	49	44
77	SC 477T	2	1960	1	1985	1996	6	11	17	-	-	6	3,14E+05	6,22E+05	1,06E+06	-	-	4,36E+05	108	-	135
79	SC 486T	16	2060	1	1974	1994	17	22	28	-	2	8	2,83E+06	4,19E+06	6,29E+06	-	5,81E+05	2,68E+06	85	62	51
80	SC 486T	16	2070	0	1995	-	-	1	7	-	-	-	-	1,18E+05	9,55E+05	-	-	-	-	73	76
81	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	73
82	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	87

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

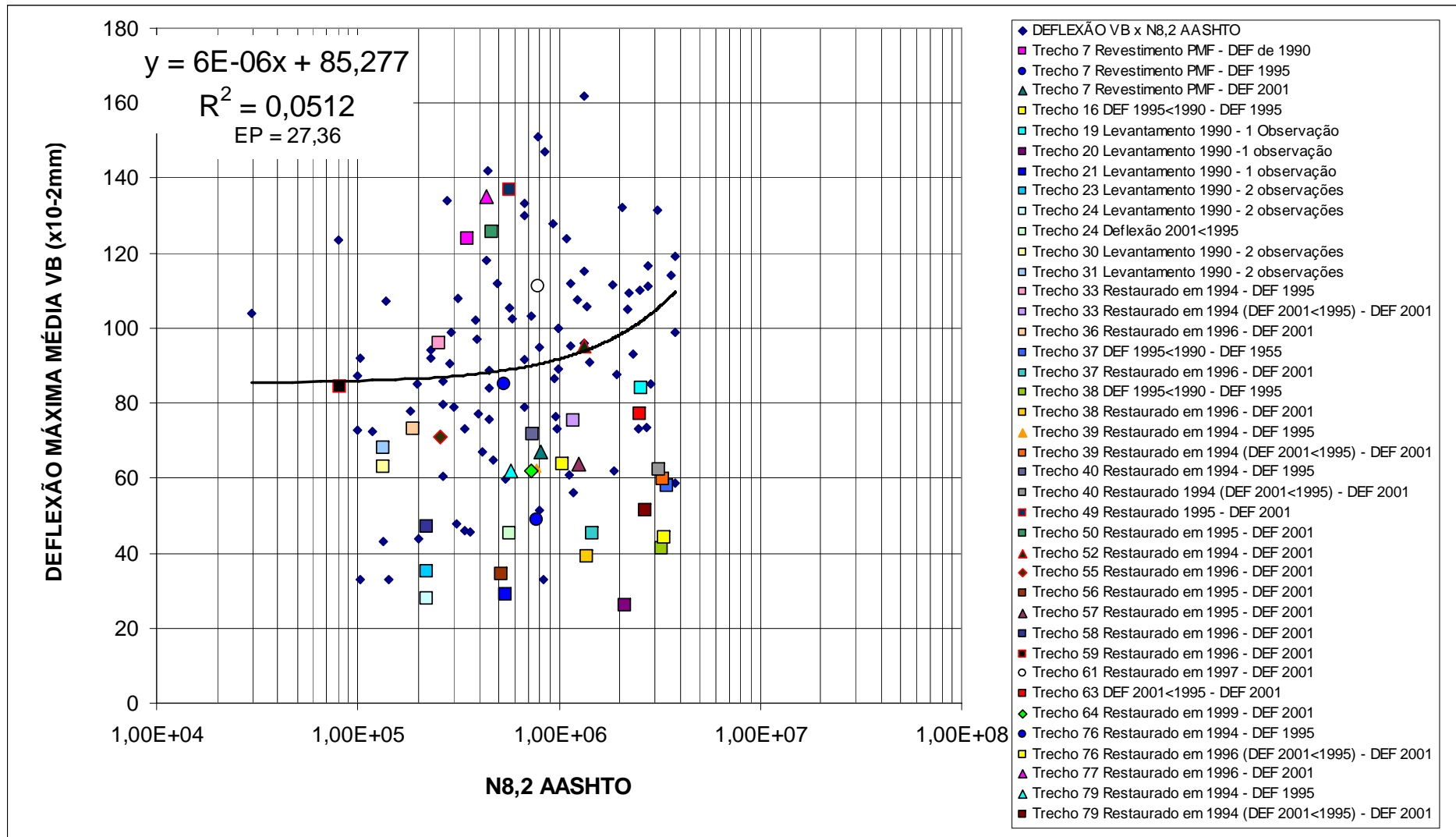
Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

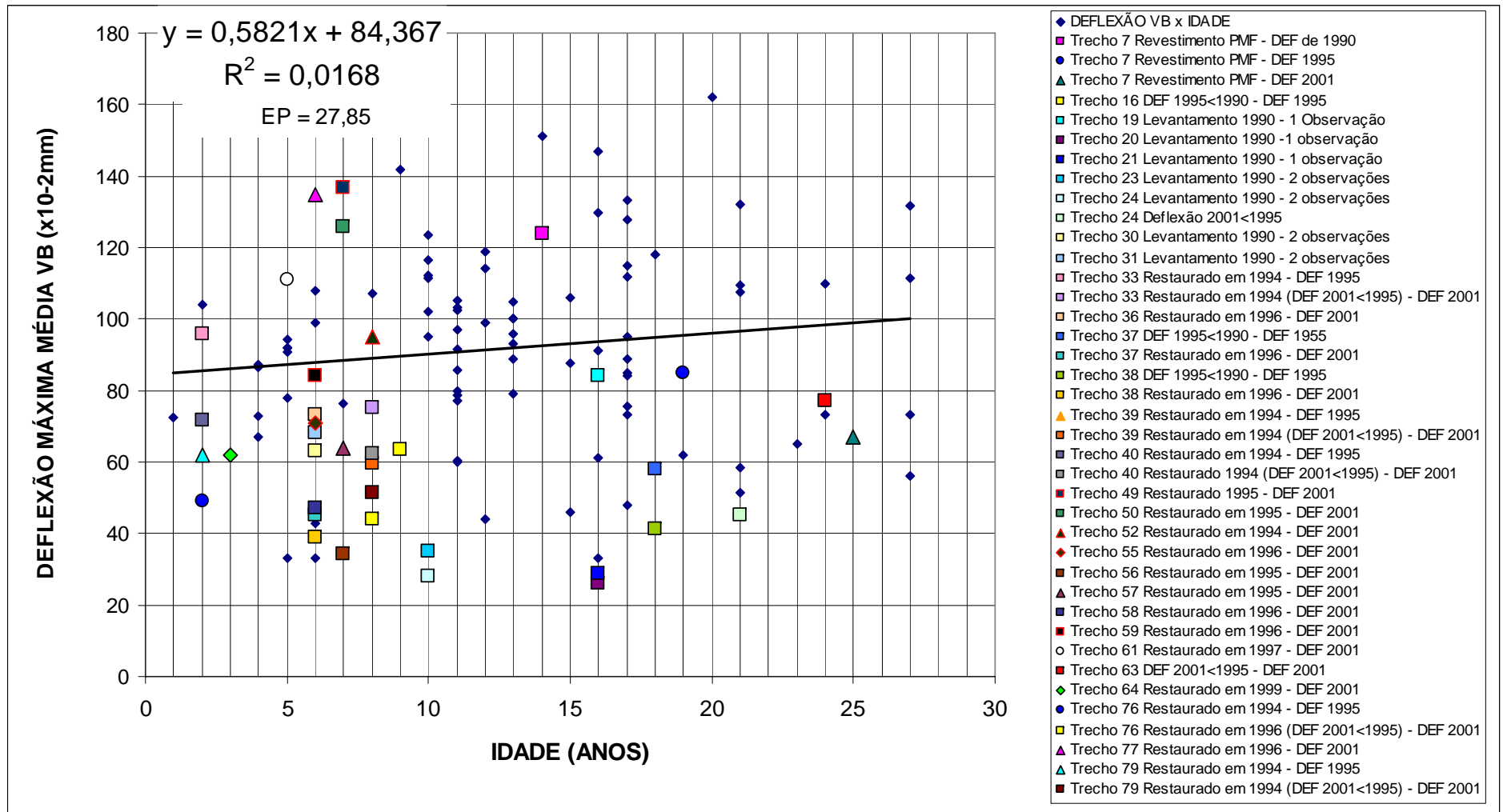
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)





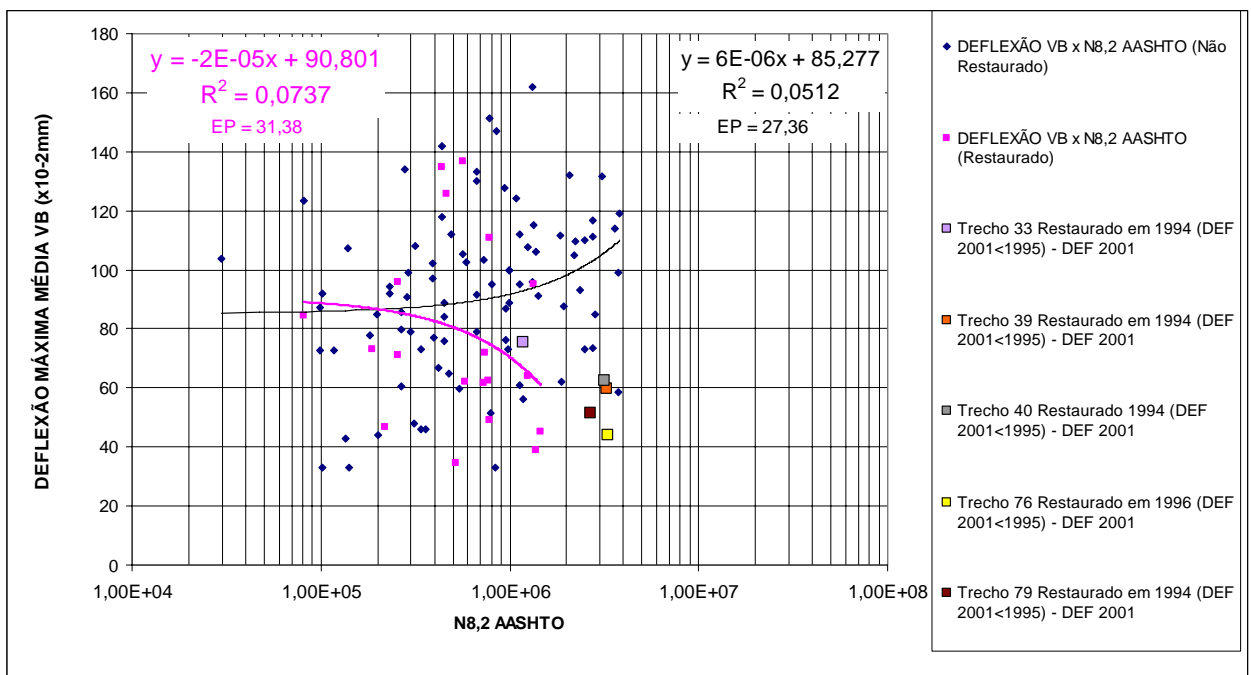
**FIGURA 5.13 - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração**



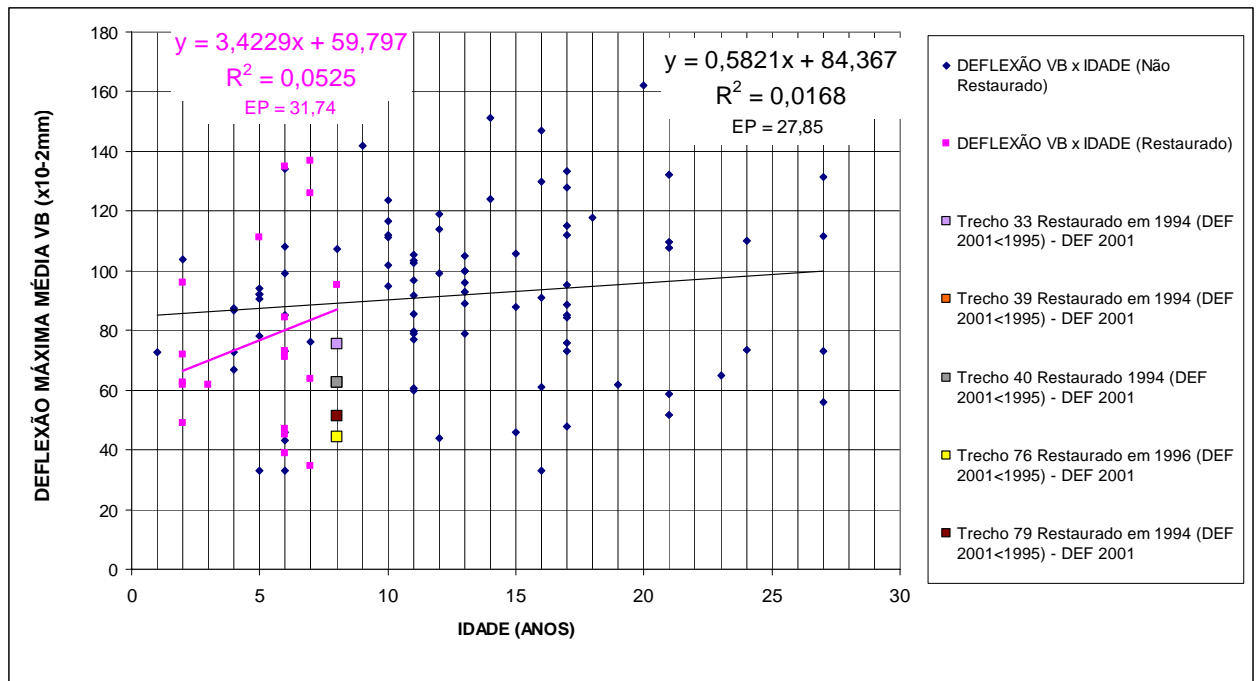
**FIGURA 5.14** - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração

De acordo com as Figuras 5.13 e 5.14, pode-se afirmar que os pontos excluídos da análise foram basicamente os seguintes:

- observou-se vários dados de Deflexão Máxima Média obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração. Estes dados foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração, mostradas nas Figuras 5.15 e 5.16 a seguir;
- o trecho 7 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta base e sub-base condizentes com o tipo de família, mas o revestimento apresenta material do tipo Pré Misturado a Frio + Capa Selante, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- trechos que apresentam os valores de deflexão máxima média calculada a partir de no máximo duas medidas feitas no campo;
- trechos apresentando erro óbvio entre auscultações também foram observados, onde o valor obtido de Deflexão Máxima Média para o levantamento do ano subsequente foi menor do que o ano anterior;
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2 anterior



**FIGURA 5.15** - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.16** - Família 2 Subfamília 1 -  $N_{8,2}$  AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração

As Figuras 5.15 e 5.16, para a análise após a restauração, mostram as linhas de tendência e seu respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os dados excluídos da análise estão apresentados e descritos nas figuras anteriormente citadas e dizem respeito a erros óbvios entre auscultações de um mesmo trecho após a restauração. Ressalta-se também que não houveram dados espúrios, de acordo com a Tabela 5.2.

Principalmente nas linhas de tendência obtidas após a restauração, observou-se tendência decrescente para a variável independente  $N_{8,2}$  AASHTO ao longo do tempo. A ponderação destes problemas observados, como já comentado anteriormente, será abordada no item subsequente.

#### - Família 2 Subfamília 2

A Tabela 5.6 mostra a relação dos trechos utilizados na análise. As Figuras 5.17 e 5.18 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.17 e 5.18, os pontos excluídos da análise anterior à restauração foram basicamente os seguintes:

- os valores de Deflexão Máxima Média dos trechos 73, 74 e 75 obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração;
- o trecho 60 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizentes com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Solo+Brita, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- O trecho 15 apresentou erro óbvio entre auscultações sendo excluídos os valores de Deflexão Máxima Média da auscultação de 1995 e 2001.
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

Observa-se ainda nas Figuras 5.17 e 5.18, para a análise antes da restauração, que para a variável independente “ $N_{8,2t}$  AASHTO” há uma tendência decrescente ao longo do tempo. Já para a variável independente “Idade”, verifica-se exatamente tendência contrária de evolução.

As Figuras 5.19 e 5.20 mostram a análise preliminar tanto para antes como depois da intervenção de melhoria no pavimento. Tanto a linha preliminar para a análise antes da restauração quanto para depois da restauração apresentadas nas Figuras 5.19 e 5.20 apresentam 4 pontos válidos. A análise destas linhas de tendência preliminares, na seqüência desta pesquisa, não serão efetuadas.

Os dados excluídos da análise referentes à análise depois da restauração (Figuras 5.19 e 5.20) estão apresentados e descritos nas próprias figuras e dizem respeito à erros óbvios entre auscultações dos trechos 73 e 75. Ressalta-se também que não houve dados espúrios, de acordo com a Tabela 5.2 anterior e que o trecho 60 foi retirado da análise por apresentar base em Brita Graduada + Solo Estabilizado.

**TABELA 5.6 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar da Deflexão Máxima Média – Família 2 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 Deflexão Máxima Média Marcon, 1990 (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman
15	SC 301	17	260	1	1964	2004	27	32	38	-	-	-	2,08E+06	2,74E+06	3,71E+06	-	-	-	135	114	103
60	SC 438	20	1150	1	1981	1998	10	15	21	-	-	4	7,40E+05	1,26E+06	2,06E+06	-	-	5,60E+05	85	-	79
73	SC 470	2	1810	1	1969	1993	22	27	33	-	3	9	7,42E+06	1,03E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	6,03E+06	69	43	43
74	SC 470	2	1820	1	1969	1993	22	27	33	-	3	9	7,42E+06	1,03E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	6,03E+06	106	62	76
75	SC 470	2	1830	1	1969	1993	22	27	33	-	3	9	5,35E+06	7,40E+06	1,05E+07	-	1,28E+06	4,37E+06	73	41	41

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

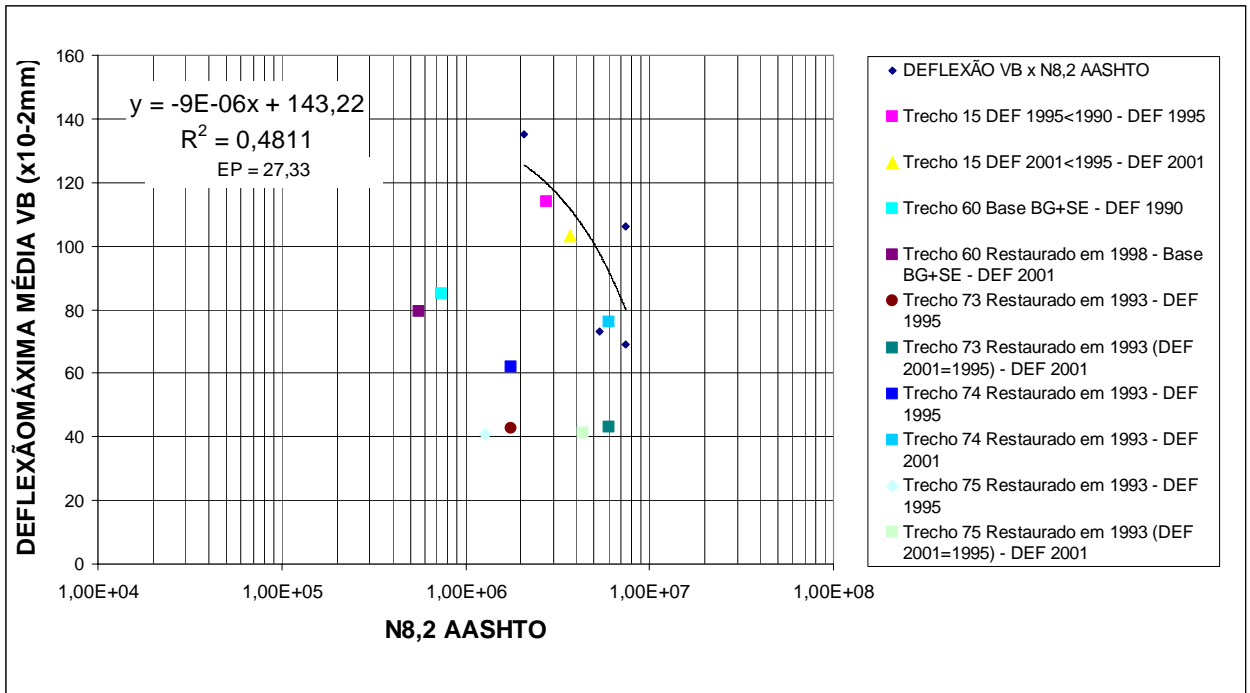
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

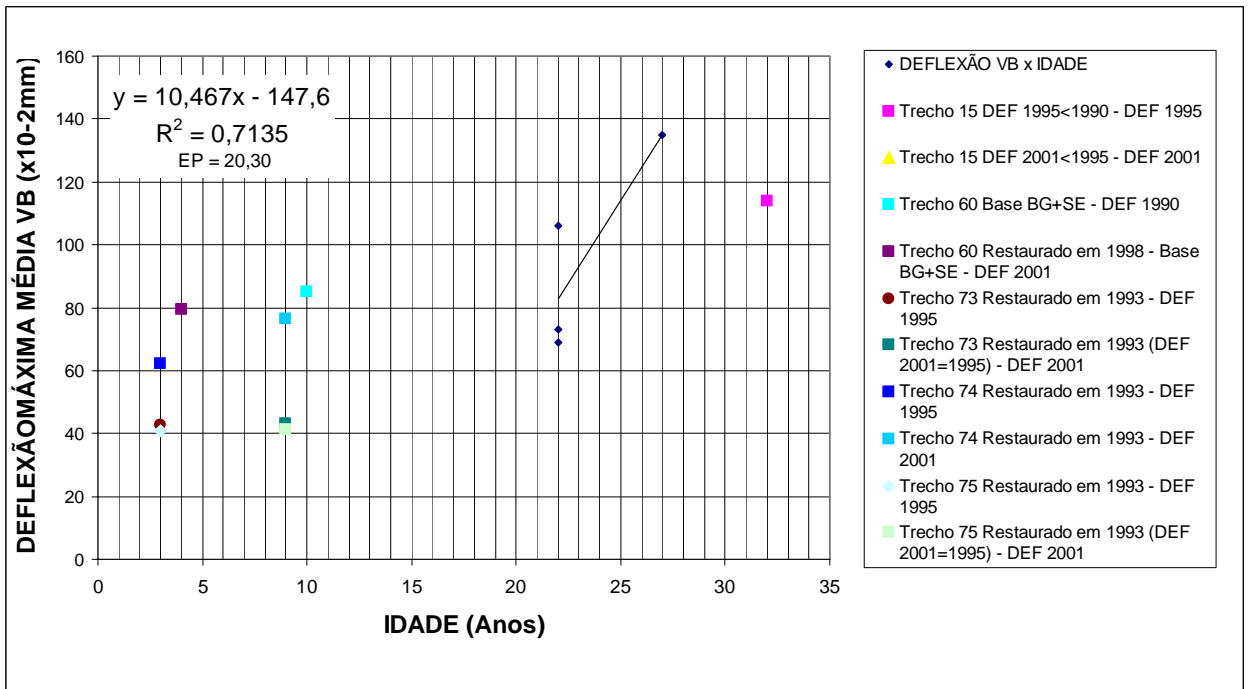
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

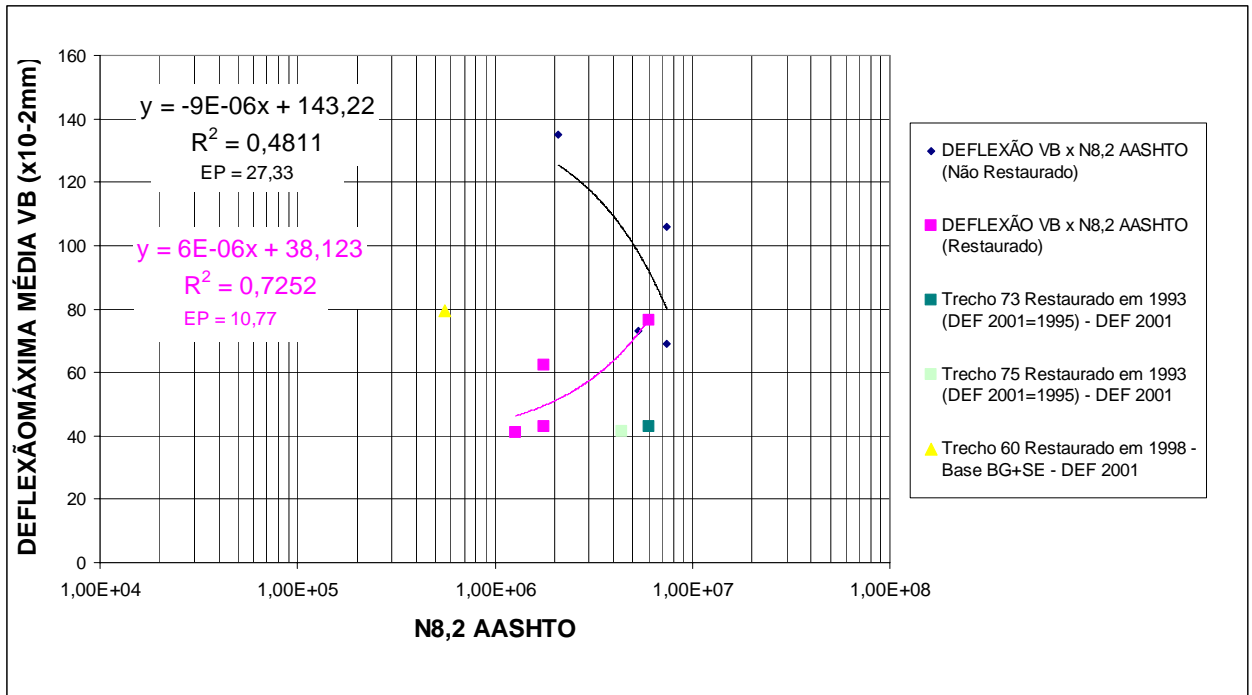
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



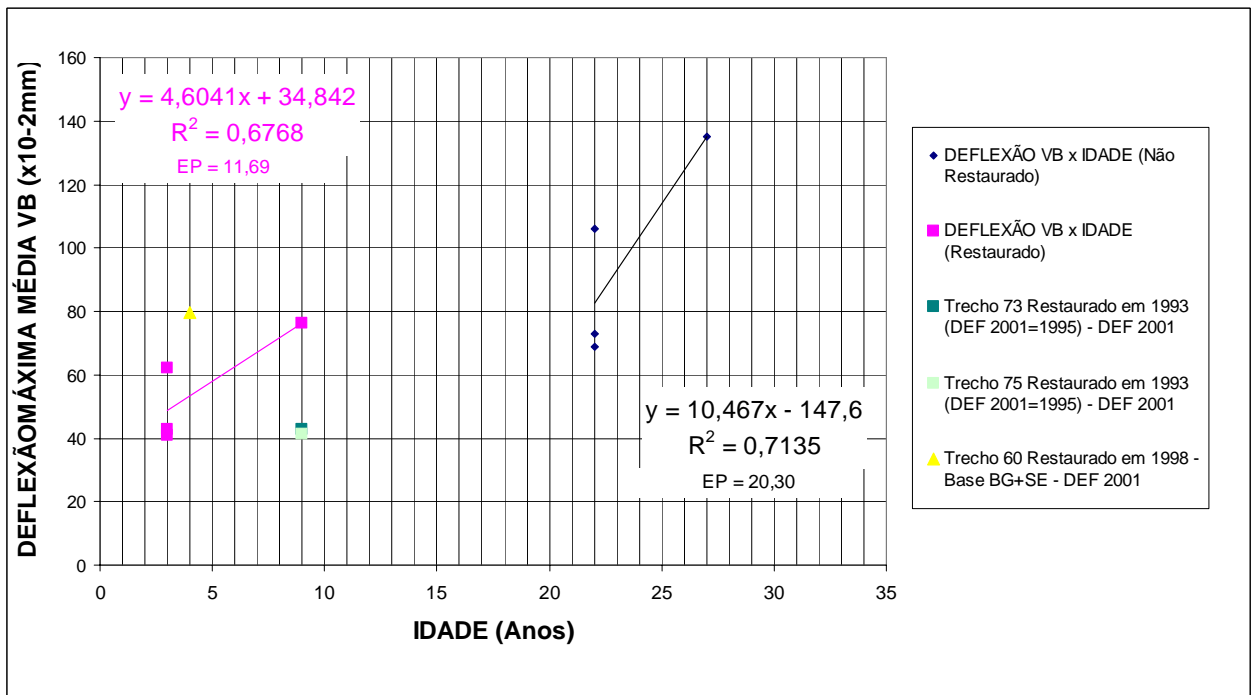
**FIGURA 5.17** - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.18** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.19** - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.20** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Após a Restauração



- International Roughness Index – IRI

- **Família 1 Subfamília 1**

A Tabela 5.7 mostra a relação dos trechos utilizados na análise. Já as Figuras 5.21 e 5.22 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressão linear simples, para os trechos até o momento da primeira restauração.

Analisando-se as figuras 5.21 e 5.22, foram excluídos os seguintes pontos de acordo com os itens 5.2.2.2 e 5.2.2.3:

- dados de IRI obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração (trecho 42). Assim como para a Deflexão Máxima Média, estes dados foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração, mostradas nas Figuras 5.23 e 5.24 a seguir;
- o trecho 2 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- erro óbvio entre auscultações de um mesmo trecho foi observado nos trechos 9, 10, 12 e 13, onde o valor obtido de IRI para o levantamento do ano de 1997 foi menor do que o de 1995; e
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

As Figuras 5.23 e 5.24 mostram, além da reta preliminar antes da restauração, também o comportamento dos pavimentos pertencentes às famílias depois de terem sofrido a primeira restauração.

**TABELA 5.7 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 1 Subfamília 1**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 IRI Média Marcon, 1990 (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	
2	SC 280T	17	30	0	1993	-	-	3	5	9	-	-	-	-	-	5,47E+05	9,59E+05	1,91E+06	-	-	-	-	-	-	-	2,28	2,37
9	SC 301	1	240	1	1976	2002	15	20	22	26	-	-	-	-	1,34E+06	2,02E+06	2,33E+06	3,04E+06	-	-	-	-	2,54	3,54	3,19	4,37	
10	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	2,15	3,44	3,31	4,62	
11	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	2,15	2,76	2,85	3,98	
12	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	2,15	3,01	2,62	3,84	
13	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	2,15	2,65	2,56	3,67	
14	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	2,15	2,35	2,43	3,20	
42	SC 414	2	770	1	1980	1994	11	16	18	22	-	2	4	8	1,50E+05	2,50E+05	2,96E+05	4,05E+05	-	4,26E+04	8,94E+04	1,98E+05	-	1,80	2,85	3,55	
44	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	2,23	2,18	2,72		
46	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	2,39	2,74	3,46		
48	SC 416	2	791	0	2000	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,66E+04	-	-	-	-	-	-	-	1,85	
68	SC 442	5	1220	0	1976	-	15	20	22	26	-	-	-	-	7,69E+05	1,18E+06	1,37E+06	1,82E+06	-	-	-	-	1,85	-	2,11	3,36	
69	SC 442	5	1230	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	-	1,37E+05	3,13E+05	3,96E+05	5,88E+05	-	-	-	-	-	-	2,08	2,93	
70	SC 443	5	1240	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,24E+05	2,59E+05	3,22E+05	4,69E+05	-	-	-	-	2,15	-	2,48	3,63	
71	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	-	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06	-	-	-	-	2,77	-	2,21	2,44	
78	SC 482	5	2035	0	1996	-	-	-	2	6	-	-	-	-	-	-	1,74E+05	5,75E+05	-	-	-	-	-	-	2,31	2,71	
83	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	-	-	3,46	

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

#### LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

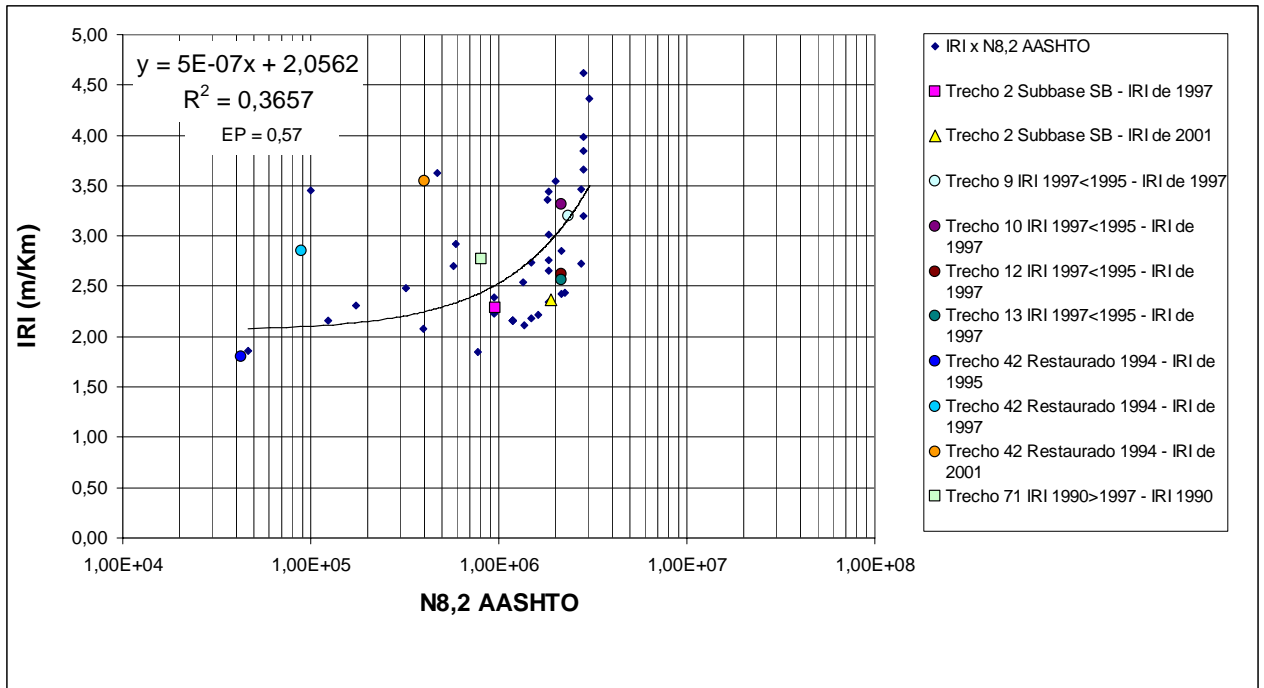
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

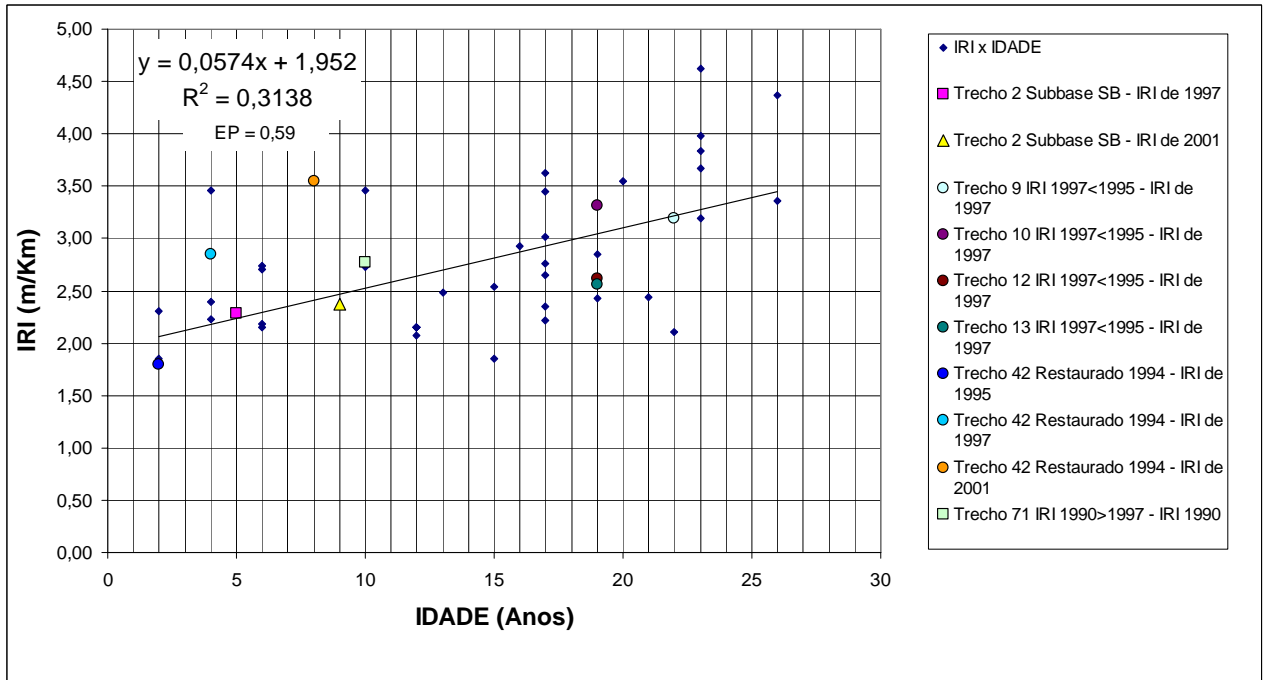
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

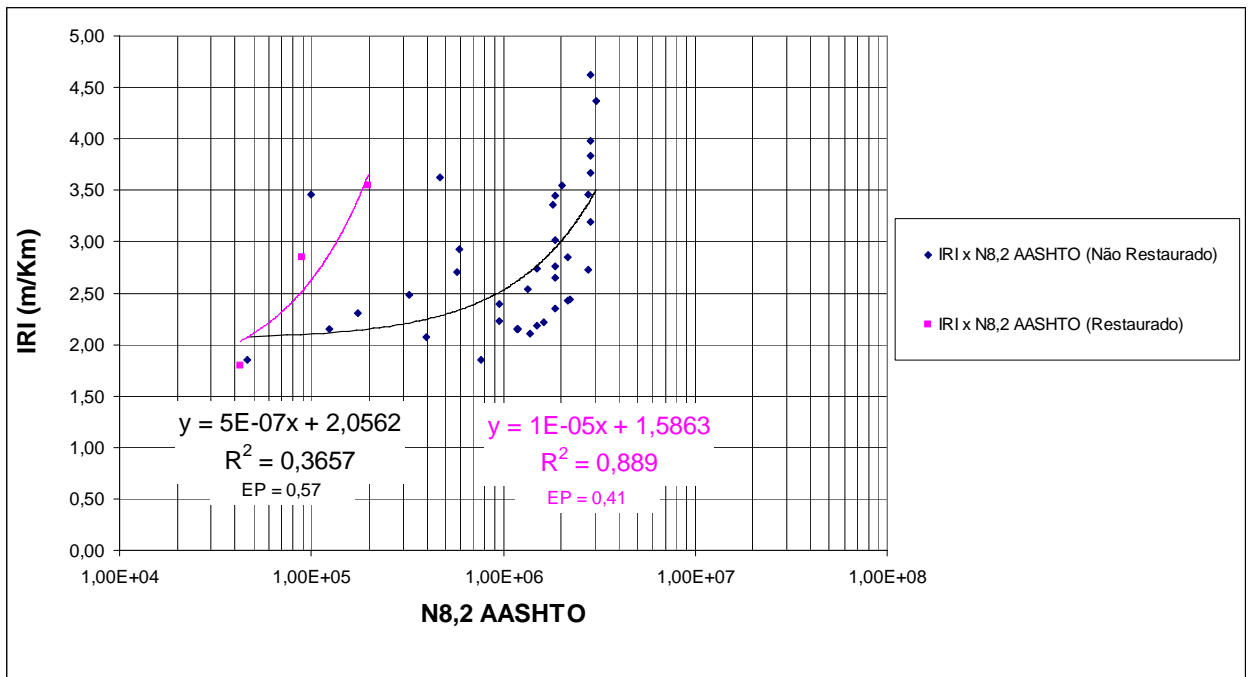
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



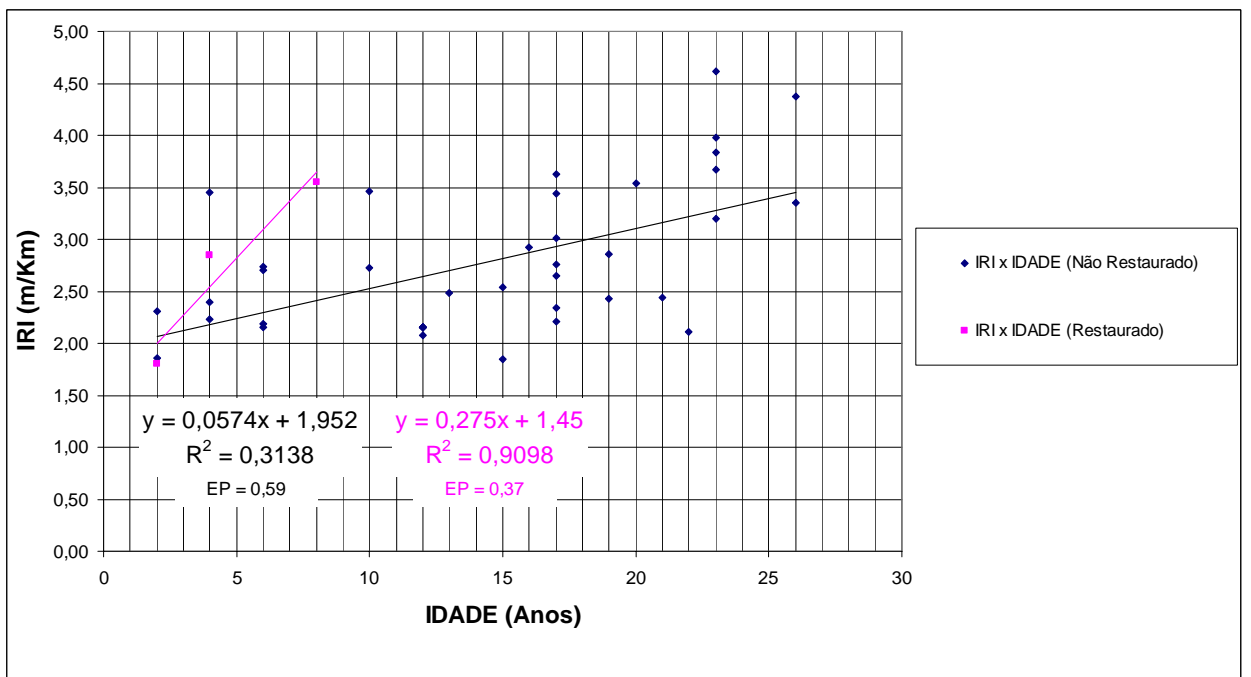
**FIGURA 5.21** - Família 1 Subfamília 1 -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.22** - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.23** - Família 1 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.24** - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração

Nas Figuras 5.23 e 5.24, para a análise do IRI após a restauração dos trechos pertencentes à Família 1 Subfamília 1, foram observados apenas três pontos válidos. Estes pontos dizem respeito ao trecho 42 - SC 414 - PENHA - BR 101 (Subt.2) – cujos IRIs equivalentem às auscultações de 1995, 1997 e 2001. Apesar dos três pontos não

representarem relevância estatística e gerar uma linha de tendência com um grau significativamente alto de incerteza, determinou-se apenas as linhas de tendência preliminares. Ressalta-se ainda que a análise da linha de tendência para esta família, depois da restauração, não será analisada nos itens subseqüentes.

- **Família 1 Subfamília 2**

A Tabela 5.8 mostra a relação dos trechos utilizados na análise do IRI. As Figuras 5.25 e 5.26 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.25 e 5.26, pode-se tecer os seguintes comentários:

- dados de IRI excluídos por estarem representando valores obtidos depois do trecho ter sofrido restauração. Estes dados foram descartados e reutilizados para a análise após a restauração, mostradas nas Figuras 5.27 e 5.28 a seguir;
- o trecho 1 e 66, assim como na análise para a Deflexão Máxima Média não se enquadram adequadamente dentro desta Subfamília, ou seja, apresentam sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- erro óbvio entre auscultações de um mesmo trecho foi observado no trecho 53, onde o valor obtido de IRI para o levantamento do ano de 1997 foi menor do que o de 1995;
- não foi observado nenhuma dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

As Figuras 5.27 e 5.28 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.8 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 1 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 IRI Média Marcon, 1990 (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	
1	SC 280T	1	29	1	1981	1998	10	15	17	21	-	-	-	4	1,80E+06	3,09E+06	3,69E+06	5,10E+06	-	-	-	1,41E+06	-	-	-	-	5,44
3	SC 282T	9	50	1	1994	2001	-	2	4	8	-	-	-	-	-	2,95E+05	6,02E+05	1,26E+06	-	-	-	-	-	-	-	-	2,61
8	SC 301	1	230	1	1962	1994	29	34	36	40	-	2	4	8	2,15E+06	2,86E+06	3,19E+06	3,93E+06	-	3,02E+05	6,30E+05	1,38E+06	3,31	2,36	2,75	3,63	
41	SC 413	2	760	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	-	6,01E+05	9,47E+05	1,75E+06	-	-	-	-	-	-	2,86	3,88	
43	SC 416	1	780	1	1986	1995	5	10	12	16	-	1	3	7	5,41E+05	1,23E+06	1,55E+06	2,30E+06	-	1,51E+05	4,75E+05	1,22E+06	-	-	2,69	3,35	
53	SC 431	5	1030	1	1989	2003	2	7	9	13	-	-	-	-	2,60E+04	9,77E+04	1,29E+05	1,98E+05	-	-	-	-	2,77	3,51	3,18	4,90	
65	SC 439	5	1190	1	1988	1996	3	8	10	14	-	-	2	6	8,87E+04	2,69E+05	3,55E+05	5,53E+05	-	-	8,56E+04	2,84E+05	3,31	-	2,25	2,92	
66	SC 440	5	1200	0	1993	-	-	3	5	9	-	-	-	-	-	1,33E+05	2,32E+05	4,62E+05	-	-	-	-	-	-	2,48	3,19	

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

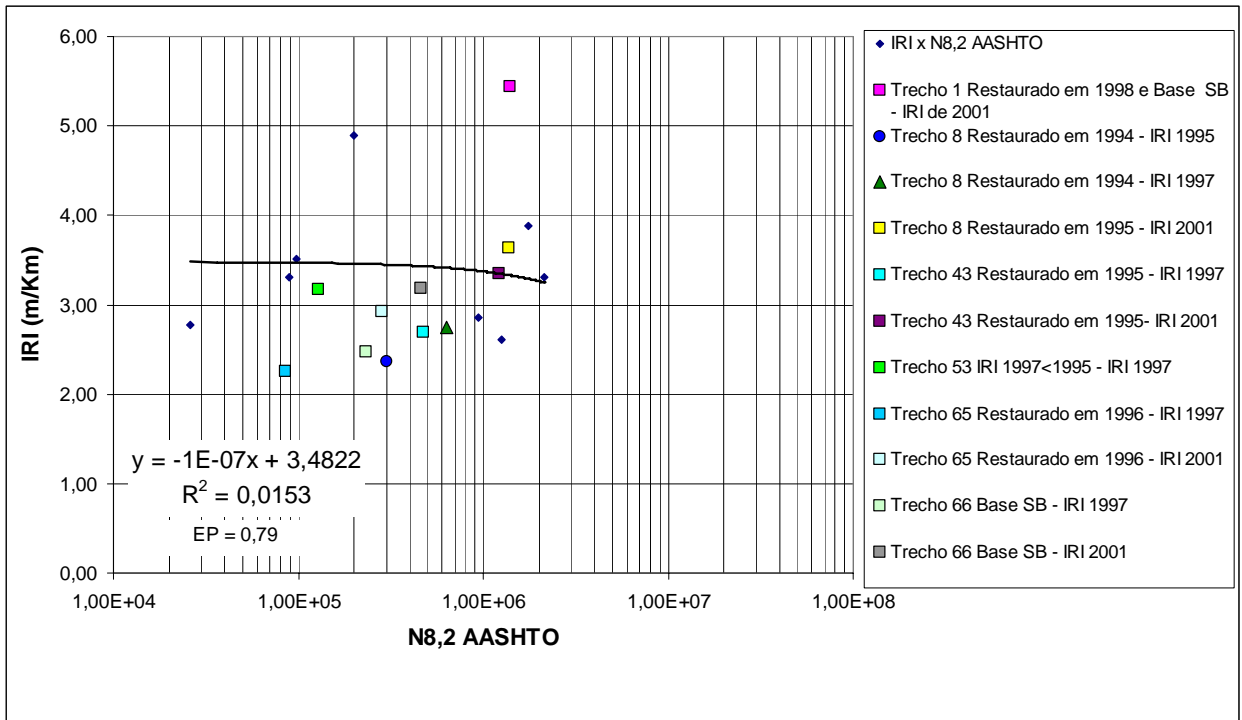
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

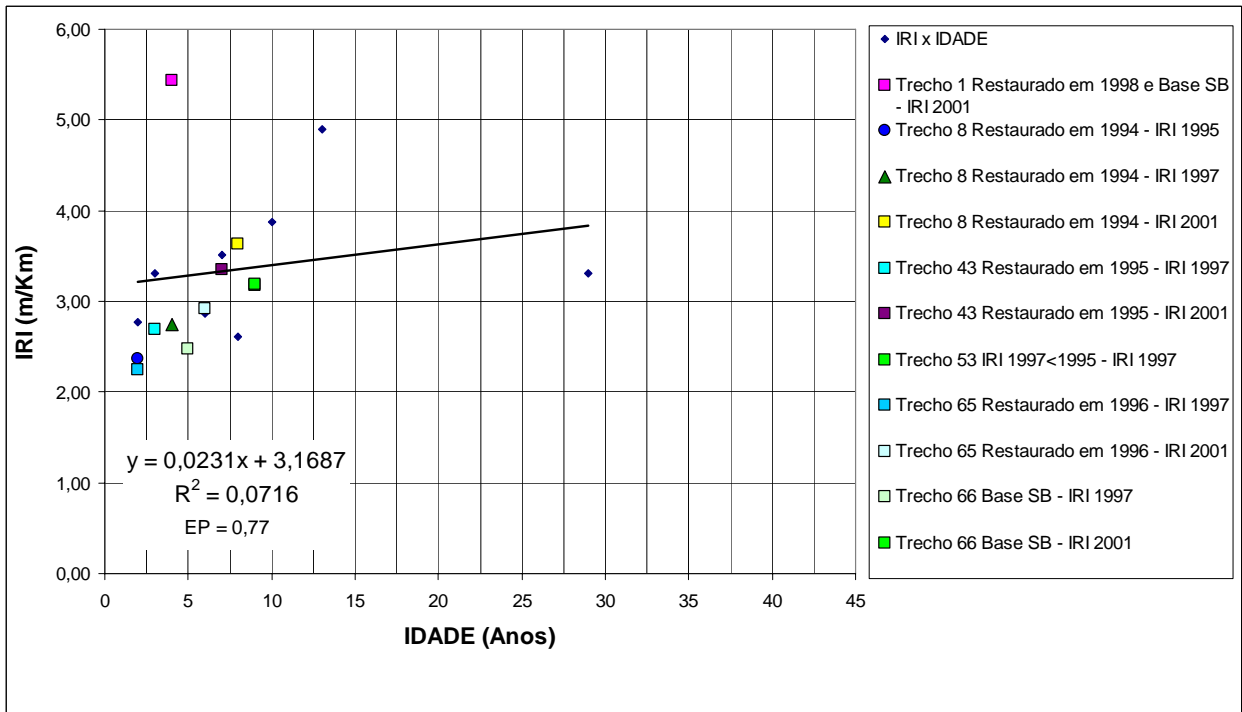
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)

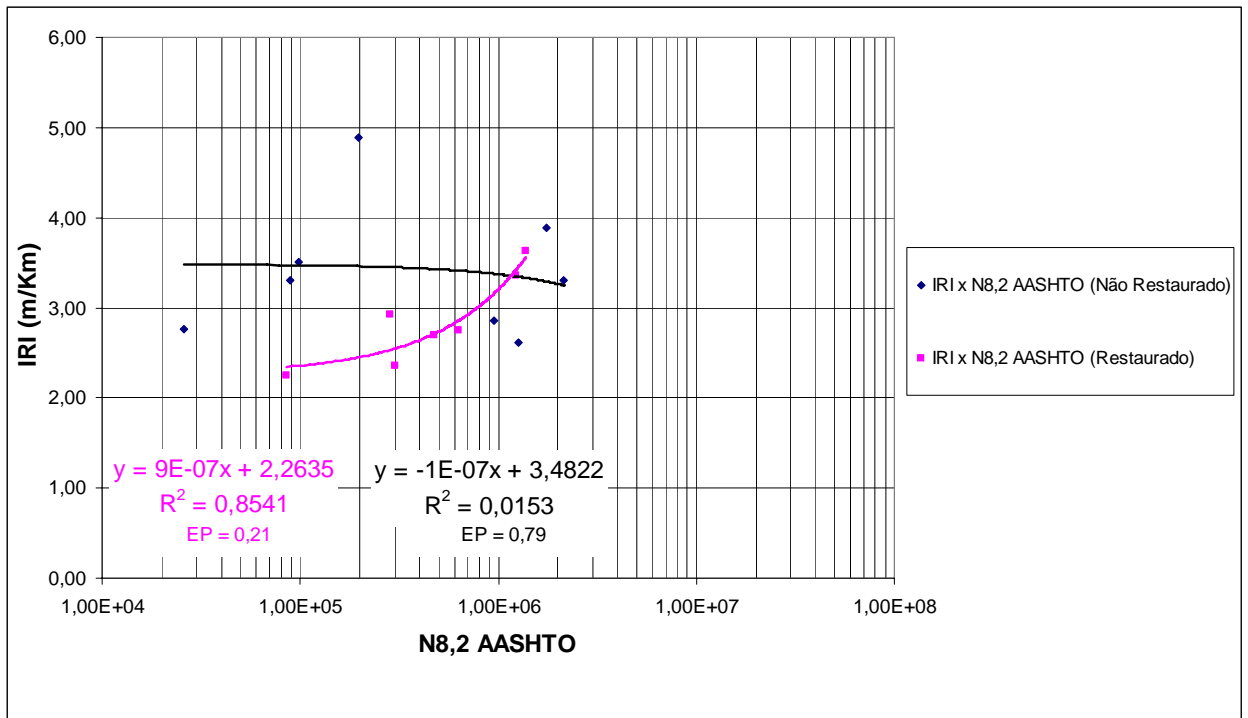


**FIGURA 5.25** - Família 1 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

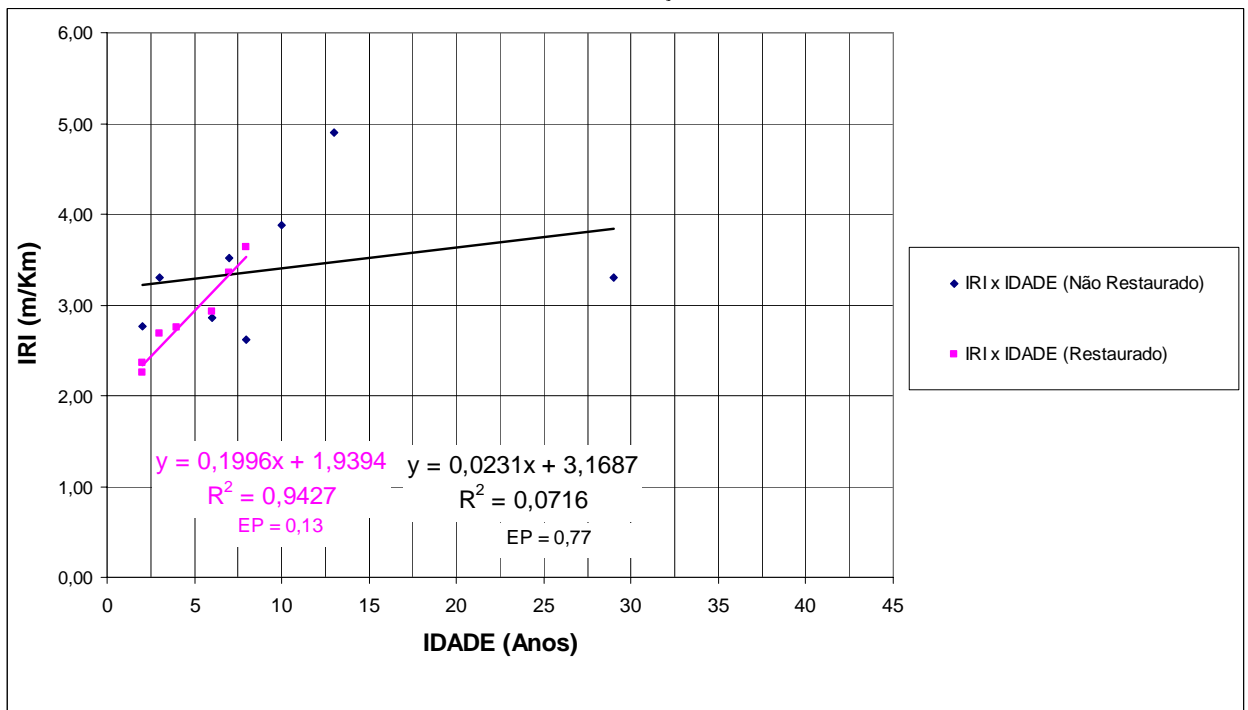


**FIGURA 5.26** - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

Nas Figuras 5.25 e 5.26, para a análise antes da restauração, observa-se ainda tendência decrescente para a correlação com a variável independente “N<sub>8,2t</sub> AASHTO”. Esta tendência decrescente do IRI será tratada e comentada com maior propriedade nos itens subseqüentes, como já comentado anteriormente.



**FIGURA 5.27** - Família 1 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.28** - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



De acordo com as Figuras 5.27 e 5.28, nota-se uma tendência crescente da linha de tendência preliminar para a análise depois da restauração, tanto para a variável independente “ $N_{8,2t}$  AASHTO” quanto para a “Idade (Anos)”.

- **Família 2 Subfamília 1**

A Tabela 5.9 mostra a relação dos trechos utilizados para a análise do IRI. As Figuras 5.29 e 5.30 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.29 e 5.30, pode-se afirmar que os pontos excluídos da análise foram basicamente os seguintes:

- observou-se vários dados de IRI obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração. Estes dados foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração;
- o trecho 7 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta base e sub-base condizentes com o tipo de família, mas o revestimento apresenta material do tipo Pré Misturado a Frio + Capa Selante, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- trechos apresentando erro óbvio entre auscultações também foram observados, onde o valor obtido de Deflexão Máxima Média para o levantamento do ano subsequente foi menor do que o ano anterior; e
- foi observado apenas um ponto considerado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2 anterior (IRI = 5,23 m/km). Este ponto equivale ao levantamento de 1990 (Marcon, 1996), correspondendo ao trecho 56 – SC 435 – Imbituba – BR 101.

As Figuras 5.31 e 5.32 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento plotadas em um mesmo gráfico.

TABELA 5.9 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 1

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>2a</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>2a</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>2a</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>2a</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>2a</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>2a</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>2a</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>2a</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 IRI Média Marcon, 1990 Bump Integrator	1995 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	
4	SC 282T	9	69	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	-	2,31E+05	4,92E+05	6,06E+05	8,52E+05	-	-	-	-	1,77	1,91	2,14	2,98	
5	SC 282T	9	70	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	-	1,82E+05	3,68E+05	4,77E+05	6,69E+05	-	-	-	-	1,54	1,92	2,06	2,93	
6	SC 282T	9	75	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	2,91E+05	5,65E+05	6,84E+05	9,40E+05	-	-	-	-	1,62	1,94	2,12	3,12	
7	SC 301	1	210	1	1977	1994	14	19	21	25	-	2	4	8	3,50E+05	5,31E+05	6,15E+05	8,05E+05	-	7,72E+04	1,61E+05	3,51E+05	3,69	-	2,51	3,25	
16	SC 301	17	270	0	1987	-	4	9	11	15	-	-	-	-	4,19E+05	1,03E+06	1,31E+06	1,93E+06	-	-	-	-	2,85	3,12	3,36	4,53	
17	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	-	8,41E+05	1,24E+06	1,43E+06	1,84E+06	-	-	-	-	2,15	-	2,87	4,07	
18	SC 401	9	540	1	1975	2001	16	21	23	27	-	-	-	1	1,13E+06	1,67E+06	1,91E+06	2,47E+06	-	-	-	2,47E+06	2,08	-	2,80	3,14	
19	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	-	2,56E+06	3,77E+06	4,33E+06	5,59E+06	-	-	-	-	2,00	-	-	-	
20	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	-	2,12E+06	3,13E+06	3,60E+06	4,65E+06	-	-	-	-	2,23	-	-	-	
21	SC 402	9	570	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	-	5,45E+05	7,96E+05	9,11E+05	1,17E+06	-	-	-	-	2,00	2,06	2,07	3,17	
22	SC 403	9	580	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	-	1,41E+06	2,07E+06	2,38E+06	3,07E+06	-	-	-	-	2,08	-	3,19	4,75	
23	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05	-	-	-	-	2,54	-	-	-	
24	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05	-	-	-	-	1,69	1,91	2,31	3,18	
25	SC 406	11	630	0	1979	-	12	17	19	23	-	-	-	-	2,00E+05	3,11E+05	3,61E+05	4,73E+05	-	-	-	-	2,00	2,82	2,70	3,02	
26	SC 407	9	635	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	-	2,77E+04	4,37E+04	8,06E+04	-	-	-	-	-	-	2,65	3,44	
27	SC 408	16	650	0	1991	-	-	5	7	11	-	-	-	-	-	2,85E+05	4,19E+05	7,30E+05	-	-	-	-	-	2,89	1,99	3,62	
28	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06	-	-	-	-	2,23	2,95	3,10	3,92	
29	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06	-	-	-	-	2,08	2,87	3,24	4,37	
30	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	2,15	2,46	2,69	3,59	
31	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	2,23	2,60	2,96	3,92	
32	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	2,23	2,68	3,10	4,13	
33	SC 411	16	680	1	1977	1994	14	19	21	25	-	2	4	8	1,08E+06	1,68E+06	1,96E+06	2,60E+06	-	2,54E+05	5,34E+05	1,18E+06	2,77	2,46	2,20	2,53	
34	SC 411	16	690	0	1991	-	-	5	7	11	-	-	-	-	-	2,30E+05	3,39E+05	5,89E+05	-	-	-	-	-	-	2,57	2,91	3,62
35	SC 411	16	700	0	1994	-	-	2	4	8	-	-	-	-	-	2,98E+04	6,27E+04	1,39E+05	-	-	-	-	-	-	2,37	2,94	
36	SC 411	16	710	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,98E+05	4,37E+05	4,97E+05	6,24E+05	-	-	5,97E+04	1,87E+05	2,23	3,10	1,92	3,10	
37	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,35E+06	3,43E+06	3,90E+06	4,89E+06	-	-	4,66E+05	1,46E+06	2,38	3,19	1,83	3,38	
38	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,20E+06	3,22E+06	3,66E+06	4,59E+06	-	-	4,37E+05	1,37E+06	3,00	2,47	1,80	3,06	
39	SC 413	1	740	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,76E+06	5,62E+06	6,42E+06	8,13E+06	-	7,89E+05	1,57E+06	3,28E+06	3,23	2,18	2,13	2,59	
40	SC 413	2	750/751	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,62E+06	5,41E+06	6,18E+06	7,82E+06	-	7,39E+05	1,51E+06	3,15E+06	3,38	2,05	2,00	2,16	
45	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	2,11	2,18	3,43
47	SC 416	2	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	2,84	3,04	
49	SC 416	2	800	1	1985	1995	6	11	13	17	-	1	3	7	2,79E+05	5,88E+05	7,36E+05	1,08E+06	-	6,84E+04	2,16E+05	5,63E+05	2,23	-	2,40	2,99	
50	SC 416	2	810	1	1985	1995	6	11	13	17	-	1	3	7	2,25E+05	4,76E+05	5,97E+05	8,82E+05	-	5,58E+04	1,77E+05	4,62E+05	2,23	-	1,94	2,94	
51	SC 417	2	820	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,98E+05	3,93E+05	4,79E+05	6,68E+05	-	-	-	-	1,77	2,21	2,24	1,92	
52	SC 418	2	830	1	1978	1994	13	18	20	24	-	2	4	8	1,32E+06	2,03E+06	2,35E+06	3,07E+06	-	2,98E+05	6,20E+05	1,34E+06	2,31	-	2,25	2,05	
54	SC 431	5	1040	1	1982	2003	9	14	16	20	-	-	-	-	4,40E+05	7,63E+05	9,47E+05	1,33E+06	-	-	-	-	2,38	3,06	2,66	4,02	
55	SC 434	5	1050	1	1985	1996	6	11	13	17	-	-	-	-	1,42E+05	3,00E+05	3,76E+05	5,56E+05	-	-	7,63E+04	2,56E+05	1,92	1,46	1,80	2,29	

**TABELA 5.9 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 1 - Continuação**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 IRI Média Marcon, 1990 (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Média (m/Km) Bump Integrator
56	SC 435	5	1060	1	1980	1995	11	16	18	22	-	1	3	7	3,99E+05	6,76E+05	8,11E+05	1,13E+06	-	6,19E+04	1,96E+05	5,14E+05	5,23	3,53	3,23	4,57
57	SC 436	5	1070	1	1974	1995	17	22	24	28	-	1	3	7	1,34E+06	2,02E+06	2,35E+06	3,12E+06	-	1,51E+05	4,78E+05	1,25E+06	2,62	1,71	2,25	2,82
58	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	12	16	-	-	2	6	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05	-	-	6,52E+04	2,20E+05	2,15	-	1,85	2,43
59	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	12	16	-	-	2	6	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05	-	-	6,52E+04	8,15E+04	2,00	-	2,13	2,28
61	SC 438	5	1160	1	1978	1997	13	18	20	24	-	-	1	5	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	1,42E+05	7,86E+05	2,69	-	-	5,00
62	SC 438	5	1170	1	1978	2001	13	18	20	24	-	-	-	1	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	-	2,50E+06	2,62	-	-	4,17
63	SC 438	5	1170	1	1978	2002	13	18	20	24	-	-	-	-	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	-	-	2,62	2,92	2,92	3,30
64	SC 438	5	1180	1	1972	1999	19	24	26	30	-	-	-	3	1,88E+06	2,74E+06	3,15E+06	4,09E+06	-	-	-	7,28E+05	3,15	4,08	3,67	2,73
67	SC 441	5	1210	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	2,57E+05	5,38E+05	6,71E+05	9,81E+05	-	-	-	-	2,15	2,44	2,54	3,32
72	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	10	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06	-	-	-	-	2,54	-	3,07	3,27
76	SC 474	2	1920	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,80E+06	5,69E+06	6,50E+06	8,24E+06	-	7,80E+05	1,59E+06	3,33E+06	3,46	2,41	2,20	2,74
77	SC 477T	2	1960	1	1985	1996	6	11	13	17	-	-	2	6	3,14E+05	6,22E+05	7,58E+05	1,06E+06	-	-	1,37E+05	4,36E+05	2,00	2,58	2,23	2,53
79	SC 486T	16	2060	1	1974	1994	17	22	24	28	-	2	4	8	2,83E+06	4,19E+06	4,83E+06	6,29E+06	-	5,81E+05	1,22E+06	2,68E+06	3,54	2,24	2,00	2,71
80	SC 486T	16	2070	0	1995	-	-	1	3	7	-	-	-	-	-	1,18E+05	3,71E+05	9,55E+05	-	-	-	-	-	2,47	2,47	3,21
81	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	-	-	3,12
82	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	4	7	-	-	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	-	-	3,88

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

#### LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

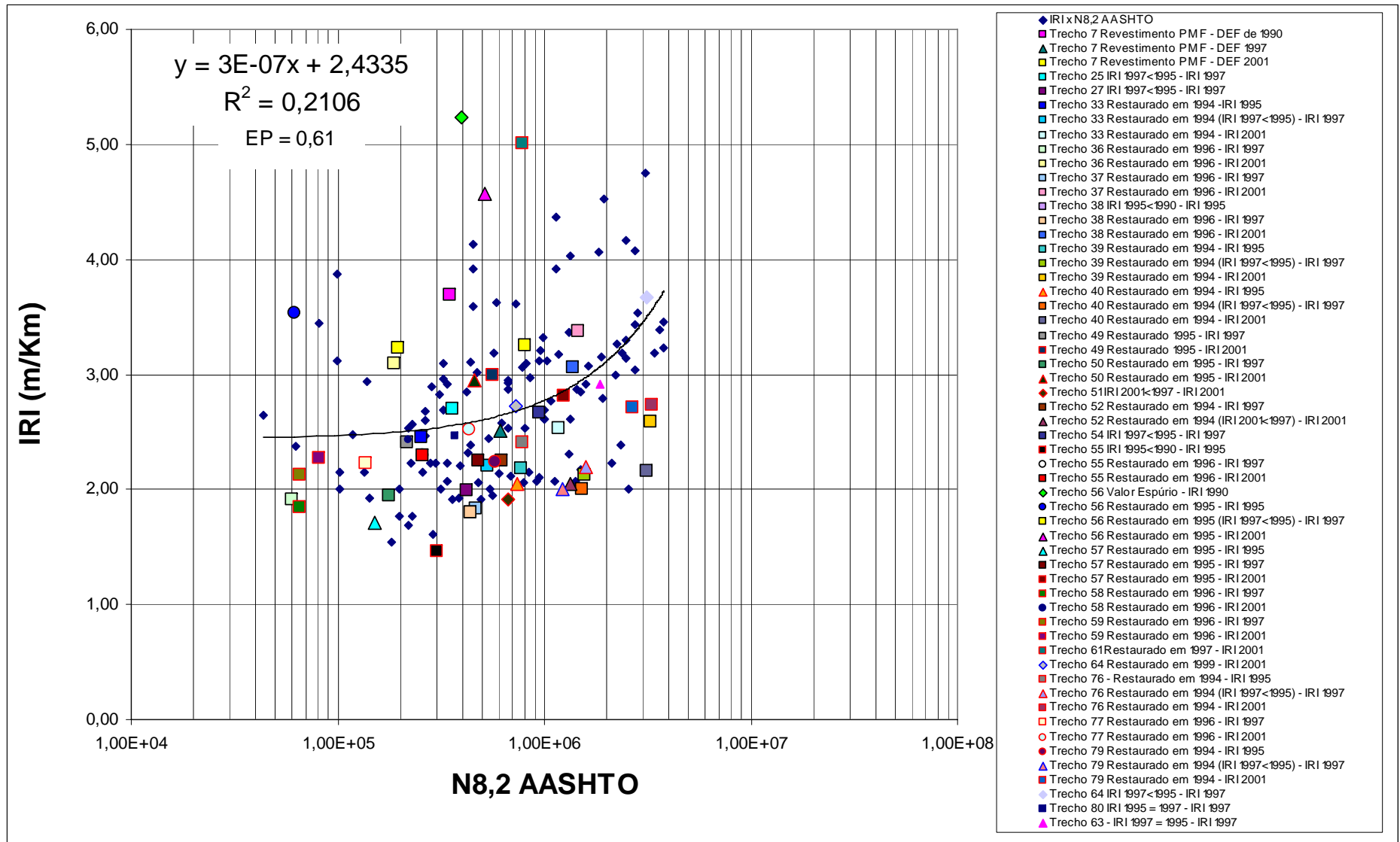
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

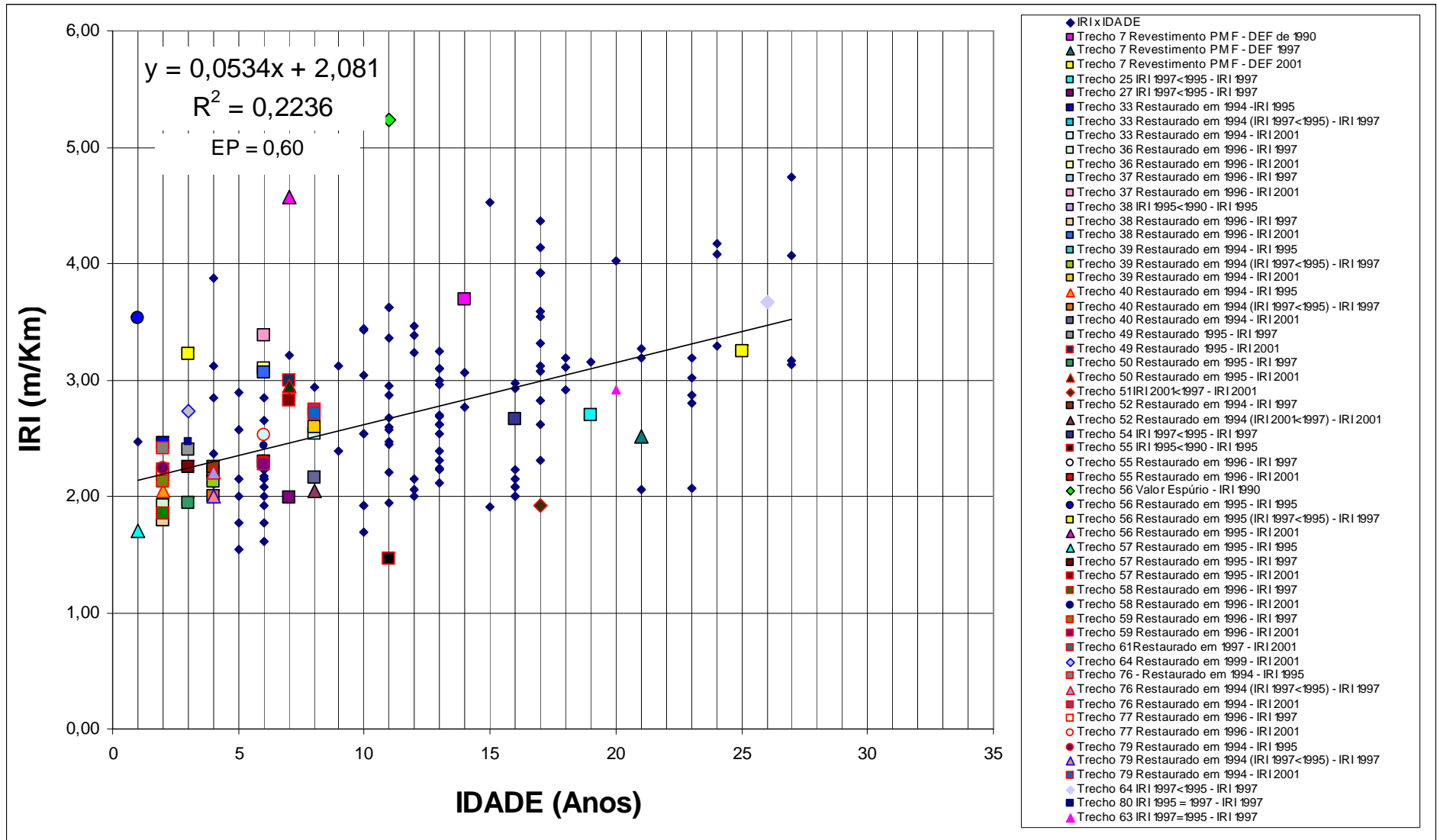
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)

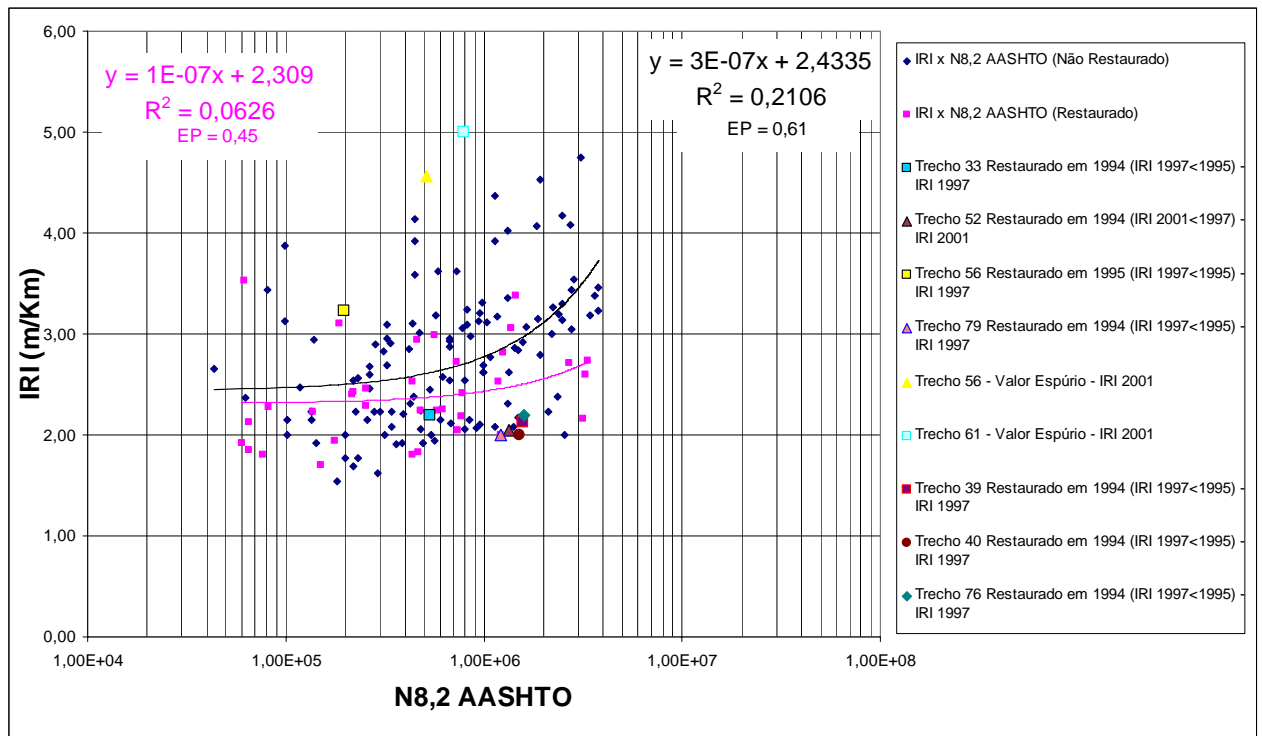


**FIGURA 5.29** - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

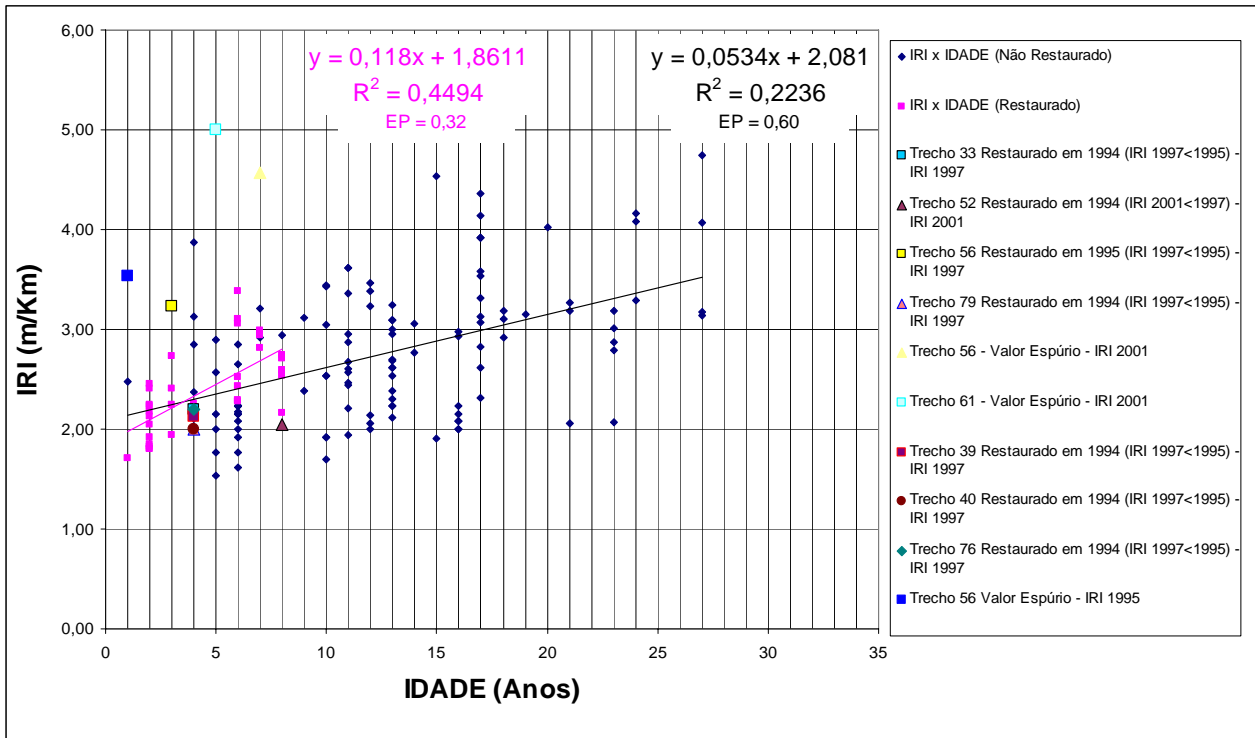


**FIGURA 5.30 - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração**

Os dados excluídos da análise após a restauração estão apresentados nas próprias Figuras 5.31 e 5.32 e dizem respeito basicamente à erros óbvios entre auscultações de um mesmo trecho após a restauração. Foram também encontrados dois pontos considerados espúrios após o cálculo dos resíduos, de acordo com a Tabela 5.2. Estes pontos correspondem respectivamente aos trechos 56 (IRI 1995 e 2001) e 61 (IRI 2001), correspondendo aos trechos SC 435 – Imbituba – BR 101 e SC 438 - São Ludgero - Braço do Norte



**FIGURA 5.31** - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.32 - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração**

### - Família 2 Subfamília 2

A Tabela 5.10 mostra a relação dos trechos utilizados para a análise do IRI. As Figuras 5.33 e 5.34 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) para os trechos até o momento da primeira restauração. As Figuras 5.35 e 5.36 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.10 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do IRI – Família 2 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 IRI Média Marcon, 1990 Bump Integrator	1995 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Média (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Média (m/Km) Bump Integrator
15	SC 301	17	260	1	1964	2004	27	32	34	38	-	-	-	-	2,08E+06	2,74E+06	3,04E+06	3,71E+06	-	-	-	-	2,85	3,80	2,91	3,32
60	SC 438	20	1150	1	1981	1998	10	15	17	21	-	-	-	4	7,40E+05	1,26E+06	1,50E+06	2,06E+06	-	-	-	5,60E+05	2,23	3,32	2,90	2,37
73	SC 470	2	1810	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	3,07E+06	6,03E+06	4,69	2,03	2,18	2,67
74	SC 470	2	1820	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	3,07E+06	6,03E+06	3,38	1,75	1,86	2,38
75	SC 470	2	1830	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	5,35E+06	7,40E+06	8,35E+06	1,05E+07	-	1,28E+06	2,23E+06	4,37E+06	3,31	1,98	2,12	2,56

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

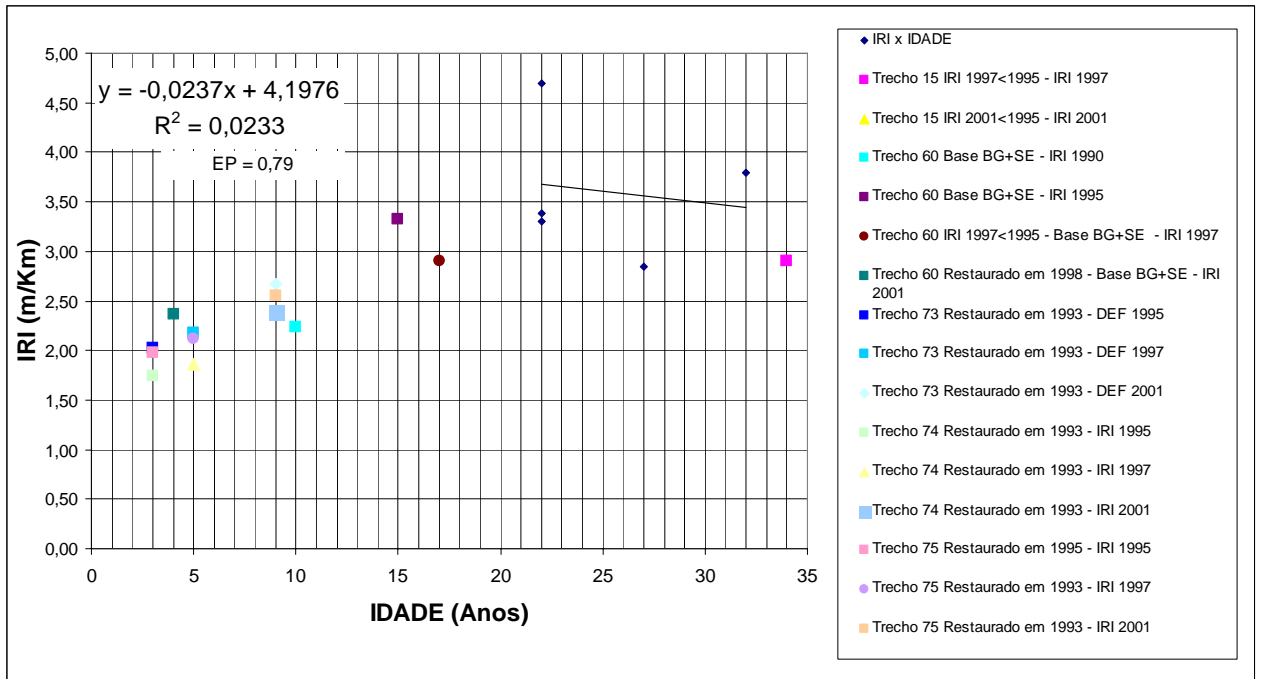
Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

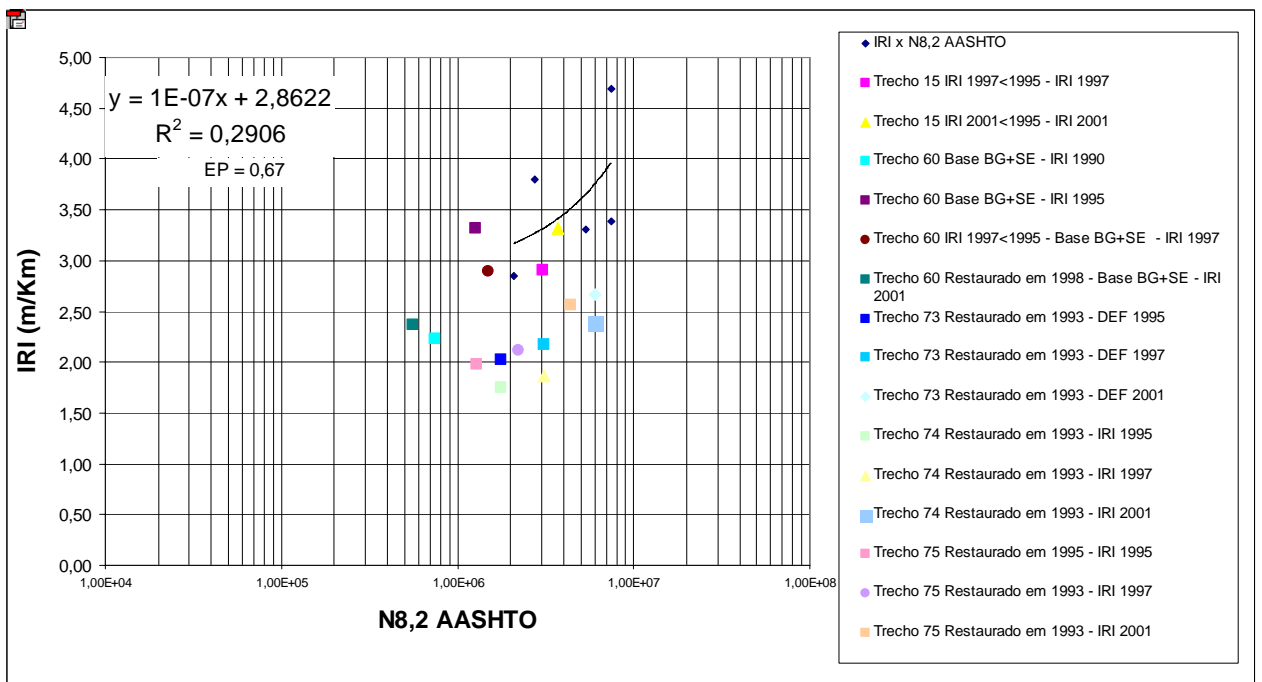
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)





**FIGURA 5.33 - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração**



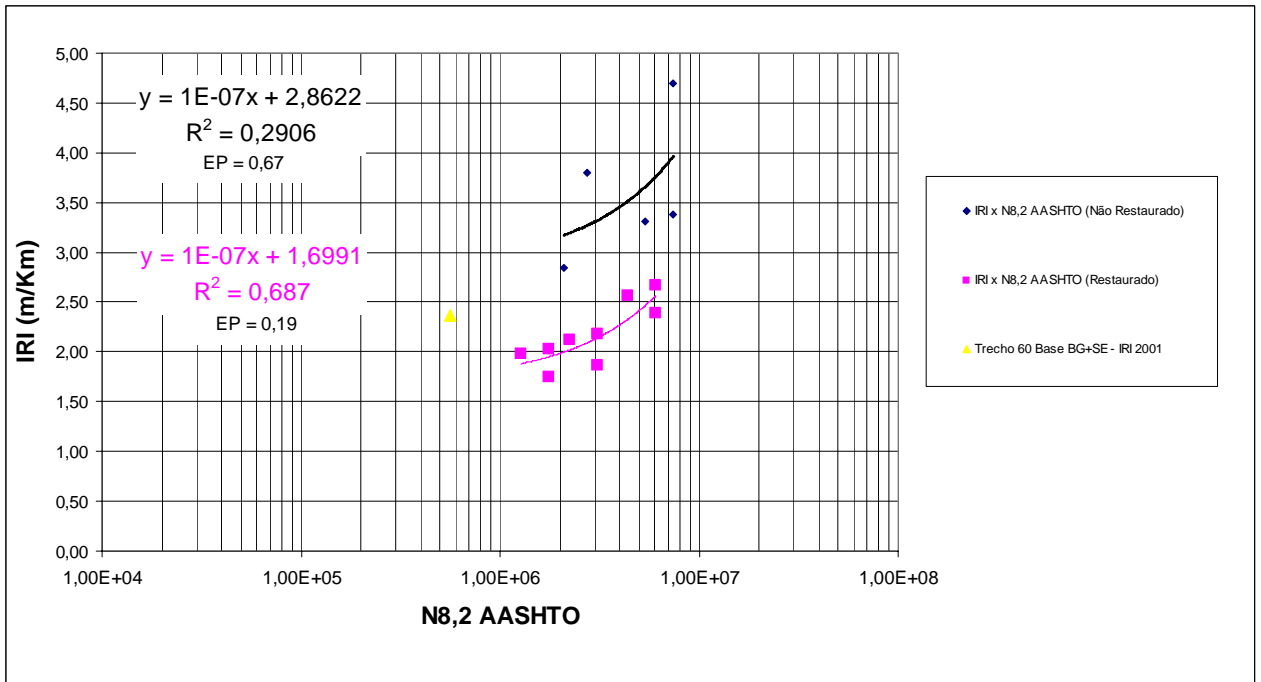
**FIGURA 5.34 - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração**

De acordo com as Figuras 5.33 e 5.34, os pontos excluídos da análise anterior à restauração foram basicamente os seguintes:

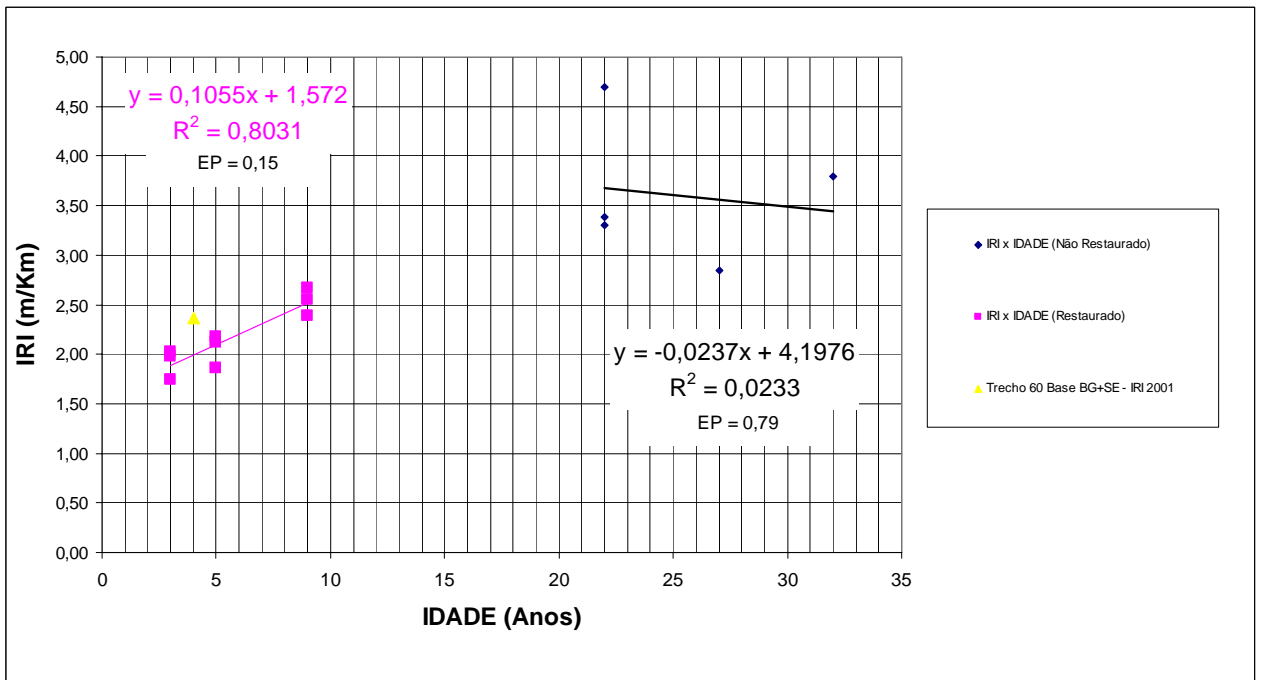
- os valores de Deflexão Máxima Média dos trechos 73, 74 e 75 obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração;
- o trecho 60 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizentes com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Solo+Brita, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- O trecho 15 apresentou erro óbvio entre auscultações sendo excluídos os valores de Deflexão Máxima Média da auscultação de 1995 e 2001; e
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

Observa-se na Figura 5.33, para a análise antes da restauração, que para a variável independente “Idade (Anos)”, verificou-se tendência inesperada decrescente ao longo do tempo. Já para a análise após a restauração mostrada nas Figuras 5.35 e 5.36, não se verificou tendência decrescente ao longo do tempo, ou seja, e evolução do defeito de apresenta de forma normal.

Ressalta-se também que não houve dados espúrios para a análise depois da restauração, de acordo com a Tabela 5.2.



**FIGURA 5.35** - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.36** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração

- Trincamento Total
- **Família 1 Subfamília 1**

A Tabela 5.11 mostra a relação dos trechos utilizados na análise do trincamento total. Já as Figuras 5.37 e 5.38 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressão linear simples, para os trechos até o momento da primeira restauração.

Analisando-se as Figuras 5.37 e 5.38, foram excluídos os seguintes pontos de acordo com os itens 5.2.2.2 e 5.2.2.3:

- dados de Trincamento Total obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração (trecho 42). Assim como para a Deflexão Máxima Média e para o IRI, estes dados foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração, mostradas nas Figuras 5.39 e 5.40 a seguir;
- o trecho 2 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- erro óbvio entre auscultações de um mesmo trecho foi observado nos trechos 10, 14, onde o valor obtido de IRI para o levantamento do ano de 1997 foi menor do que o de 1995; e
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

As Figuras 5.39 e 5.40 mostram, além da reta preliminar antes da restauração, também o comportamento dos pavimentos pertencentes às famílias depois de terem sofrido a primeira restauração.

**TABELA 5.11 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 1 Subfamília 1**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1990 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	
2	SC 280T	17	30	0	1993	-	-	3	5	9	-	-	-	-	-	5,47E+05	9,59E+05	1,91E+06	-	-	-	-	-	-	-	4,12	9,55
9	SC 301	1	240	1	1976	2002	15	20	22	26	-	-	-	-	1,34E+06	2,02E+06	2,33E+06	3,04E+06	-	-	-	-	1,5	2,67	3,49	10,69	
10	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	5,2	30,30	22,02	53,04	
11	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	5,2	21,60	28,34	59,82	
12	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	5,2	27,52	40,00	66,34	
13	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	5,2	15,91	20,28	42,37	
14	SC 301	17	250	1	1979	2004	12	17	19	23	-	-	-	-	1,19E+06	1,86E+06	2,16E+06	2,83E+06	-	-	-	-	5,2	7,87	7,27	18,90	
42	SC 414	2	770	1	1980	1994	11	16	18	22	-	2	4	8	1,50E+05	2,50E+05	2,96E+05	4,05E+05	-	4,26E+04	8,94E+04	1,98E+05	-	-	24,37	29,07	
44	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	-	1,07	2,69	
46	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	-	1,47	2,58	
48	SC 416	2	791	0	2000	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4,66E+04	-	-	-	-	-	-	-	0,05	
68	SC 442	5	1220	0	1976	-	15	20	22	26	-	-	-	-	7,89E+05	1,18E+06	1,37E+06	1,82E+06	-	-	-	-	0	0,00	0,66	3,89	
69	SC 442	5	1230	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	-	1,37E+05	3,13E+05	3,96E+05	5,88E+05	-	-	-	-	-	0,13	0,52	0,74	
70	SC 443	5	1240	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	1,24E+05	2,59E+05	3,22E+05	4,69E+05	-	-	-	-	0	16,09	19,42	27,36	
71	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	-	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06	-	-	-	-	3,4	1,62	3,11	5,95	
78	SC 482	5	2035	0	1996	-	-	-	2	6	-	-	-	-	-	-	1,74E+05	5,75E+05	-	-	-	-	-	-	0,00	2,04	
83	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,25	

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

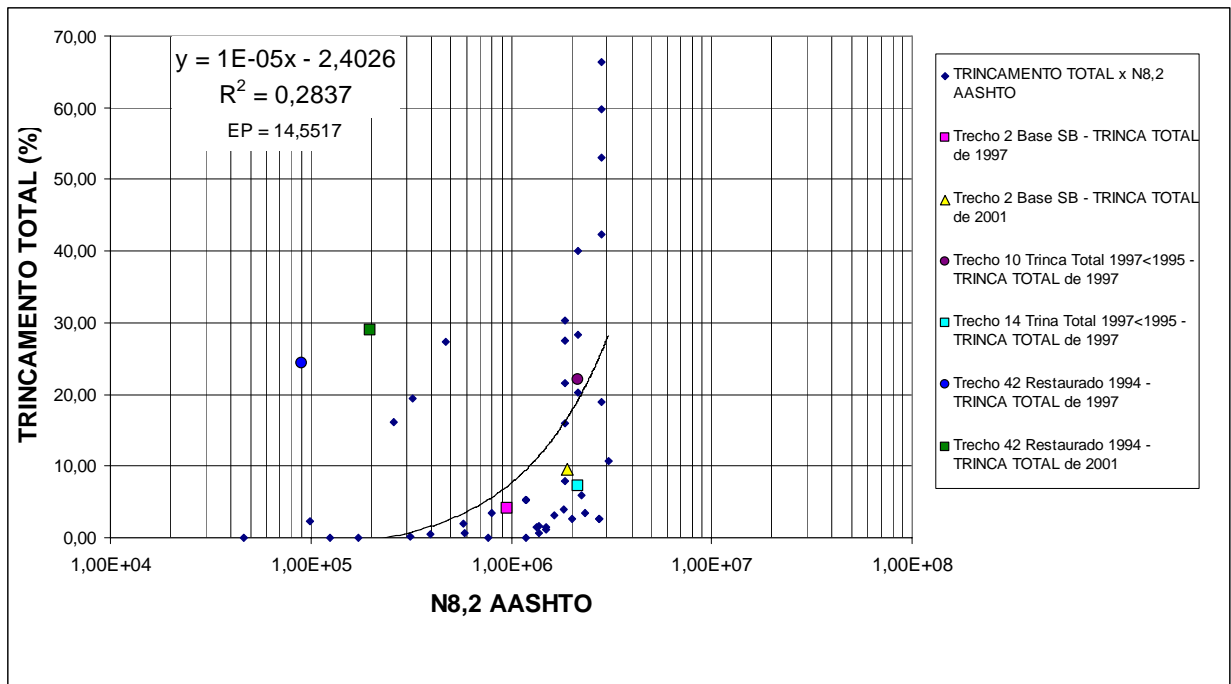
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

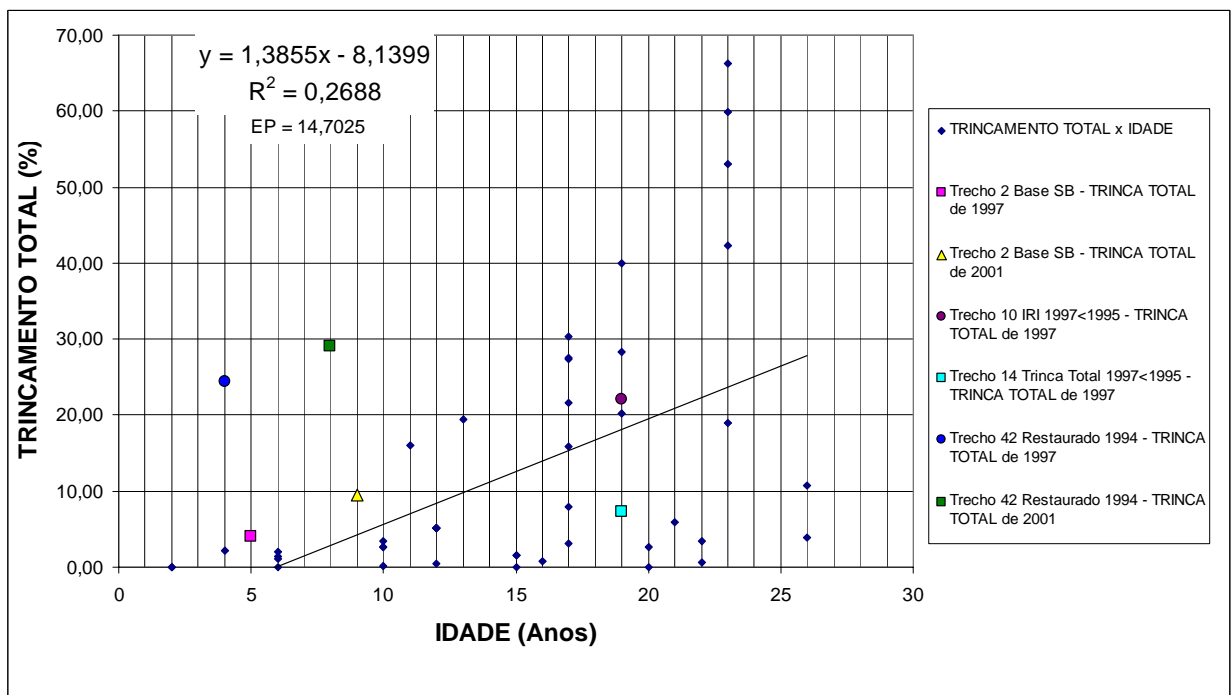
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



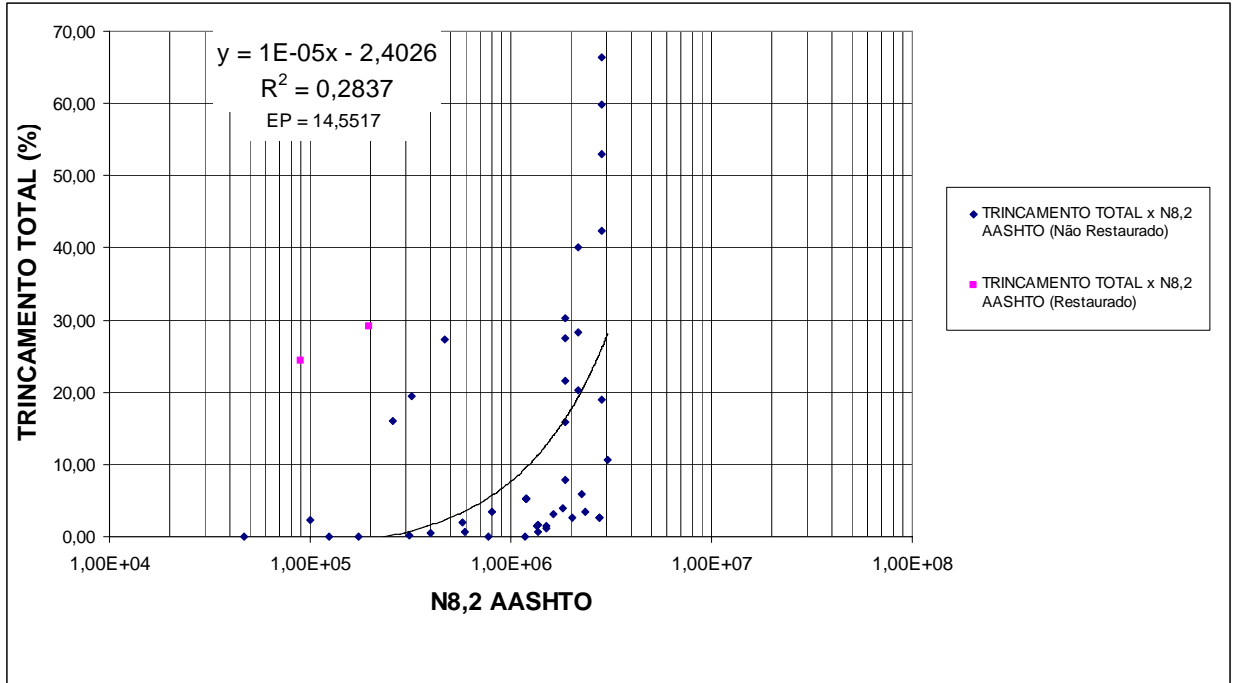
**FIGURA 5.37** - Família 1 Subfamília 1 -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



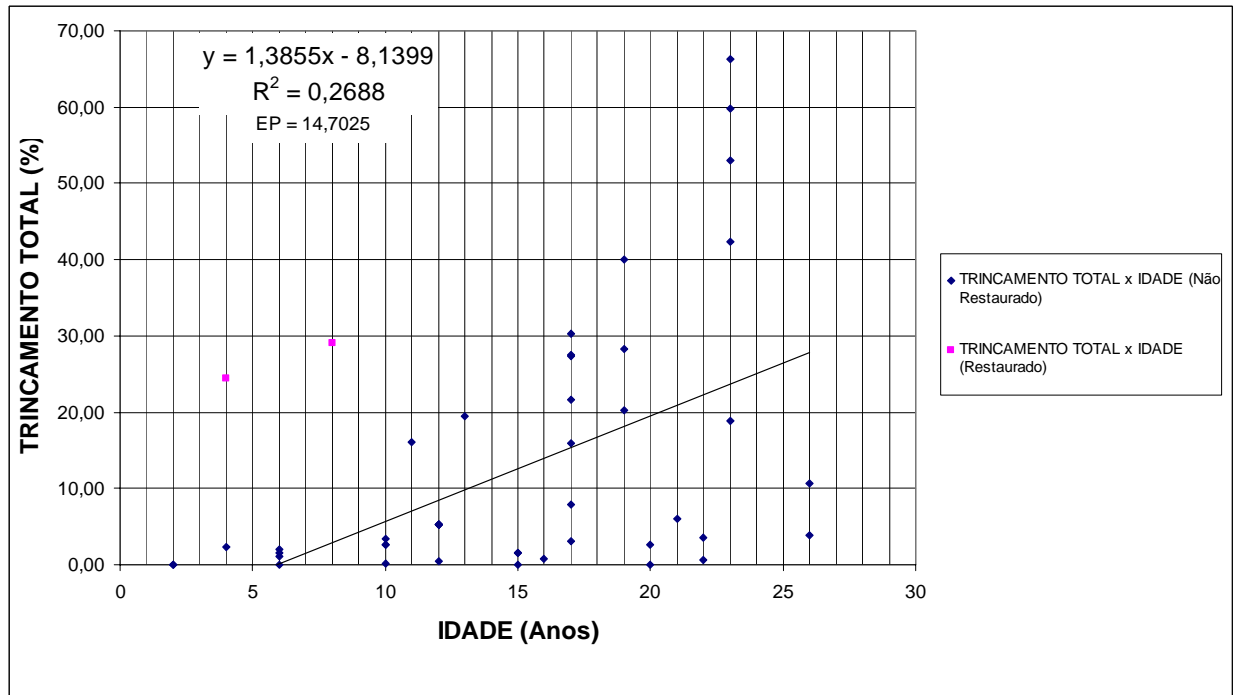
**FIGURA 5.38** - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (m/km) – Análise Antes da Restauração

Como se pode notar nas Figuras 5.39 e 5.40, para a análise após a restauração dos trechos pertencentes à Família 1 Subfamília 1, somente 2 pontos foram observados. Estes pontos equivalem ao trecho 42 – SC 414 - PENHA - BR 101 (Subt.2) – cujo trincamento total é equivalente às auscultações dos anos de 1997 e 2001. Diante disso, não foi possível

determinar a linha de tendência preliminar, de acordo com os requisitos já descritos anteriormente.



**FIGURA 5.39** - Família 1 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.40** - Família 1 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

## - Família 1 Subfamília 2

A Tabela 5.12 mostra a relação dos trechos utilizados na análise do Trincamento Total. As Figuras 5.41 e 5.42 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.41 e 5.42, pode-se tecer os seguintes comentários:

- dados de Trincamento Total excluídos por estarem representando valores obtidos depois do trecho ter sofrido restauração. Estes dados foram descartados e reutilizados para a análise após a restauração, mostradas nos gráficos 5.43 e 5.44 a seguir;
- o trecho 1 e 66, assim como na análise para a Deflexão Máxima Média e IRI não se enquadram adequadamente dentro desta Subfamília, ou seja, apresentam sub-base condizente com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Seixo Bruto, não compatível àquele proposto para esta subfamília; e
- foram observados dois pontos considerados espúrios de acordo com o cálculo dos resíduos e com a tabela 5.2. Estes pontos equivalem aos levantamentos de 1997 e 2001, correspondendo ao trecho 53 – SC 431 – São Martinho – Armazém.

As Figuras 5.43 e 5.44 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento. De acordo com as Figuras 5.43 e 5.44, nota-se uma tendência crescente da linha de tendência preliminar para a análise depois da restauração, tanto para a variável independente “ $N_{8,2t}$  AASHTO” quanto para a “Idade (Anos)”. Não foram observados dados espúrios na análise após a restauração.



**TABELA 5.12 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 1 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1990 (%) PRO 128/63	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
1	SC 280T	1	29	1	1981	1998	10	15	17	21	-	-	-	4	1,80E+06	3,09E+06	3,68E+06	5,10E+06	-	-	-	1,41E+06	-	-	-	56,40
3	SC 282T	9	50	1	1994	2001	-	2	4	8	-	-	-	-	-	2,95E+05	6,02E+05	1,26E+06	-	-	-	-	-	-	15,12	24,63
8	SC 301	1	230	1	1962	1994	29	34	36	40	-	2	4	8	2,15E+06	2,86E+06	3,19E+06	3,93E+06	-	3,02E+05	6,30E+05	1,38E+06	9,4	0,05	3,51	9,63
41	SC 413	2	760	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	-	6,01E+05	9,47E+05	1,75E+06	-	-	-	-	-	-	2,24	7,20
43	SC 416	1	780	1	1986	1995	5	10	12	16	-	1	3	7	5,41E+05	1,23E+06	1,55E+06	2,30E+06	-	1,51E+05	4,75E+05	1,22E+06	-	-	0,13	0,55
53	SC 431	5	1030	1	1989	2003	2	7	9	13	-	-	-	-	2,60E+04	9,77E+04	1,29E+05	1,98E+05	-	-	-	-	0,3	8,33	40,65	64,60
65	SC 439	5	1190	1	1988	1996	3	8	10	14	-	-	2	6	8,87E+04	2,69E+05	3,55E+05	5,53E+05	-	-	8,56E+04	2,84E+05	0,0	7,43	0,23	0,48
66	SC 440	5	1200	0	1993	-	-	3	5	9	-	-	-	-	-	1,33E+05	2,32E+05	4,62E+05	-	-	-	-	-	0,24	0,24	0,84

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

#### LEGENDA:

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

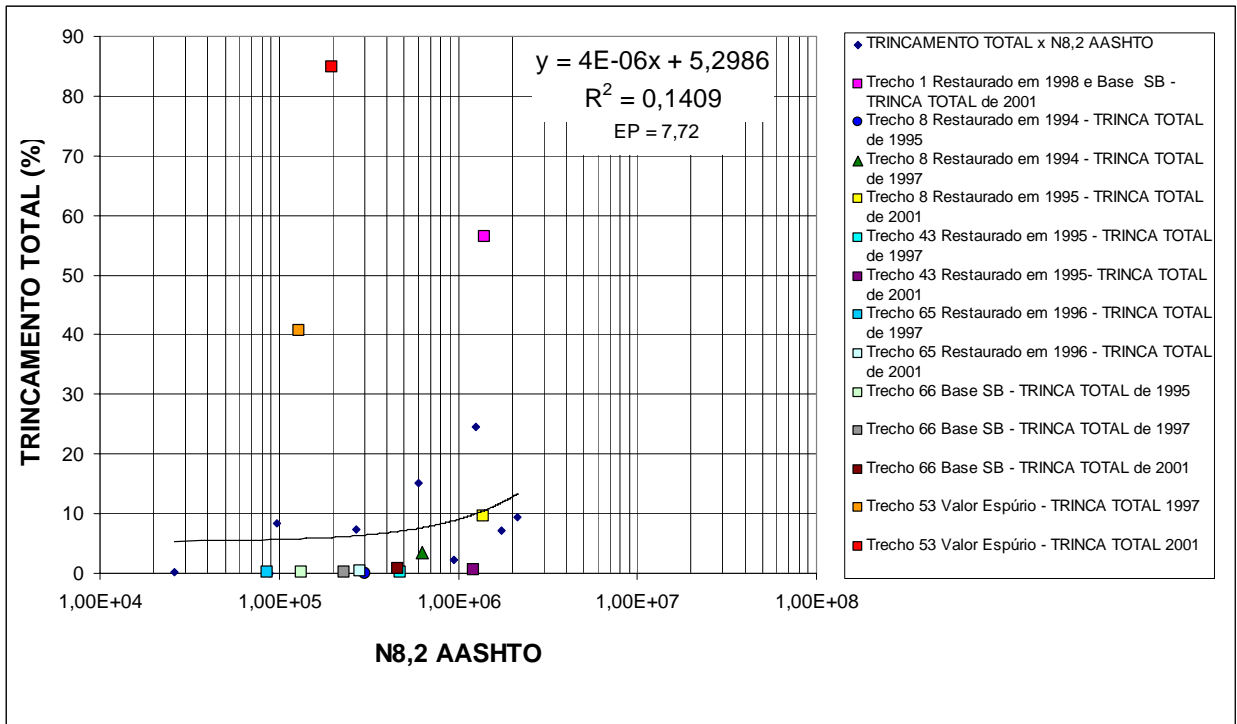
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

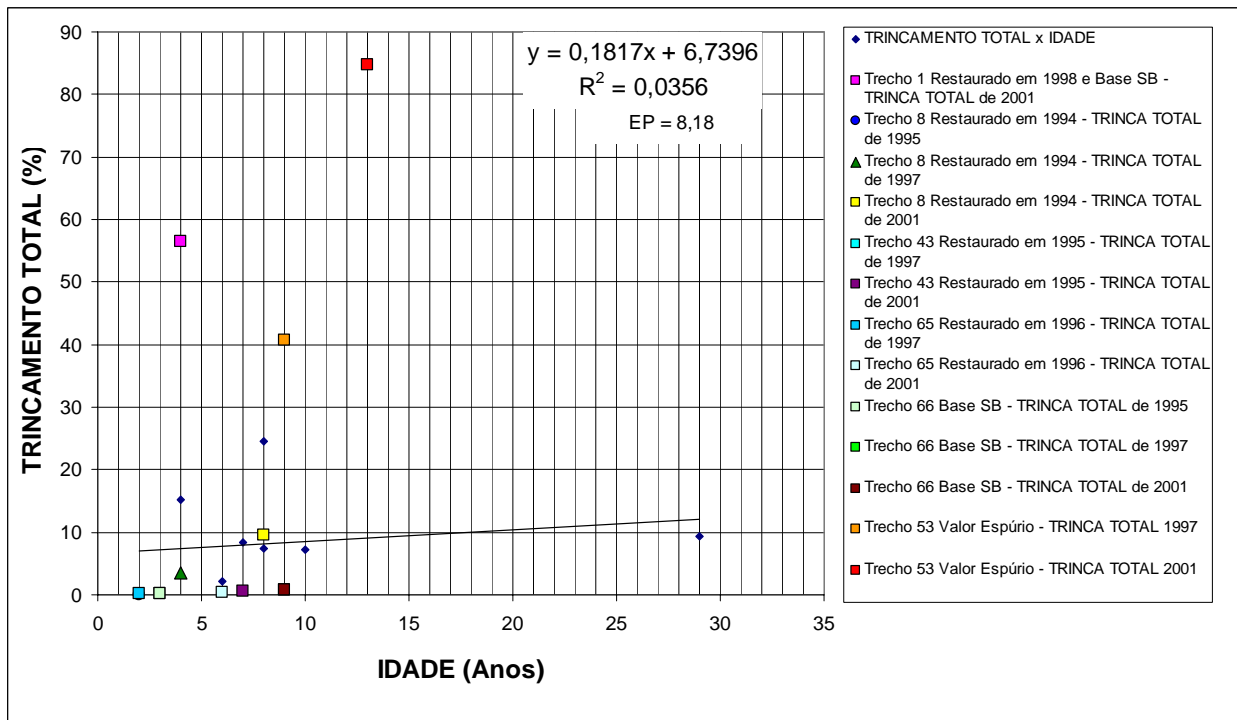
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

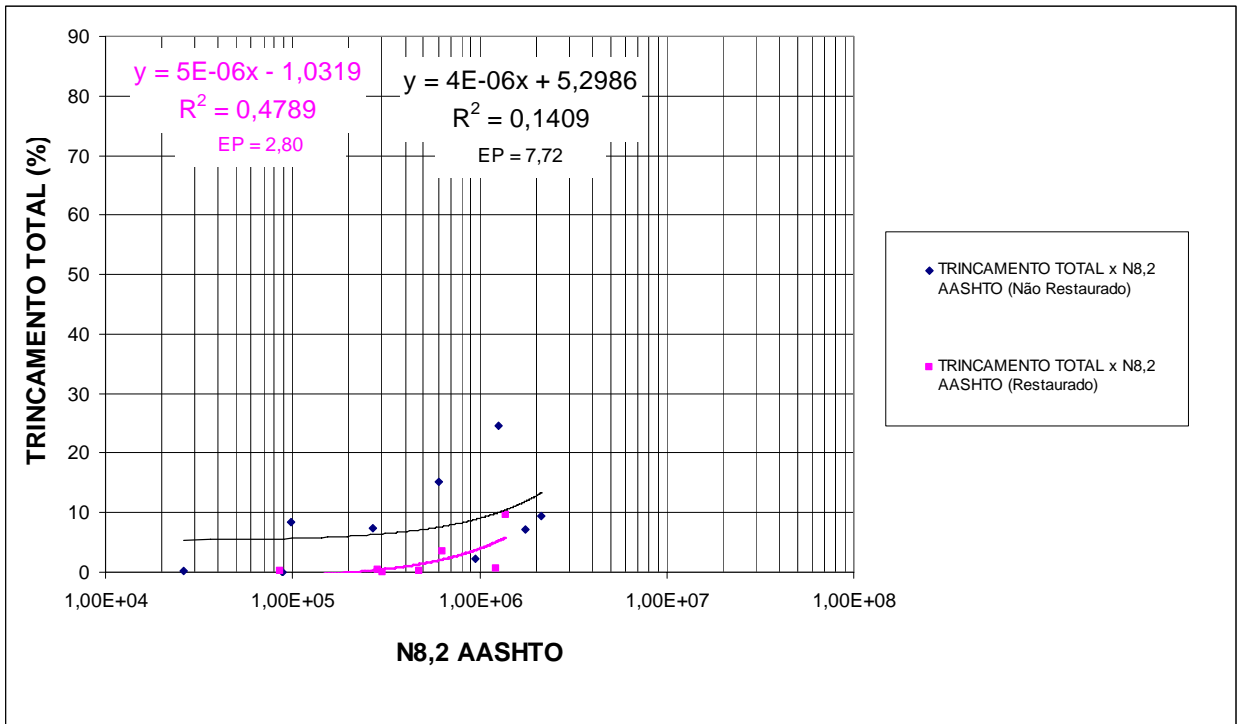
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



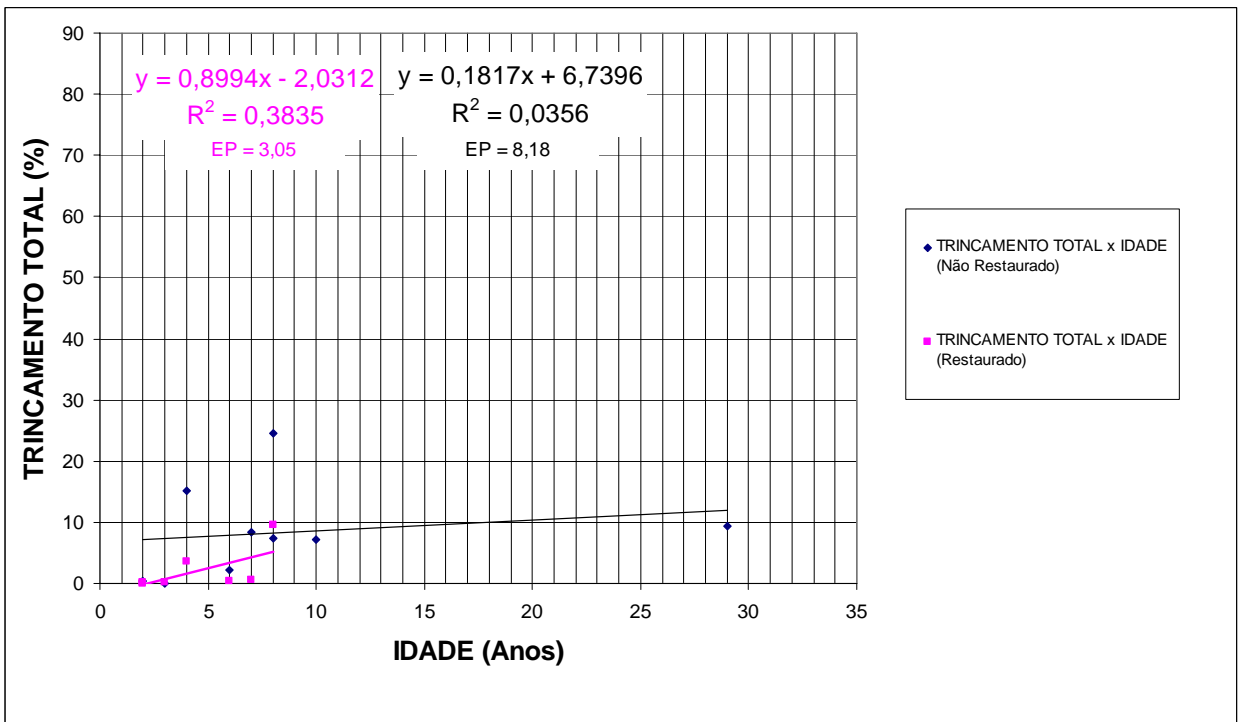
**FIGURA 5.41 - Família 1 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**



**FIGURA 5.42 - Família 1 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**



**FIGURA 5.43** - Família 1 Subfamília 2 N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.44** - Família 1 Subfamília 2 Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

### - Família 2 Subfamília 1

A Tabela 5.13 mostra a relação dos trechos utilizados para a análise do Trincamento Total. As Figuras 5.45 e 5.46 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.45 e 5.46 a seguir, e assim como já descrito na análise do IRI, pode-se afirmar que os pontos excluídos da análise foram basicamente os seguintes:

- observou-se vários dados de Trincamento Total obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração. Estes dados foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração;
- o trecho 7 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta base e sub-base condizentes com o tipo de família, mas o revestimento apresenta material do tipo Pré Misturado a Frio + Capa Selante, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- trechos apresentando erro óbvio entre auscultações também foram observados, onde o valor obtido de Deflexão Máxima Média para o levantamento do ano subsequente foi menor do que o ano anterior; e
- foi observado apenas um ponto considerado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2. Este ponto equivale ao levantamento de 1990 (MARCON, 1996), correspondendo ao trecho 40 – SC 413 – Massaranduba - Ent SC 474, mas somente para a análise com a variável independente “Idade (Anos)”.

As Figuras 5.47 e 5.48 mostram a análise antes e depois da intervenção de melhoria no pavimento. Os dados excluídos da análise após a restauração estão apresentados nas próprias Figuras 5.47 e 5.48, e dizem respeito basicamente a erros óbvios entre auscultações de um mesmo trecho após a restauração. Foram também encontrados pontos considerados espúrios após o cálculo dos resíduos de acordo com a Tabela 5.2 para a análise dos dados após a restauração e para a variável independente “ $N_{8,2t}$  AASHTO”. Estes pontos correspondem aos trechos 33, 50, 52, 57, 61 e 77. Já para a variável independente “Idade (Anos)” foi descartado como valor espúrio somente o trecho 52.

TABELA 5.13 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 1

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do	Idade do	Idade do	Idade do	Idade do	Idade do	Idade do	N <sub>8,2t</sub>	N <sub>8,2t</sub>	N <sub>8,2t</sub>	N <sub>8,2t</sub>	N <sub>8,2t</sub>	N <sub>8,2t</sub>	1990	1995	1997	2001			
							Trecho em 1990	Trecho em 1995	Trecho em 1997	Trecho em 2001	Trecho em 1990	Trecho em 1995	Trecho em 1997	Trecho em 2001	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	Acumulado Desde o Ano de Abertura	TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1990 (%) PRO 126/83	TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
4	SC 282T	9	69	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	2,31E+05	4,92E+05	6,06E+05	8,52E+05	-	-	-	-	0	6,40	23,11	41,85	
5	SC 282T	9	70	0	1986	-	5	10	12	16	-	-	-	1,82E+05	3,88E+05	4,77E+05	6,69E+05	-	-	-	-	0,4	14,85	30,48	40,99	
6	SC 282T	9	75	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	2,91E+05	5,65E+05	6,84E+05	9,40E+05	-	-	-	-	0,9	11,34	33,75	35,02	
7	SC 301	1	210	1	1977	1994	14	19	21	25	-	2	4	8	3,50E+05	5,31E+05	6,15E+05	8,05E+05	-	7,72E+04	1,61E+05	3,51E+05	52,6	0,00	0,04	1,38
16	SC 301	17	270	0	1987	-	4	9	11	15	-	-	-	4,19E+05	1,03E+06	1,31E+06	1,93E+06	-	-	-	-	0,7	7,49	9,33	28,43	
17	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	8,41E+05	1,24E+06	1,43E+06	1,84E+06	-	-	-	-	7,8	23,07	38,15	40,66	
18	SC 401	9	540	1	1975	2001	16	21	23	27	-	-	1	1,13E+06	1,67E+06	1,91E+06	2,47E+06	-	-	-	2,47E+06	4,1	16,55	29,53	7,68	
19	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	2,56E+06	3,77E+06	4,33E+06	5,59E+06	-	-	-	-	4,6	0,69	18,20	-	
20	SC 401	9	540	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	2,12E+06	3,13E+06	3,60E+06	4,65E+06	-	-	-	-	0,1	-	7,35	-	
21	SC 402	9	570	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	5,45E+05	7,96E+05	9,11E+05	1,17E+06	-	-	-	-	2,4	-	6,38	8,94	
22	SC 403	9	580	0	1975	-	16	21	23	27	-	-	-	1,41E+06	2,07E+06	2,38E+06	3,07E+06	-	-	-	-	3,9	23,29	46,11	52,13	
23	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05	-	-	-	-	0	-	-	-	
24	SC 405	9	600	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	2,19E+05	3,61E+05	4,25E+05	5,68E+05	-	-	-	-	0	0,27	0,76	2,57	
25	SC 406	11	630	0	1979	-	12	17	19	23	-	-	-	2,00E+05	3,11E+05	3,61E+05	4,73E+05	-	-	-	-	0	1,33	1,90	8,46	
26	SC 407	9	635	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	2,77E+04	4,37E+04	8,06E+04	-	-	-	-	-	0,02	0,32	0,99	
27	SC 408	16	650	0	1991	-	-	5	7	11	-	-	-	-	2,85E+05	4,19E+05	7,30E+05	-	-	-	-	-	0,19	0,40	1,31	
28	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06	-	-	-	-	0	4,32	-	13,89	
29	SC 408	9	660	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	3,41E+05	6,72E+05	8,17E+05	1,13E+06	-	-	-	-	0	13,56	-	26,85	
30	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	0,8	1,48	3,68	9,86	
31	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	0,1	2,95	8,19	15,12	
32	SC 410	9	670	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	1,34E+05	2,66E+05	3,24E+05	4,51E+05	-	-	-	-	0	7,81	9,29	28,56	
33	SC 411	16	680	1	1977	1994	14	19	21	25	-	2	4	8	1,08E+06	1,68E+06	1,96E+06	2,60E+06	-	2,54E+05	5,34E+05	1,18E+06	56,2	9,13	13,26	9,07
34	SC 411	16	690	0	1991	-	-	5	7	11	-	-	-	-	2,30E+05	3,39E+05	5,89E+05	-	-	-	-	-	0,42	0,46	1,76	
35	SC 411	16	700	0	1994	-	-	2	4	8	-	-	-	-	2,98E+04	6,27E+04	1,39E+05	-	-	-	-	-	0,45	1,21	0,39	
36	SC 411	16	710	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,98E+05	4,37E+05	4,97E+05	6,24E+05	-	-	5,97E+04	1,87E+05	0,30	-	0,39	1,49
37	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,35E+06	3,43E+06	3,90E+06	4,89E+06	-	-	4,66E+05	1,46E+06	6,3	2,89	0,00	2,94
38	SC 411	16	720	1	1978	1996	13	18	20	24	-	-	2	6	2,20E+06	3,22E+06	3,66E+06	4,59E+06	-	-	4,37E+05	1,37E+06	0	3,02	3,94	3,60
39	SC 413	1	740	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,76E+06	5,62E+06	6,42E+06	8,13E+06	-	7,69E+05	1,57E+06	3,28E+06	51,2	-	5,23	9,41
40	SC 413	2	750/751	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,62E+06	5,41E+06	6,18E+06	7,82E+06	-	7,39E+05	1,51E+06	3,15E+06	79,9	-	3,46	15,24
45	SC 416	1	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	15,78	27,33	
47	SC 416	2	790	0	1992	-	-	4	6	10	-	-	-	-	9,48E+05	1,49E+06	2,76E+06	-	-	-	-	-	-	10,00	12,50	
49	SC 416	2	800	1	1985	1995	6	11	13	17	-	1	3	7	2,79E+05	5,88E+05	7,36E+05	1,08E+06	-	6,84E+04	2,16E+05	5,63E+05	0,6	0,52	1,28	1,08
50	SC 416	2	810	1	1985	1995	6	11	13	17	-	1	3	7	2,25E+05	4,76E+05	5,97E+05	8,82E+05	-	5,58E+04	1,77E+05	4,62E+05	0	-	0,45	12,66
51	SC 417	2	820	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	1,98E+05	3,93E+05	4,79E+05	6,68E+05	-	-	-	-	0	-	21,39	24,45	
52	SC 418	2	830	1	1978	1994	13	18	20	24	-	2	4	8	1,32E+06	2,03E+06	2,35E+06	3,07E+06	-	2,98E+05	6,20E+05	1,34E+06	10,2	-	20,89	39,83
54	SC 431	5	1040	1	1982	2003	9	14	16	20	-	-	-	4,40E+05	7,83E+05	9,47E+05	1,33E+06	-	-	-	-	0,6	12,56	15,92	55,83	
55	SC 434	5	1050	1	1985	1996	6	11	13	17	-	-	2	6	1,42E+05	3,00E+05	3,76E+05	5,56E+05	-	-	7,63E+04	2,56E+05	0	0,75	0,03	3,29

**TABELA 5.13 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 1 - Continuação**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1990 (%) PRO 128/83	TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
56	SC 435	5	1060	1	1980	1995	11	16	18	22	-	1	3	7	3,99E+05	6,76E+05	8,11E+05	1,13E+06	-	6,19E+04	1,96E+05	5,14E+05	45,2	0,29	0,65	6,25
57	SC 436	5	1070	1	1974	1995	17	22	24	28	-	1	3	7	1,34E+06	2,02E+06	2,35E+06	3,12E+06	-	1,51E+05	4,78E+05	1,25E+06	20,5	0,00	0,09	25,41
58	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	12	16	-	-	2	6	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05	-	-	6,52E+04	2,20E+05	0	0,41	0,01	1,36
59	SC 437	5	1082	1	1986	1996	5	10	12	16	-	-	2	6	1,02E+05	2,37E+05	3,02E+05	4,56E+05	-	-	6,52E+04	8,15E+04	0	10,27	0,00	0,28
61	SC 438	5	1160	1	1976	1997	13	18	20	24	-	-	1	5	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	1,42E+05	7,86E+05	12,9	46,25	0,00	16,56
62	SC 438	5	1170	1	1978	2001	13	18	20	24	-	-	-	1	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	-	2,50E+06	4,9	60,27	-	1,78
63	SC 438	5	1170	1	1978	2002	13	18	20	24	-	-	-	-	9,94E+05	1,58E+06	1,86E+06	2,50E+06	-	-	-	-	4,9	-	7,61	20,62
64	SC 438	5	1180	1	1972	1999	19	24	26	30	-	-	-	3	1,88E+06	2,74E+06	3,15E+06	4,09E+06	-	-	-	7,28E+05	27,5	17,94	32,64	0,00
67	SC 441	5	1210	0	1985	-	6	11	13	17	-	-	-	-	2,57E+05	5,38E+05	6,71E+05	9,81E+05	-	-	-	-	0	0,35	0,48	1,05
72	SC 446	20	1320	0	1981	-	10	15	17	21	-	-	-	-	8,03E+05	1,37E+06	1,63E+06	2,24E+06	-	-	-	-	5,1	31,57	44,31	67,65
76	SC 474	2	1920	1	1979	1994	12	17	19	23	-	2	4	8	3,80E+06	5,69E+06	6,50E+06	8,24E+06	-	7,80E+05	1,59E+06	3,33E+06	48,2	-	2,49	5,18
77	SC 477T	2	1960	1	1985	1996	6	11	13	17	-	-	2	6	3,14E+05	6,22E+05	7,58E+05	1,06E+06	-	-	1,37E+05	4,36E+05	1,1	22,55	-	19,11
79	SC 486T	16	2060	1	1974	1994	17	22	24	28	-	2	4	8	2,83E+06	4,19E+06	4,83E+06	6,29E+06	-	5,81E+05	1,22E+06	2,68E+06	58,4	-	2,15	7,04
80	SC 486T	16	2070	0	1995	-	-	1	3	7	-	-	-	-	-	1,18E+05	3,71E+05	9,55E+05	-	-	-	-	-	-	0,03	0,53
81	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	-	-	1,67
82	SC 495	1	2200	0	1998	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	9,95E+04	-	-	-	-	-	-	-	37,31

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

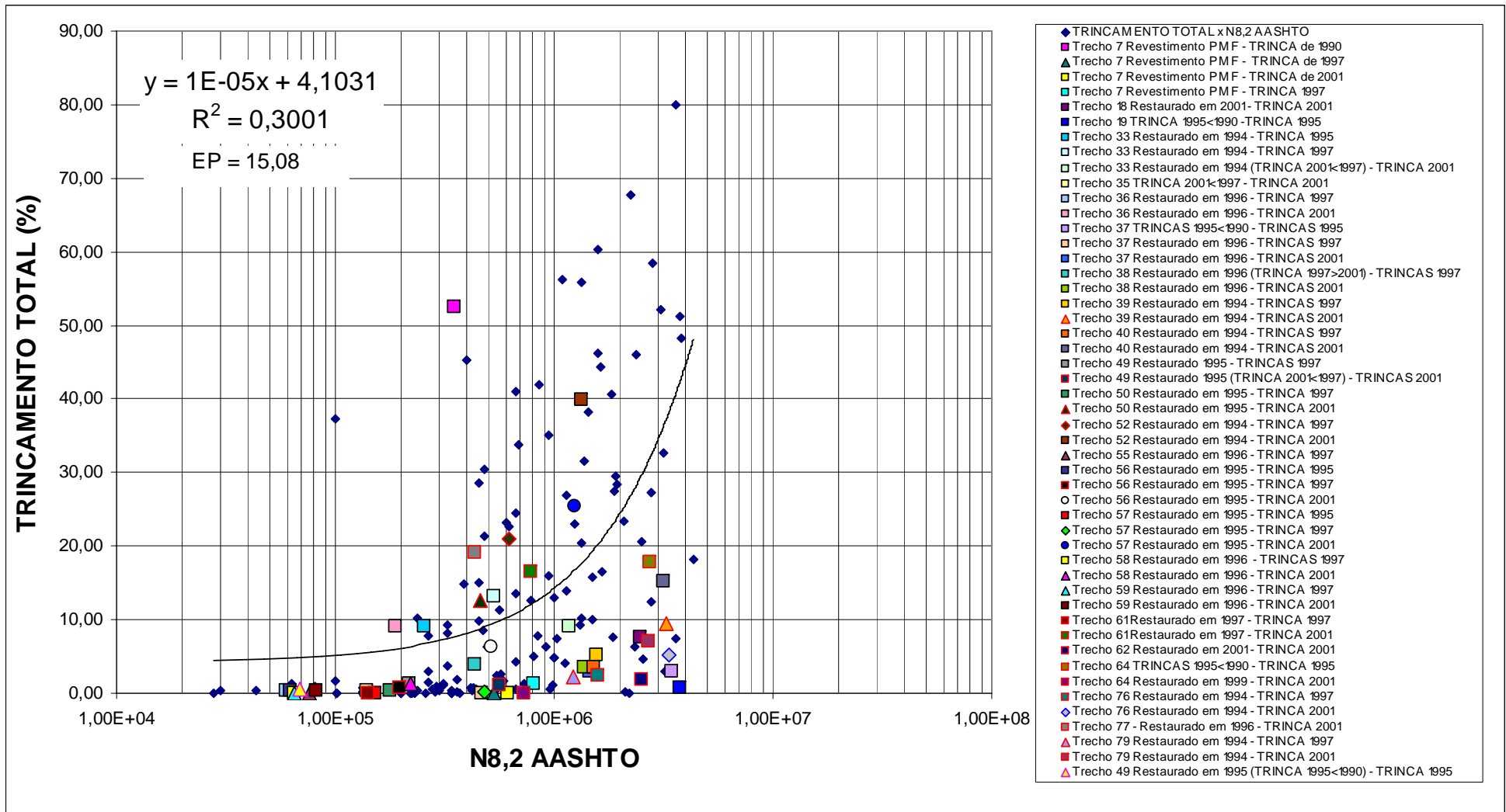
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

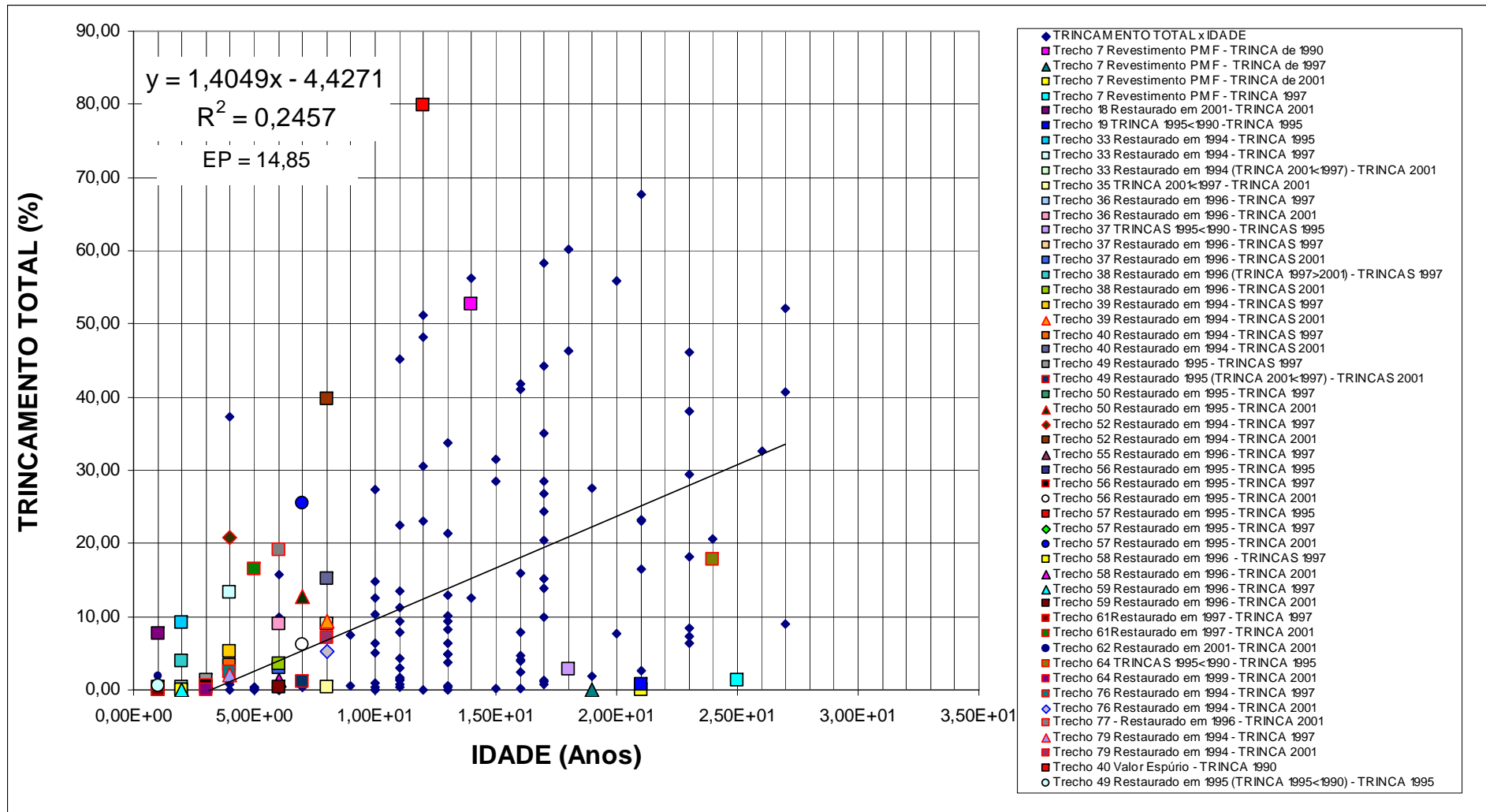
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)

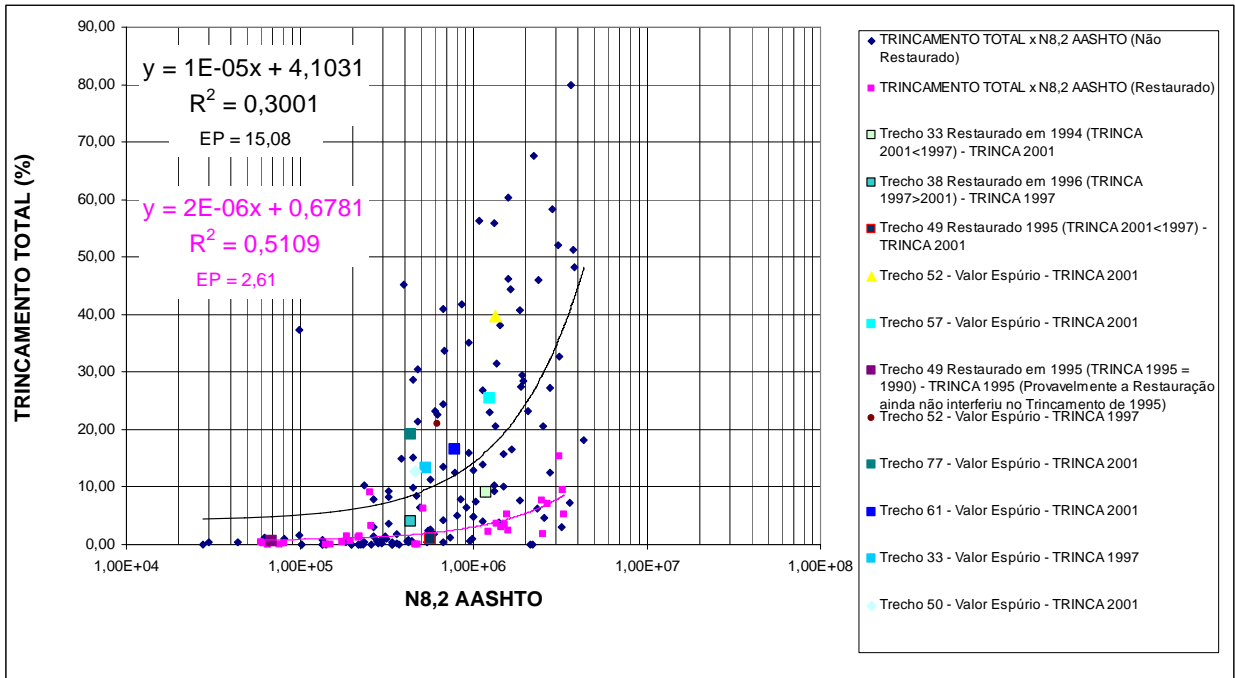


**FIGURA 5.45 - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**

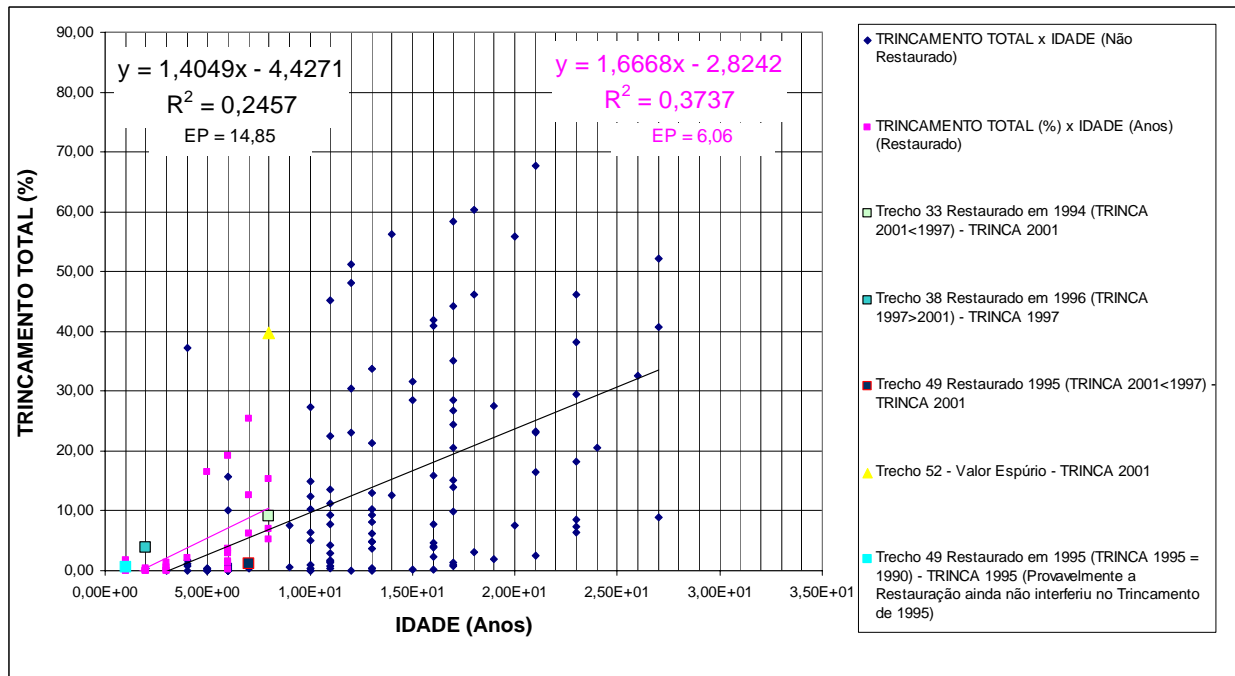


**FIGURA 5.46 - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**





**FIGURA 5.47** - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.48** - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

## - Família 2 Subfamília 2

A Tabela 5.14 mostra a relação dos trechos utilizados para a análise do Trincamento Total. As Figuras 5.49 e 5.50 mostram as retas preliminares  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) para os trechos até o momento da primeira restauração.

De acordo com as Figuras 5.49 e 5.50, os pontos excluídos da análise anterior à restauração foram basicamente os seguintes:

- os valores de Trincamento Total dos trechos 73, 74 e 75, obtidos depois dos trechos terem sofrido restauração, foram excluídos e utilizados na análise das linhas de tendência preliminares após a restauração;
- o trecho 60 não se enquadra adequadamente dentro da Subfamília, ou seja, apresenta sub-base condizentes com o tipo de família, mas a base apresenta material do tipo Solo+Brita, ou seja, não compatível àquele proposto para esta subfamília;
- O trecho 15 apresentou erro óbvio entre auscultações sendo excluídos os valores de Trincamento Total da auscultação de 2001; e
- não foi observado nenhum dado espúrio de acordo com o cálculo dos resíduos e com a Tabela 5.2.

Observa-se ainda nas Figuras 5.49 e 5.50, que para a variável independente “ $N_{8,2t}$  AASHTO”, verifica-se tendência decrescente ao longo do tempo. Já para a variável independente “Idade (Anos)”, verifica-se uma tendência normal de evolução do defeito.

A questão do comportamento decrescente do Trincamento Total será tratada nos itens subseqüentes. Ressalta-se também que não houve dados espúrios para a análise depois da reestauração, de acordo com a Tabela 5.2.

As Figuras 5.51 e 5.52 mostram a análise depois da intervenção de melhoria no pavimento.

**TABELA 5.14 - Relação dos Trechos Utilizados Para a Análise Preliminar do Trincamento Total – Família 2 Subfamília 2**

Nº de Ordem	Rodovia	Nº Distrito	Nº Trecho	Restauração	Ano de Abertura	Ano da Restauração	Idade do Trecho em 1990 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1995 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1997 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 2001 Acumulado Desde a Abertura ao Tráfego	Idade do Trecho em 1990 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1995 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 1997 Depois da Restauração	Idade do Trecho em 2001 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Acumulado Desde o Ano de Abertura	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1990 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1995 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 1997 Depois da Restauração	N <sub>8,2t</sub> AASHTO 2001 Depois da Restauração	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1990 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
15	SC 301	17	260	1	1964	2004	27	32	34	38	-	-	-	-	2,08E+06	2,74E+06	3,04E+06	3,71E+06	-	-	-	-	19,4	71,32	74,51	32,79
60	SC 438	20	1150	1	1981	1998	10	15	17	21	-	-	-	4	7,40E+05	1,26E+06	1,50E+06	2,06E+06	-	-	-	5,60E+05	23,8	46,47	51,73	0,23
73	SC 470	2	1810	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	3,07E+06	6,03E+06	39,4	-	2,94	6,52
74	SC 470	2	1820	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	7,42E+06	1,03E+07	1,16E+07	1,45E+07	-	1,77E+06	3,07E+06	6,03E+06	50,5	-	30,93	32,84
75	SC 470	2	1830	1	1969	1993	22	27	29	33	-	3	5	9	5,35E+06	7,40E+06	8,35E+06	1,05E+07	-	1,28E+06	2,23E+06	4,37E+06	26,4	-	10,01	11,91

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações – item 5.2.2.2

**LEGENDA:**

Nº de Ordem – Ordenação do trecho escolhida para a pesquisa

Rodovia – rodovia SC de acordo com o referenciamento anterior ao Decreto nº 4.084/06 que aprova o novo Plano Rodoviário Estadual (PRE)

Nº Distrito – de acordo com a Estrutura Organizacional Básica do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Santa Catarina (antigo DER/SC)

Nº Trecho – Numeração segundo o SGP (DEINFRA/SC)

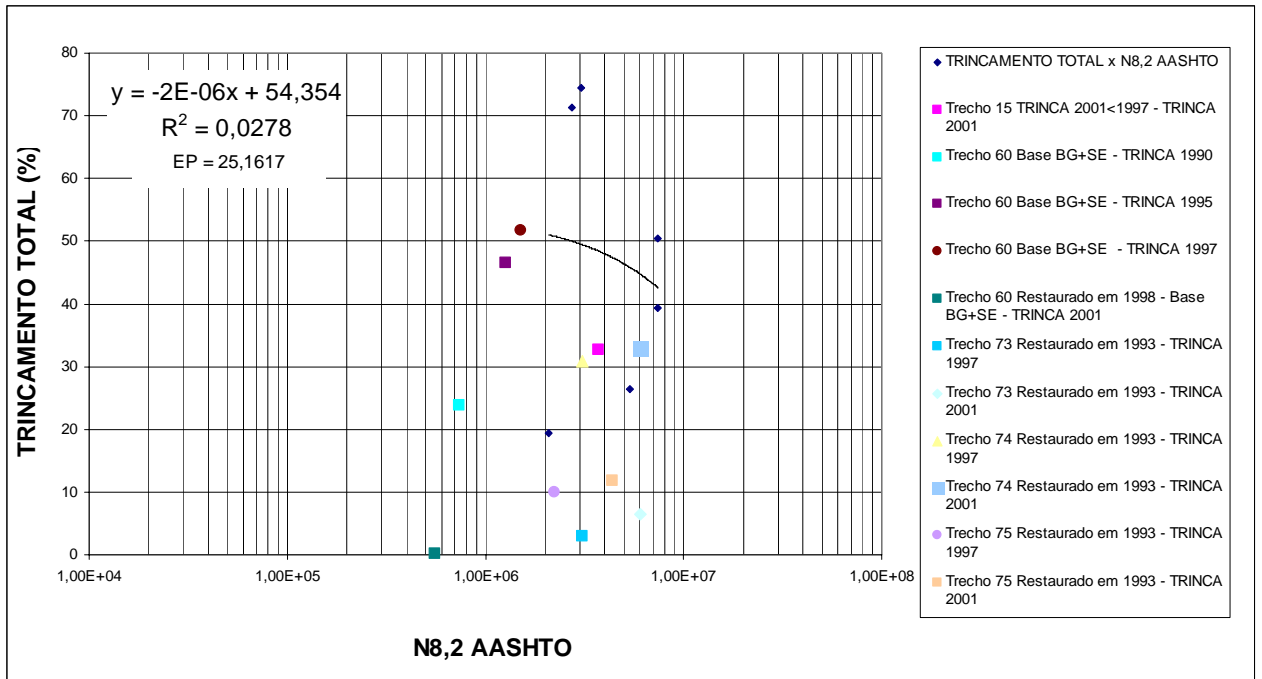
Restauração – Não Restaurado = 0 ; Restaurado = 1

Idade do Trecho Acumulado Desde o Ano de Abertura – número de anos desde a inauguração

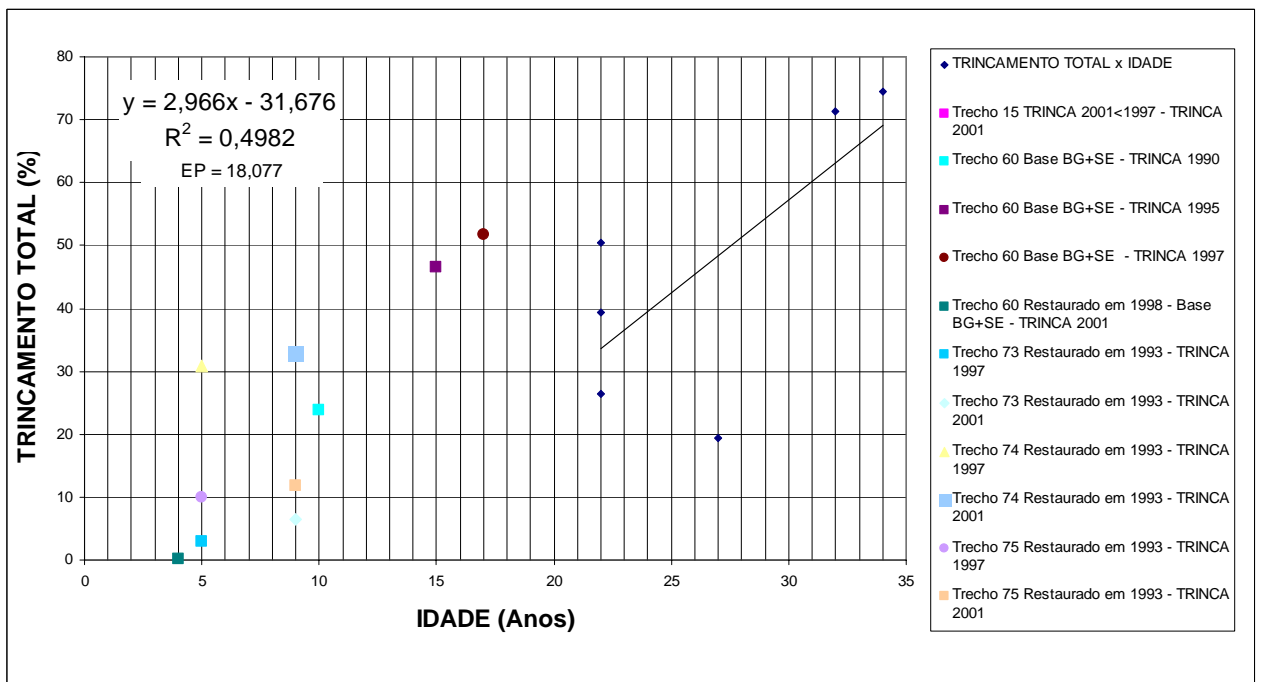
Idade do Trecho Depois da Restauração – número de anos desde a última restauração

N<sub>8,2t</sub> AASHTO Acumulado Desde o Ano de Abertura – número N<sub>8,2t</sub> desde a abertura ao tráfego (Método da AASHTO)

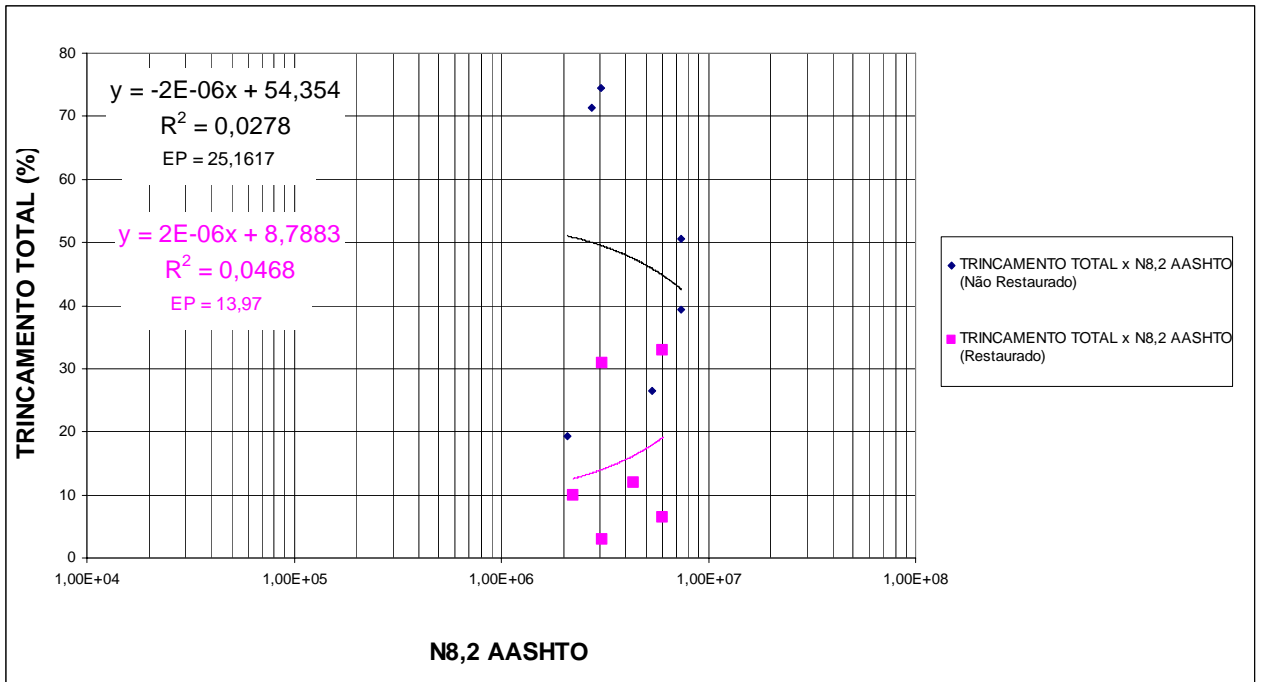
N<sub>8,2t</sub> AASHTO Depois da Restauração – número N<sub>8,2t</sub> desde a restauração (Método da AASHTO)



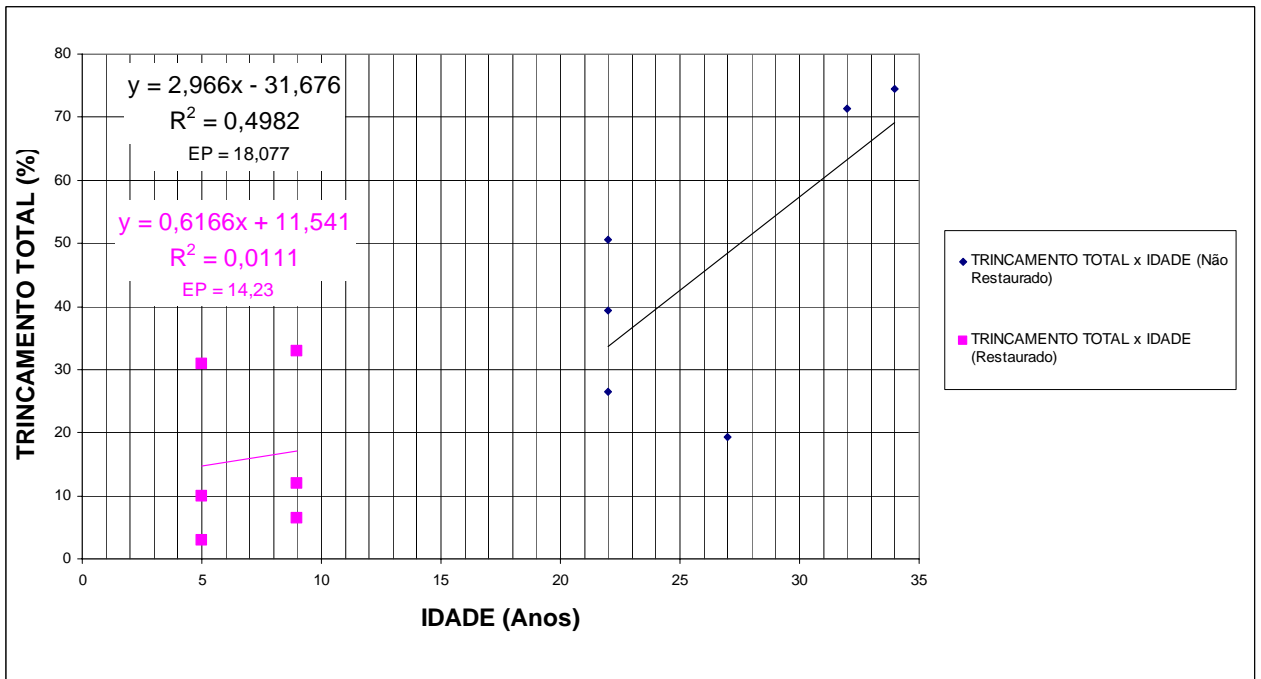
**FIGURA 5.49** - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.50** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.51 - Família 2 Subfamília 2 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração**



**FIGURA 5.52 - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração**

#### 5.2.2.4 Análise dos “Nós”

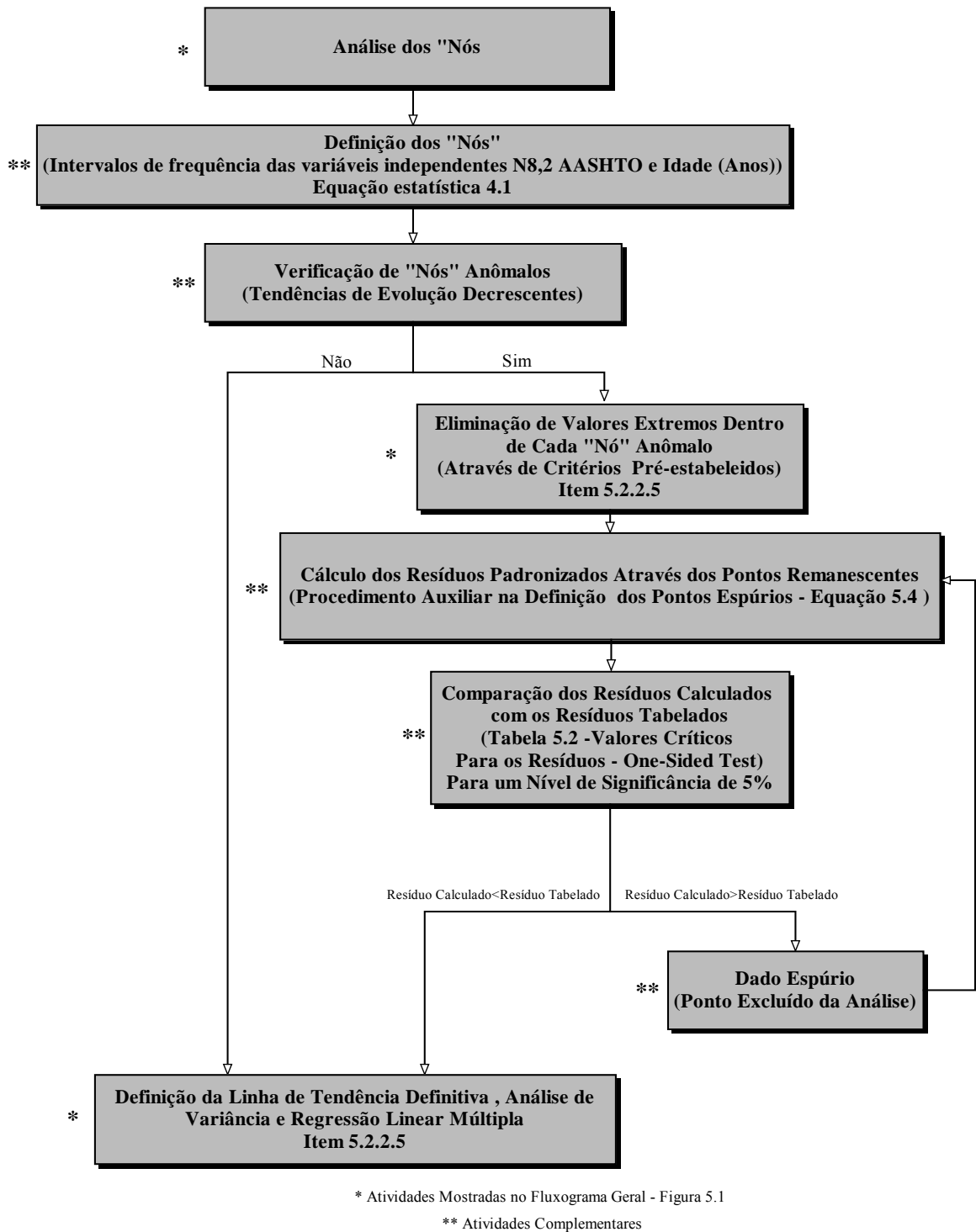
SHAHIN et al. (1987), na metodologia desenvolvida para incorporação no programa PAVER, afirmam que para focar os problemas resultantes do uso do procedimento de plotagem da curva polinomial para o PCI – Pavement Condition Index, uma função de alinhamento “B-spline” foi escolhida para aproximar as variáveis PCI e Idade. SHAHIN et al. (1987) afirmam ainda que funções de Alinhamento “Spline” podem ser mais bem explicadas como alinhamentos mecânicos, os quais são analogicamente comparadas à tiras flexíveis de material elástico. O alinhamento mecânico é assegurado pelas médias dos pesos nos pontos selecionados, chamados de “Nós”, através dos quais o pesquisador espera que o alinhamento passe sem que a curva apresente inclinações positivas, o que não seria desejável em se falando do parâmetro PCI.

Baseado na experiência de SHAHIN et al. (1987), e observando a forma decrescente de algumas linhas de tendência preliminares apresentadas no item 5.2.2.3, o objetivo do processo descrito a seguir é exatamente localizar grupos de pontos ou intervalos de frequência (“Nós”) que contribuem ou poderiam contribuir para a tendência decrescente das linhas de tendência preliminares, retirando-os da análise. Esta análise foi implementada para os parâmetros Deflexão Máxima Média, IRI e Trincamento Total dentro de cada subfamília analisada.

Os procedimentos auxiliares para a Análise dos “Nós” podem ser resumidos nos seguintes tópicos:

- a) Definição dos “Nós”; e
- b) Verificação de “Nós” Anômalos – Tendências de Evolução Decrescentes.

A Figura 5.53 a seguir mostra o fluxograma dos procedimentos para a obtenção das Linhas de Tendência Definitivas, que nada mais são do que um complemento do fluxograma geral mostrado na Figura 5.1. Todos os procedimentos apresentados no fluxograma estão detalhados na sequência do trabalho. Alguns itens apresentados no fluxograma estarão descritos de forma conjunta no item 5.2.2.5, correspondendo ao último procedimento mostrado na Figura 5.1, ou seja, a “Eliminação de Valores Extremos Dentro de Cada “Nó” Anômalo, Definição da Linha de Tendência Definitiva, Análise de Variância e Regressão Linear Múltipla”.



**FIGURA 5.53** - Fluxograma Ilustrativo dos Procedimentos Finais Para a Obtenção das Linhas de Tendência Definitivas

Para a definição dos “Nós”, SHAHIN et al. (1987) afirmam que escolhas cuidadosas do número e das posições dos nós interiores podem ser frequentemente estimadas pelo exame da forma da curva desejada. Falhas nesta seleção podem resultar em funções que não exprimem a evolução natural do parâmetro analisado (SHAHIN et al., 1987).

Ainda para SHAHIN et al. (1987), na definição dos “Nós”, calcula-se a média dos dados de idade para as diversas famílias de pavimentos. Este procedimento, todavia, produziu nas análises, em certas ocasiões, uma tendência ocasional positiva na função, o que seria indesejável, pois os dados de PCI devem incondicionalmente cair ao longo do tempo. Sendo assim, os dados de idade foram divididos como sendo intervalos de frequência com amplitude de 3 a 5 anos. Esse procedimento fez com que as curvas ficassem mais suaves e que resultassem também na redução das inclinações positivas, embora pudessem ainda resultar em funções que não são estritamente decrescentes.

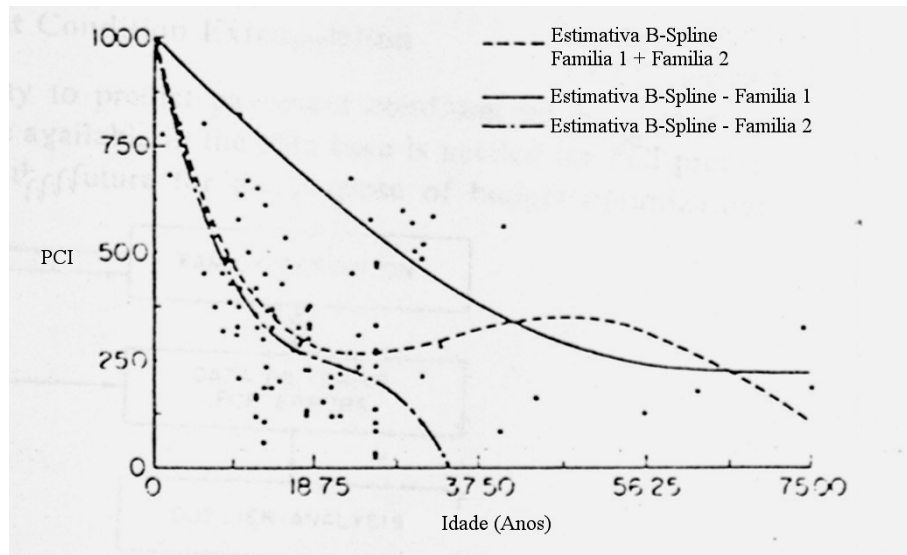
Para esta pesquisa, e baseado na análise dos “Nós” proposta por SHAHIN et al. (1987), propôs-se uma adaptação na metodologia para que se pudesse visualizar cada “Nó” de forma separada e, com a definição efetiva destes, analisar através de gráficos apropriados juntamente com as retas preliminares (item 5.2.2.3), a exclusão de pontos anômalos que determinam inclinações negativas ao modelo.

A definição dos “Nós”, que nada mais são do que intervalos de frequência das variáveis independentes “Idade (Anos)” e “ $N_{8,2t}$  AASHTO”, foi feita através da equação estatística empírica 4.1 apresentada Capítulo 4.

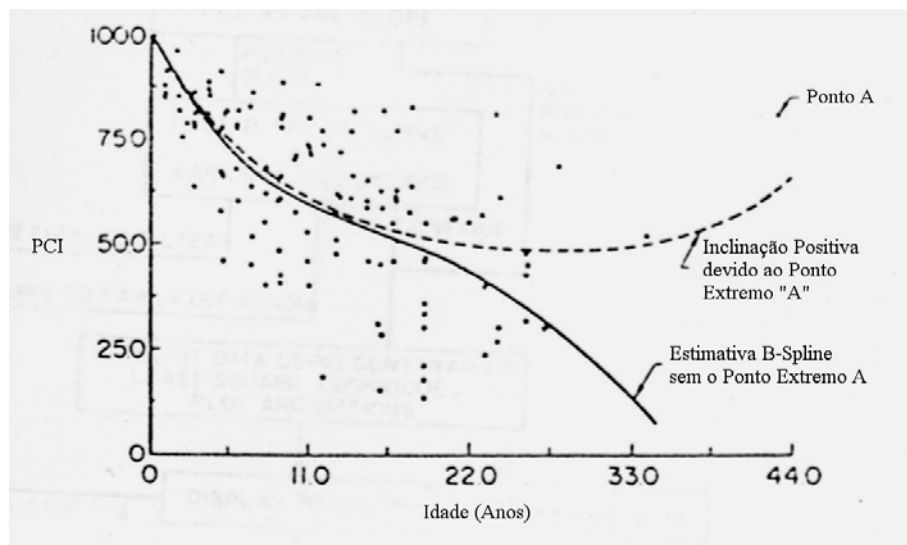
Para a verificação dos “Nós” Anômalos, SHAHIN et al. (1987), na definição das curvas PCI x Idade, verificou ainda que existiam muitos casos onde a função de alinhamento B-Spline podia assumir inclinações positivas. Um deles seria a presença de mais de uma família nos dados recuperados da base de dados, como ilustrado na Figura 5.54 a seguir. Outra possibilidade para um aumento na tendência de inclinação positiva na função B-Spline é o caso no qual o trecho se apresenta com um elevado e inesperado dado de PCI em uma determinada idade. A função polinomial B-Spline seguirá a tendência dos dados indiferentemente do erro, como mostra a Figura 5.55. Nota-se que quando os pontos extremos são removidos, a função B-Spline já não exhibe mais uma inclinação positiva.



Finalmente, uma escolha pobre do número e posição dos “Nós” pode resultar em funções que não são estritamente decrescentes.



**FIGURA 5.54** - Estimativa B-Spline – Presença de mais de uma família (Adaptado de SHAHIN et al., 1987)



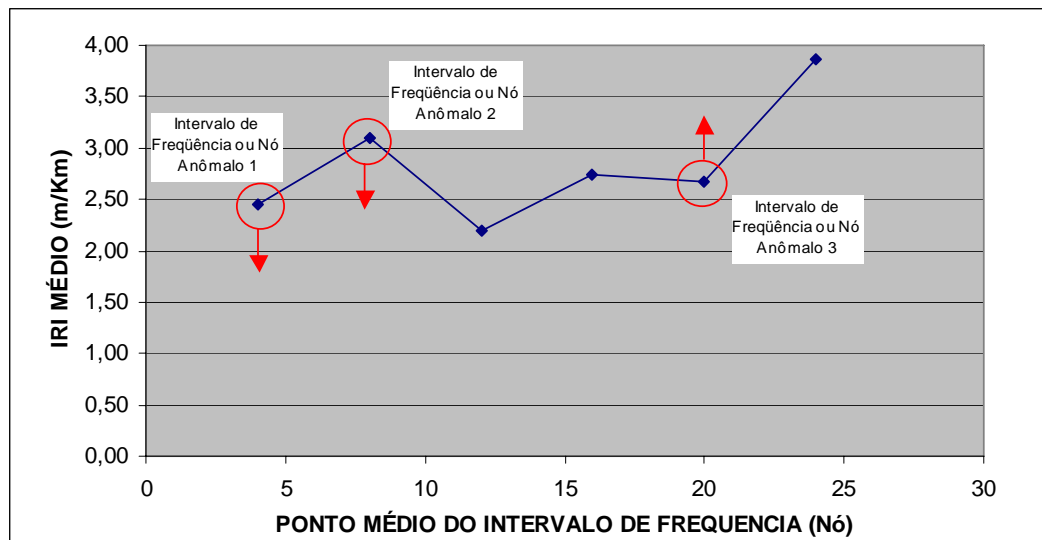
**FIGURA 5.55** - Estimativa B-Spline – Presença de ponto extremo (Adaptado de SHAHIN et al., 1987)

Outra técnica para estimativa de modelos de desempenho para PCI também foi abordada e utilizada com maior eficiência do que a aproximação B-Spline. Esta técnica também é descrita por SHAHIN et al. (1987) como Mínimos-Quadrados Obrigatórios, onde as curvas de PCI x Idade são matematicamente forçadas pelo requisito de que a primeira derivada da curva em qualquer idade é mantida negativa ou constante. Isso assegura que os valores de PCI não aumentem com a idade.

Devido a certa complexidade na seleção dos “Nós” interiores e principalmente a possibilidade da ocorrência de uma tendência positiva na função ainda que feita a devida retirada dos pontos anômalos, a técnica B-Spline não foi julgada conveniente (SHAHIN et al., 1987). Embora o referido autor não tenha se utilizado desta técnica como último recurso na obtenção de suas linhas de tendência para a evolução do PCI, os princípios desta técnica serão utilizados nesta pesquisa devido à incerteza da forma das curvas que melhor se ajustariam aos pontos no final da análise. Entretanto, ainda segundo o autor, a técnica B-Spline pode e deve ser utilizada de forma efetiva na análise de dados e na advertência do usuário dos potenciais problemas, ajudando-o na sua identificação e resolução.

#### **5.2.2.5 Eliminação de Valores Extremos Dentro de Cada “Nó” Anômalo, Definição da Linha de Tendência Definitiva, Análise de Variância e Regressão Linear Múltipla**

A exclusão dos valores extremos dentro de cada intervalo de frequência ou “Nó” anômalo, de acordo com o exposto nos itens anteriores, seguiu algumas regras que se basearam na premissa de que cada “Nó” Anômalo (média dos valores do parâmetro dentro de cada intervalo de frequência) deve ser menor ou igual ao “Nó” subsequente, ou em alguns casos, dependendo da configuração dos pontos, maior ou igual ao “Nó” anterior, tanto para a Deflexão quanto para o IRI e o Trincamento Total. A Figura 5.56 exemplifica esquematicamente alguns “Nós” Anômalos e a sua suposta movimentação, baseado, entre outros motivos, na exclusão de valores extremos dentro de cada “Nó”, objetivando atingir uma coerência para a evolução do parâmetro analisado.



**FIGURA 5.56** - Intervalos de frequência ou “Nós” Anômalos e Supostas Movimentações a Partir da Exclusão de Valores Extremos

Na verdade, a utilização do gráfico ilustrado na Figura 5.56 serve como um instrumento auxiliar na verificação dos intervalos de frequência de IDADE ou  $N_{8,2t}$  AASHTO que deturpam a obtenção da linha de tendência definitiva.

Para efetivar a análise, foram levadas em consideração algumas regras seqüenciais básicas para a identificação e correção dos “Nós” Anômalos. Estas regras foram padronizadas para esta análise e se basearam na experiência do tratamento, na observação dos dados preliminares apresentados ao longo do item 5.2.2.3, e das considerações expostas anteriormente:

- 1) verificar preliminarmente, de acordo com as variáveis independentes (Idade ou  $N_{8,2t}$  AASHTO), o número de intervalos de frequência ou “Nós” de acordo com a equação 4.1 e construção dos gráficos auxiliares (Figura 5.56);
- 2) verificar, tanto nos gráficos auxiliares quanto nos gráficos gerais preliminares (item 5.2.2.3), a tendência da evolução do parâmetro analisado, identificando eventuais anomalias ou conjunto de pontos que possam vir a deturpar a análise;
- 3) efetuar a retirada de pontos extremos dentro do intervalo de frequência Anômalo (“Nó” Anômalo), ou seja, valores máximos ou mínimos, dependendo da necessidade de translação, dando prioridade para “Nós” Anômalos que possuam uma menor frequência de dados e/ou aqueles que realmente apresentem incoerência; e

- 4) manter a coerência na retirada dos valores para ambas as variáveis independentes que geram os “Nós”, Idade e  $N_{8,2t}$  AASHTO.

Ainda, após a análise dos “Nós”, efetuou-se uma nova verificação de dados espúrios de acordo com a equação 5.4 e a Tabela 5.2.

Na seqüência, definiu-se as Linhas de Tendência Definitivas. Para a definição destas linhas, foram testados cinco tipos de modelos estatísticos:

- a) linear

$$y = b + mx \quad (5.5)$$

- b) logarítmica

$$y = b + m \ln x \quad \text{para } x > 0 \quad (5.6)$$

- d) exponencial

$$y = b \times e^{mx} \quad \text{para } y > 0 \quad (5.7)$$

- e) potencial

$$y = b \times x^m \quad \text{para } x > 0 \text{ e } y > 0 \quad (5.8)$$

onde:

$\ln$  = logaritmo natural;

$y$  e  $x$  = variáveis correlacionadas; e

$e$  = 2,71828

Para cada par de variáveis foi indicada a equação que apresentava o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Também foi determinado o Erro Padrão da Estimativa de acordo com a equação 5.3.

As análises e comparações efetuadas com cada variável selecionada são apresentadas nos itens seguintes além das análises de regressão linear múltipla envolvendo regressores (variáveis independentes) descritas na seqüência. A Tabela 5.15 apresenta um dos tipos de saída para a maioria dos programas utilizados em análises de regressão. Esta tabela nada mais é do que a *Análise de Variância* utilizada para testar a significância da regressão como um todo. Ressalta-se também que é de suma importância a interpretação

destas saídas, a fim de viabilizar uma correta interpretação destes valores. As variáveis mais importantes estão descritas a seguir.

**TABELA 5.15** - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	818,6418	204,6604	291,7256	0,043879735
Resíduo	1	0,701551	0,701551		
Total	5	819,3433			

onde:

*g/* (Regressão) : graus de liberdade da regressão (número de regressores ou variáveis independentes);

*g/* (Resíduo) : graus de liberdade dos resíduos (diferença entre o número de observações da variável dependente e o número de coeficientes dos regressores ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, (\beta_k)$ ));

*g/* (Total) : graus de liberdade total (número de observações da variável dependente  $-1$ );

*SQ* : respectivamente a Soma Quadrática da regressão, dos resíduos ou erro e total;

*MQ* : respectivamente a Média Quadrática da regressão e dos resíduos ou erro;

*F* : valor indicativo da confiabilidade da regressão; e

*F de significação* : significância da regressão ou a probabilidade de insucesso da regressão.

Ainda se pode definir a confiabilidade da regressão, que pode ser dada pela equação:

$$\text{Confiabilidade} = F \text{ de significação} - 1 \quad (5.9)$$

A análise de variância baseia-se na seguinte hipótese:

$$F > F_{\alpha, k, n-p} \quad (5.10)$$

onde:

$F_{\alpha, k, n-p}$  : valor limite tabelado que depende de  $\alpha$ ,  $k$  e  $n-p$ ;

$\alpha$  : nível de significância requerido ou probabilidade de insucesso da regressão;

k : g/ (Regressão); e

n-p : g/ (Resíduo)

Se a hipótese proposta na equação 5.10 se concretizar, conclui-se que há relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre ambos. A *Análise de Variância* será efetuada também para as regressões simples obtidas através da linearização das equações 5.5 a 5.8

A Tabela 5.16 mostra, além do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o Erro Padrão da Estimativa, os coeficientes dos regressores.

**TABELA 5.16** - Estatísticas da Regressão e Coeficientes dos Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99957179
R-Quadrado	0,999143764
R-quadrado ajustado	0,995718821
Erro padrão	0,837586488
Observações	6
<i>Coeficientes</i>	
Interseção	334,952245
Variável X 1	2,33183E-05
Variável X 2	8,280911339
Variável X 3	-14,67707268
Variável X 4	-0,064185136

onde:

R-Quadrado = coeficiente de determinação ( $R^2$ );

Erro padrão = erro padrão da estimativa;

Observações = número de observações da variável dependente; e

Coeficientes = coeficientes dos regressores.

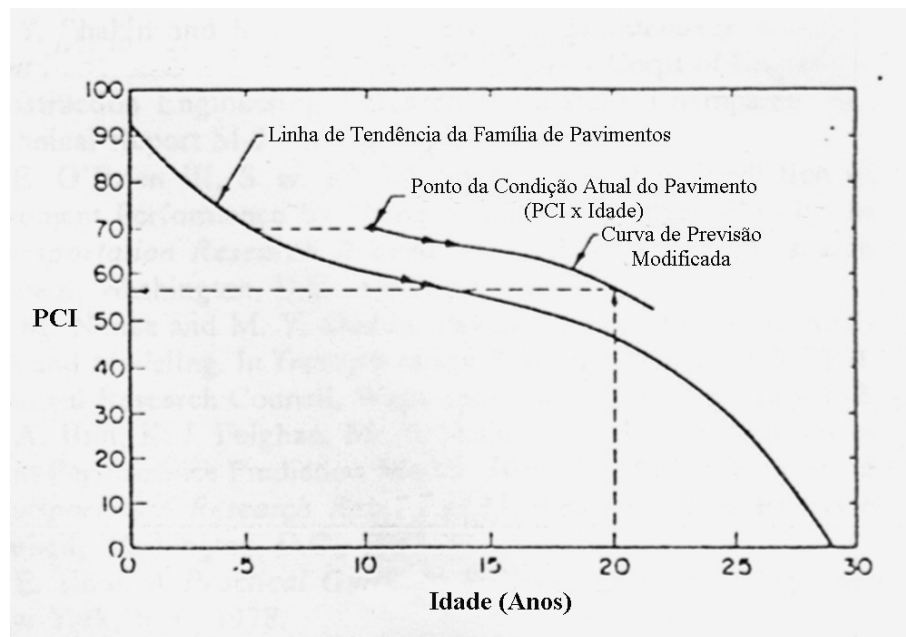
Segundo MONTGOMERY e RUNGER (2003), ressalta-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) denota uma medida da quantidade de redução na variabilidade da variável dependente “y”, obtida pelo uso dos regressores  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , ou seja, representa percentualmente até que ponto a variabilidade de uma regressão pode ser explicada. Como no caso da regressão linear simples, temos de ter  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Entretanto, um valor grande de  $R^2$  não implica necessariamente que o modelo de regressão seja bom. A adição de uma variável ao modelo sempre aumentará  $R^2$ , independente da variável adicional ser ou não estatisticamente significativa. Assim, modelos que tenham valores grandes de  $R^2$  podem resultar em previsões pobres de novas observações ou estimativas da resposta

média. Mesmo assim, o coeficiente de determinação é o parâmetro mais palpável quando se fala na qualidade da correlação, não somente para esta pesquisa como para outros trabalhos já apresentados.

As considerações feitas no parágrafo anterior valem não somente para a regressão linear múltipla, mas sim, para as linhas de tendência definitivas obtidas através das equações 5.5 a 5.8.

Por outro lado, segundo SHAHIN et al. (1987), pode-se utilizar do modelo de previsão de defeitos obtidas através da divisão famílias dos pavimentos para prever o desempenho futuro deste, pois principalmente o tráfego, o tipo de pavimento e o uso do pavimento são similares. SHAHIN et al. (1987) também não descarta que, como já ponderado anteriormente, utilizando a própria curva da família, provavelmente também se obterá uma estimativa razoável do comportamento de um único trecho em particular dentro desta mesma família.

Nesta linha de raciocínio, após a obtenção das Linhas de Tendência Definitivas para as famílias de pavimentos, a previsão de desempenho para um determinado trecho em particular, dentro de uma determinada malha, pode ser obtida através do uso da sua posição relativa à linha de tendência definitiva da família, diminuindo de certa forma o erro da estimativa no caso da utilização dos modelos obtidos em nível de projeto. Sendo assim, é assumido que a deterioração de todos os pavimentos em uma família é similar e é função de sua condição presente, indiferentemente da idade. Para isto, uma curva é desenhada paralelamente à curva de previsão da família para o trecho de pavimento que está sendo investigado como mostrado na Figura 5.57 (SHAHIN et al., 1987).



**FIGURA 5.57** - Extrapolação da condição para um trecho de pavimento em particular ou conjunto de trechos de um mesmo segmento homogêneo (Adaptado de SHAHIN et al., 1987).

Nota-se também que esta mesma tese pode ser utilizada não só para um único trecho de pavimento, mas sim para um conjunto de trechos que se enquadrem em um segmento homogêneo de comportamento atual dentro de uma mesma família, tanto para a magnitude do defeito quanto para o nível de tráfego ou idade.

Para efetuar a análise de regressão múltipla proposta anteriormente, utilizou-se as seguintes configurações de regressores:

- $N_{8,2}$  AASHTO e Idade (anos);
- $N_{8,2}$  AASHTO e VMD (volume médio diário de tráfego);
- $N_{8,2}$  AASHTO e Hrevest (espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – pavimentos antes da restauração); e
- $N_{8,2}$  AASHTO e Hreforço (espessura do reforço em termos de CAUQ (cm) – pavimentos após a restauração).

Ainda foi testada outra configuração, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente, ou seja:

- $N_{8,2}$  AASHTO, Idade, Hrevest ou Hreforço e VMD.

Ressalta-se novamente que tanto a Idade como o  $N_{8,2}$  AASHTO e o VMD foram utilizados desde o ano de abertura ao tráfego para a análise dos pavimentos antes da



restauração (ano de implantação do trecho). Já para a análise dos pavimentos depois da restauração, a IDADE bem como o  $N_{8,2}$  AASHTO foram acumulados a partir do ano de restauração. As espessuras de revestimento ( $H_{\text{revest}}$  – antes da restauração) e de reforço ( $H_{\text{reforço}}$  - depois da restauração) foram convertidos em espessura equivalente de CAUQ (cm) através dos coeficientes de equivalência estrutural (DNER, 1979b). A justificativa se baseia no fato de que os pavimentos da região 1 são compostos em alguns casos de camadas integradas de CAUQ+PMQ, ou ainda em outros materiais como PMQ ou PMF.

A análise proposta no item 5.2.2.4 e no presente item, tanto para a Deflexão Máxima Média Viga Benkelman quanto para o International Roughness Index – IRI e o Trincamento Total foram efetuadas utilizando as figuras (gráficos) apresentados no item 5.2.2.3, ou seja, as mesmas utilizadas para análise das Linhas de Tendência Preliminares elaborados através do conceito de agrupamento dos trechos em famílias. Serão apresentados subseqüentemente os gráficos auxiliares utilizados para a análise dos “Nós” antes e depois da restauração, bem como tabelas contendo os dados utilizados, sendo as variáveis independentes os pontos médios dos intervalos de frequência “Idade (Anos)” e o “ $N_{8,2t}$  AASHTO”. As Tabelas e Figuras resultantes da análise dos “Nós” serão apresentados somente para a primeira subfamília de pavimentos, sendo que para as demais subfamílias serão apresentados somente os resultados finais para as Linhas de Tendência Definitivas obtidas após esta análise.

Serão também apresentados nos gráficos resultantes da análise dos “Nós” com as respectivas Linhas de Tendência Definitivas, a relação dos pontos excluídos na análise dos “Nós” e eventualmente os pontos excluídos na análise final de dados espúrios.

As tabelas geradas através da análise estatística de regressão linear múltipla também serão apresentados somente para a primeira subfamília. Para as demais famílias serão apresentados somente os resultados obtidos.

Serão também apresentados nos próprios gráficos o Coeficiente de Correlação ( $R^2$ ), Erro Padrão da Estimativa (EP) e Número de Observações (n). A análise, para cada família de pavimentos, está descrita a seguir:

- Deflexões Máximas Médias

### - Família 1 Subfamília 1

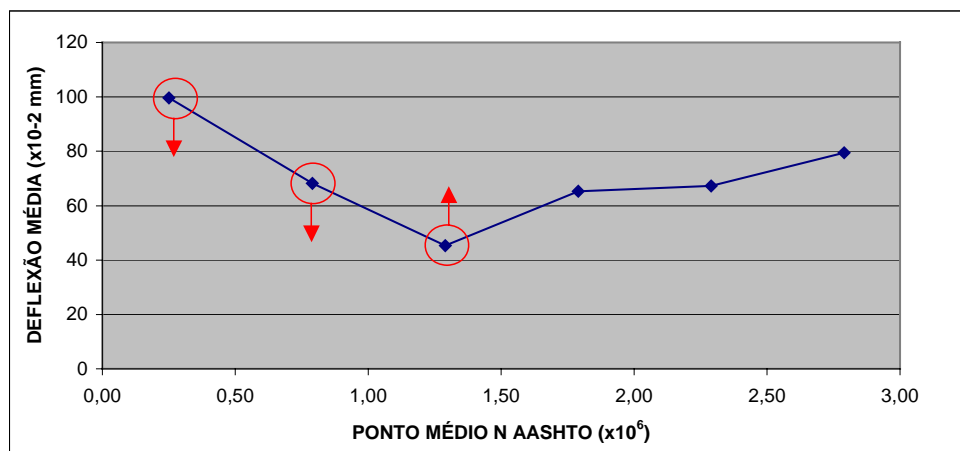
#### a) Análise antes da restauração

As Tabelas 5.17 a 5.20 e as Figuras 5.58 e 5.61 mostram a análise dos “Nós” antes da restauração, identificando os “Nós” Anômalos a serem transladados, além do resultado final obtido após a translação dos “Nós” tanto para  $N_{8,2}$  AASHTO como para Idade (Anos) .

As Figuras 5.62 e 5.63 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média (Viga Benkelman) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”. Ressalta-se que a análise dos “Nós” após a restauração não foi efetuada por motivos já expostos no item 5.2.2.3.

**TABELA 5.17** - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

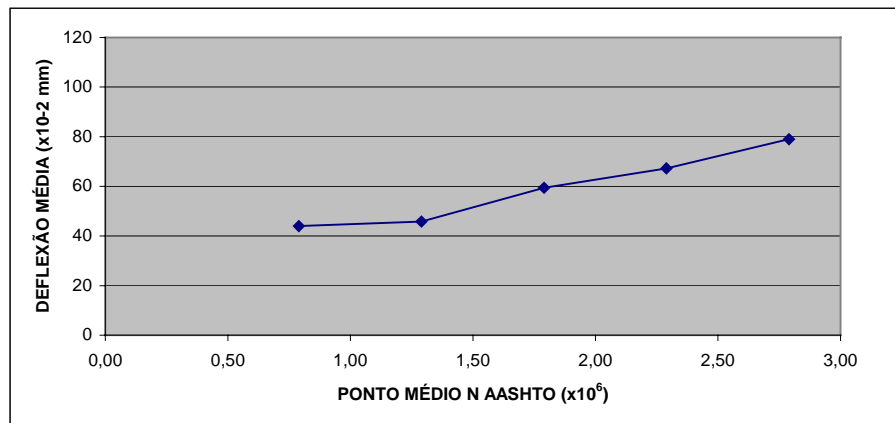
Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	Deflexão Média ( $\times 10^2$ $^2\text{mm}$ )	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,25	3	100	10,00
0,54 - 1,04	0,79	5	68	16,67
1,04 - 1,54	1,29	7	45	23,33
1,54 - 2,04	1,79	7	65	23,33
2,04 - 2,54	2,29	1	67	3,33
2,54 - 3,04	2,79	7	79	23,33



**FIGURA 5.58** - “Nós” Anômalos a Serem Transladados -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

**TABELA 5.18** - Intervalos de Freqüência Após a Translação dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

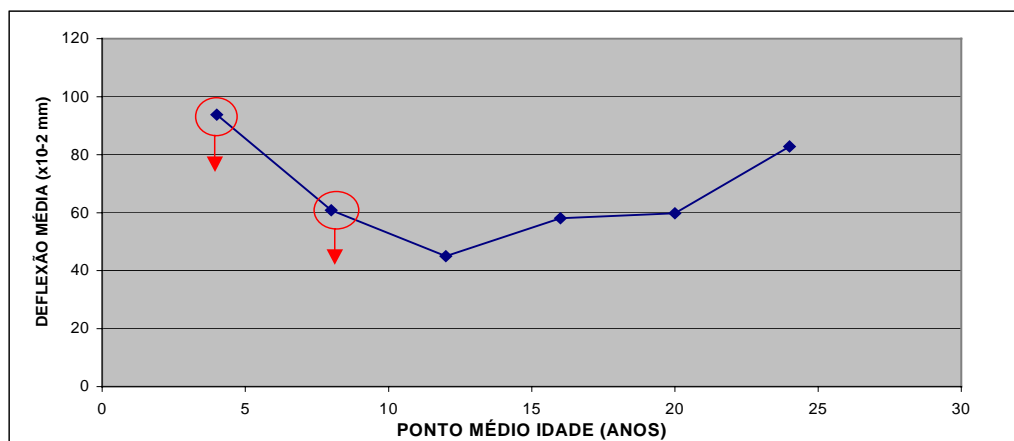
Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Freqüência de Pontos no Intervalo (Nó)	Deflexão Média ( $\times 10^2$ mm)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,25	0		0,00
0,54 - 1,04	0,79	2	44	11,76
1,04 - 1,54	1,29	3	46	17,65
1,54 - 2,04	1,79	6	59	35,29
2,04 - 2,54	2,29	1	67	5,88
2,54 - 3,04	2,79	5	79	29,41



**FIGURA 5.59** - Resultado Final Para Análise dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

**TABELA 5.19** - Intervalos de Freqüência Antes da Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração

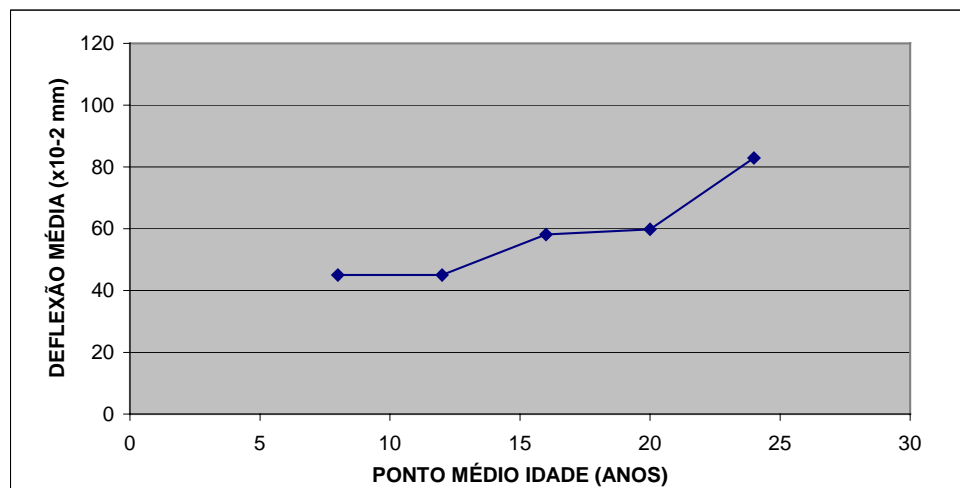
Intervalos Idade (Nós) (Anos)	Ponto Médio (Anos)	Freqüência de Pontos no Intervalo (Nó)	Deflexão Média ( $\times 10^2$ mm)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
2-6	4	5	94	16,67
6-10	8	2	61	6,67
10-14	12	5	45	16,67
14-18	16	9	58	30,00
18-22	20	2	60	6,67
22-26	24	7	83	23,33



**FIGURA 5.60** - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração

**TABELA 5.20** - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração

Intervalos Idade (Nós) (Anos)	Ponto Médio (Anos)	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	Deflexão Média ( $\times 10^2$ mm)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
2-6	4	0		0,00
6-10	8	1	45	5,00
10-14	12	1	45	5,00
14-18	16	9	58	45,00
18-22	20	2	60	10,00
22-26	24	7	83	35,00



**FIGURA 5.61** - Resultado Final Para Análise dos “Nós” – Idade (Anos) – Antes da Restauração

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.62):

$$DEF = 1,824E-05 \times NA + 26,136 \quad (5.11)$$

$$R^2 = 0,85$$

$$EP = 5,61$$

$$n = 17$$

$$\alpha = 0,000$$

onde:

DEF : deflexão máxima média ( $\times 10^{-2}$  mm);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

EP : erro padrão da estimativa ( $\times 10^{-2}$  mm);

n : número de elementos; e

$\alpha$  : nível de significância.

O modelo exponencial foi o que apresentou melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.63):

$$DEF = 26,821 \times e^{0,045 \times IDADE} \quad (5.12)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,52 \\ EP &= 13,61 \\ n &= 20 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

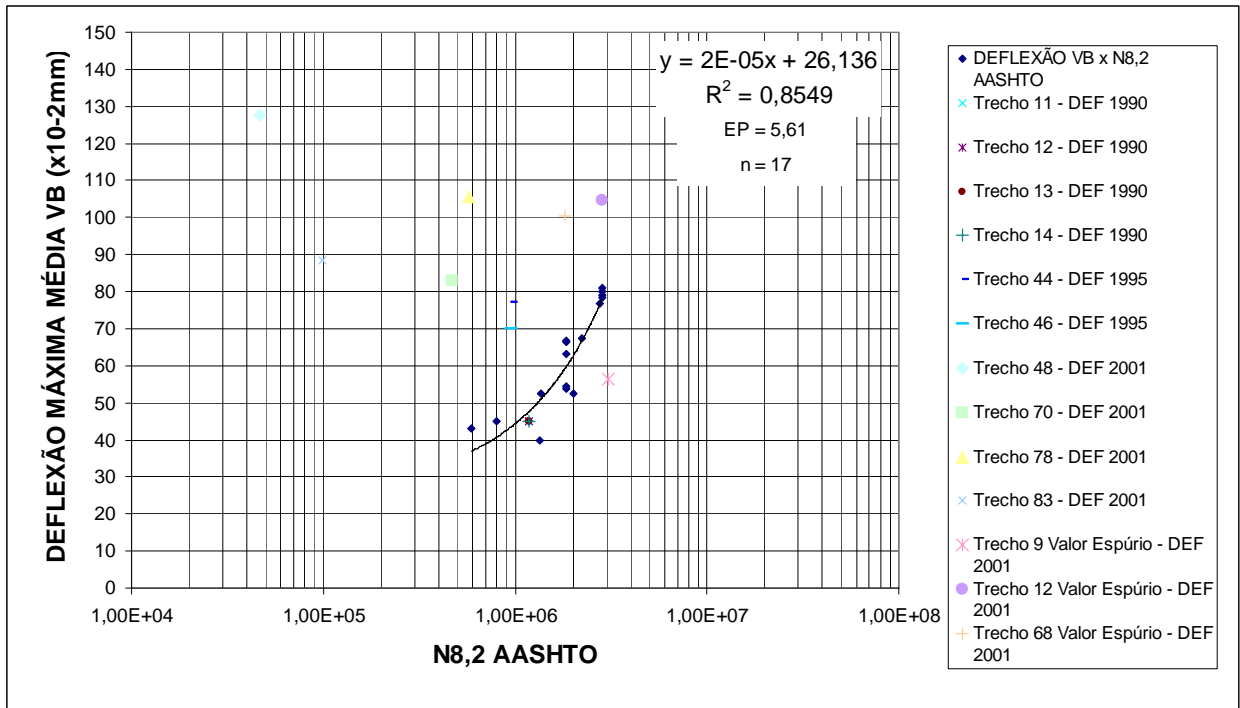
De acordo com a análise de variância, a confiabilidade do modelo linear 5.11 é de 100%, ou seja, apresenta um nível de significância praticamente igual a zero, como se pode observar na Tabela 5.21. Já para linha de tendência 5.12, a confiabilidade é de 99,969%, ou nível de significância igual a 0,031%, como mostra a Tabela 5.22.

**TABELA 5.21** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor  $N_{8,2t}$  AASHTO

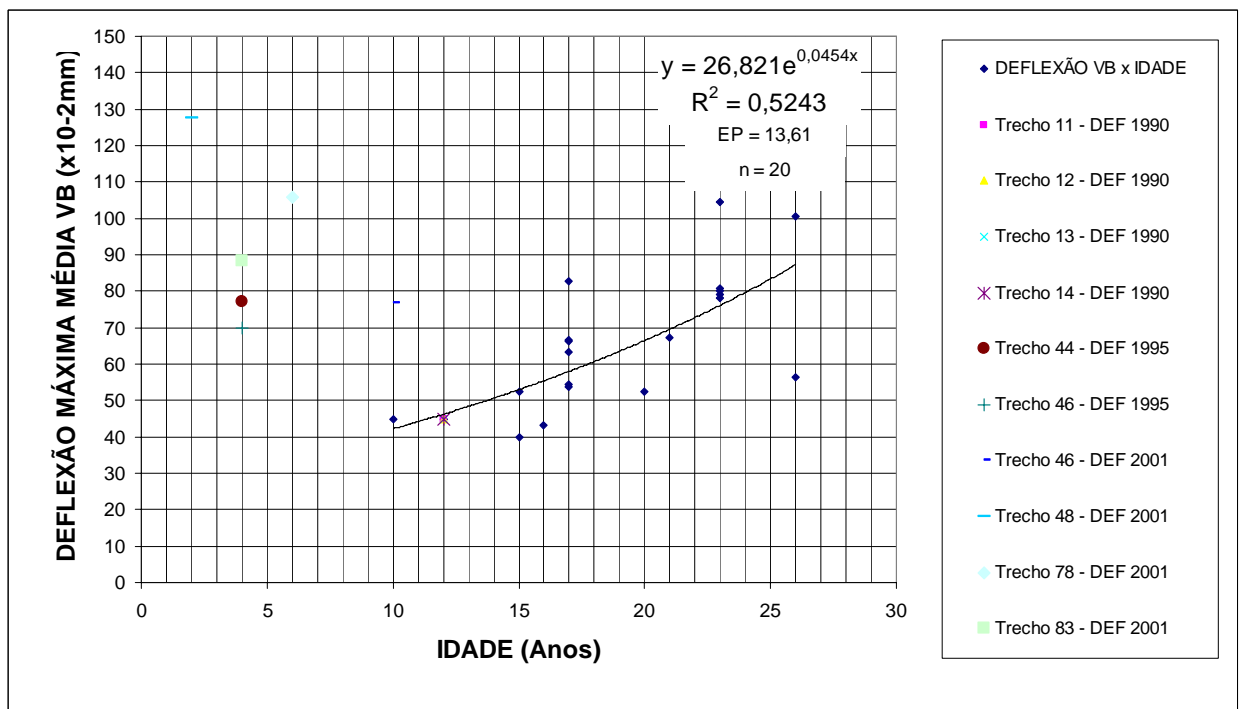
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	2784,023592	2784,024	88,39793755	1,11763E-07
Resíduo	15	472,4132151	31,49421		
Total	16	3256,436807			

**TABELA 5.22** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos)

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	0,777607833	0,777607833	19,84275619	0,000306246
Resíduo	18	0,705392983	0,039188499		
Total	19	1,483000816			



**FIGURA 5.62** - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.63** - Família 1 Subfamília 1 – Linha de tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou o melhor coeficiente de determinação está mostrada na Tabela 5.23.

**TABELA 5.23** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,928635292
R-Quadrado	0,862363505
R-quadrado ajustado	0,842701149
Erro padrão	5,658145502
Observações	17
<i>Coefficientes</i>	
Interseção	23,90413688
Variável X 1 NA	1,70078E-05
Variável X 2 Hrevest	0,543407096

O modelo é o seguinte:

$$DEF = 1,700E-05 \times NA + 0,543 \times Hrevest + 23,904 \quad (5.13)$$

$$R^2 = 0,86$$

$$EP = 5,66$$

$$n = 17$$

$$\alpha = 0,000$$

onde:

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A análise de variância proposta na equação 5.10 está apresentada na Tabela 5.24. A variável do valor indicativo da confiabilidade da regressão (F), comparada com valor limite Tabelado ( $F_{\alpha, k, n-p}$ ) que depende de  $\alpha$ , k e n-p (nível de significância requerido, graus de liberdade da regressão, graus de liberdade dos resíduos) apresentou o seguinte resultado para um nível de significância de 5%:

$$F > F_{0,05, 2, 14}$$

$$43,86 > 3,74$$

Confirma-se, a partir desta análise, que há relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre ambos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.9 é de 99,999%.

**TABELA 5.24** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO e Hrevest

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	2808,23226	1404,11613	43,85860415	9,35697E-07
Resíduo	14	448,2045474	32,01461053		
Total	16	3256,436807			

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente, como mostra a Tabela 5.25.

**TABELA 5.25** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,950987431
R-Quadrado	0,904377094
R-quadrado ajustado	0,869605129
Erro padrão	5,114209405
Observações	16
<i>Coefficientes</i>	
Interseção	-26,11645834
Variável X 1 NA	-5,95177E-06
Variável X 2 IDADE	2,333890324
Variável X 3 Hrevest	2,262148415
Variável X 4 VMD	0,018263775

O modelo é o seguinte:

$$\text{DEF} = -5,952\text{E-}06 \times \text{NA} + 2,334 \times \text{IDADE} + 2,262 \times \text{Hrevest} + 0,018 \times \text{VMD} - 26,116 \quad (5.14)$$

$$R^2 = 0,90$$

$$\text{EP} = 5,11$$

$$n = 16$$

$$\alpha = 0,000$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A análise de variância, mostrada a Tabela 5.26, para um nível de significância de 5%, foi a seguinte:

$$F > F_{0,05, 4, 11}$$

$$26,00 > 3,36$$

Confirma-se a relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre todos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.9, de 99,998%.

**TABELA 5.26** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	2721,054973	680,2637433	26,00879978	1,47693E-05
Resíduo	11	287,7065162	26,15513784		
Total	15	3008,761489			

Ressalta-se que a regressão linear múltipla não apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), se comparada às linhas de tendência 5.11 e 5.12 obtidas a partir de somente um regressor.



- **Família 1 Subfamília 2**

a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.64 e 5.65 mostram as linhas de tendência definitivas antes da restauração envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média (Viga Benkelman) obtidas através de regressões testes que determinassem o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os pontos excluídos a partir da análise dos “Nós” estão mostrados nos próprios gráficos. Ressalta-se que a análise dos “Nós” após a restauração não foi efetuada por motivos já expostos no item 5.2.2.3.

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo logaritmica (Figura 5.64):

$$\begin{aligned} \text{DEF} &= 13,993 \times \text{Ln}(\text{NA}) - 74,538 & (5.15) \\ R^2 &= 0,44 \\ \text{EP} &= 20,89 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 10,360 \end{aligned}$$

onde:

DEF : deflexão máxima média ( $\times 10^{-2}$ mm); e

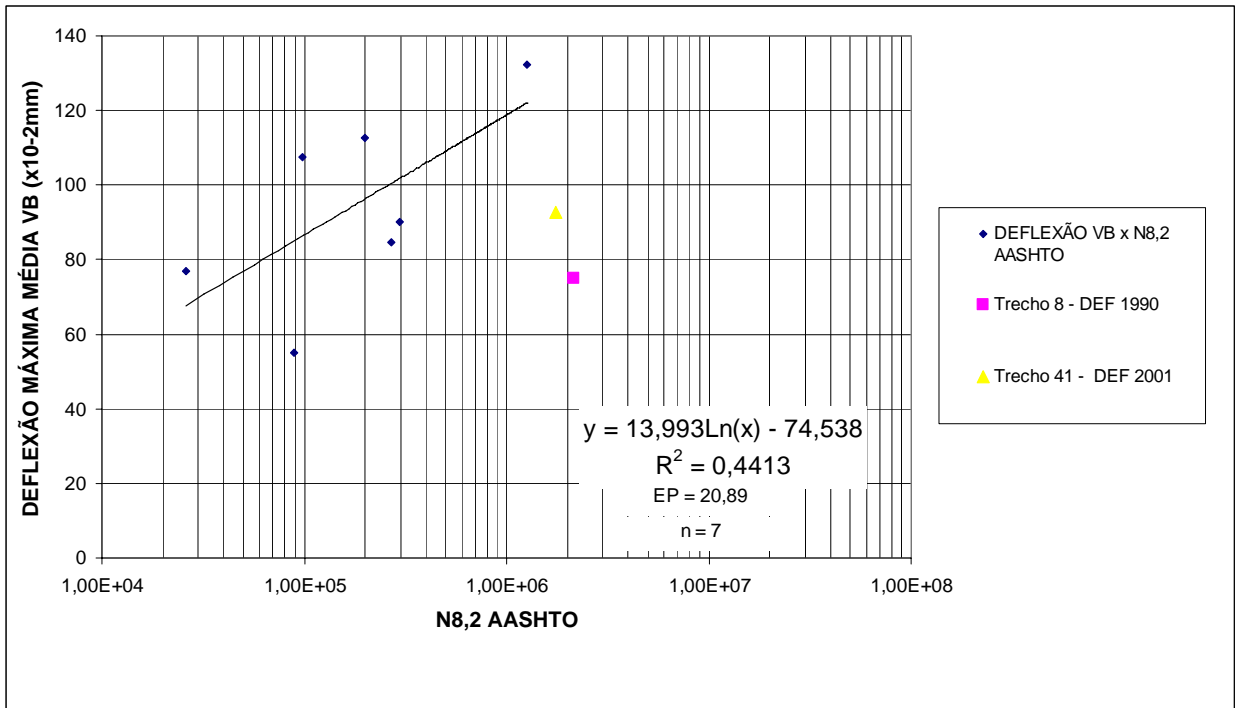
NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

O modelo exponencial foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.65):

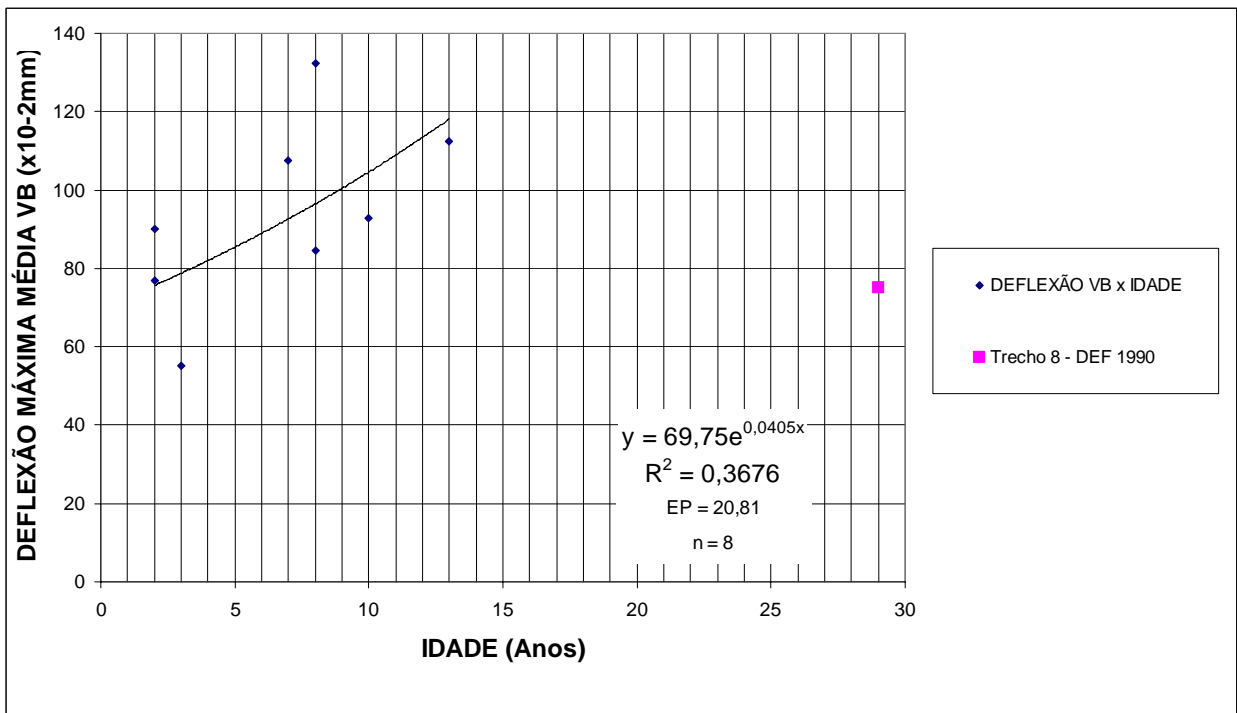
$$\begin{aligned} \text{DEF} &= 69,750 \times e^{0,040 \times \text{IDADE}} & (5.16) \\ R^2 &= 0,37 \\ \text{EP} &= 20,81 \\ n &= 8 \\ \alpha &= 11,105 \end{aligned}$$

onde:

IDADE: idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos



**FIGURA 5.64** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.65** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman (x10<sup>-2</sup>mm) – Análise Antes da Restauração

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou melhor coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$DEF = 3,396E-05 \times NA + 3,135 \times IDADE + 64,060 \quad (5.17)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,72 \\ EP &= 16,63 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 8,016 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada se utilizando de quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$DEF = 6,107E-05 \times NA + 3,644 \times IDADE - 1028,596 \times Hrevest - 0,046 \times VMD + 3689,357 \quad (5.18)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,95 \\ EP &= 9,28 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 8,626 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.15 e 5.16 obtidas a partir de somente um regressor.

## - Família 2 Subfamília 1

### a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.66 e 5.67 mostram as linhas de tendência definitivas para antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média (Viga Benkelman) obtidas através de regressões testes que determinassem o melhor coeficiente de correlação ( $R^2$ ). Os pontos excluídos a partir da análise dos “Nós” estão mostrados nos próprios gráficos.

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.66):

$$DEF = 1,201E-05 \times NA + 80,863 \quad (5.19)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,14 \\ EP &= 24,88 \\ n &= 77 \\ \alpha &= 0,071 \end{aligned}$$

onde:

DEF : deflexão máxima média ( $\times 10^{-2}$ mm); e

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

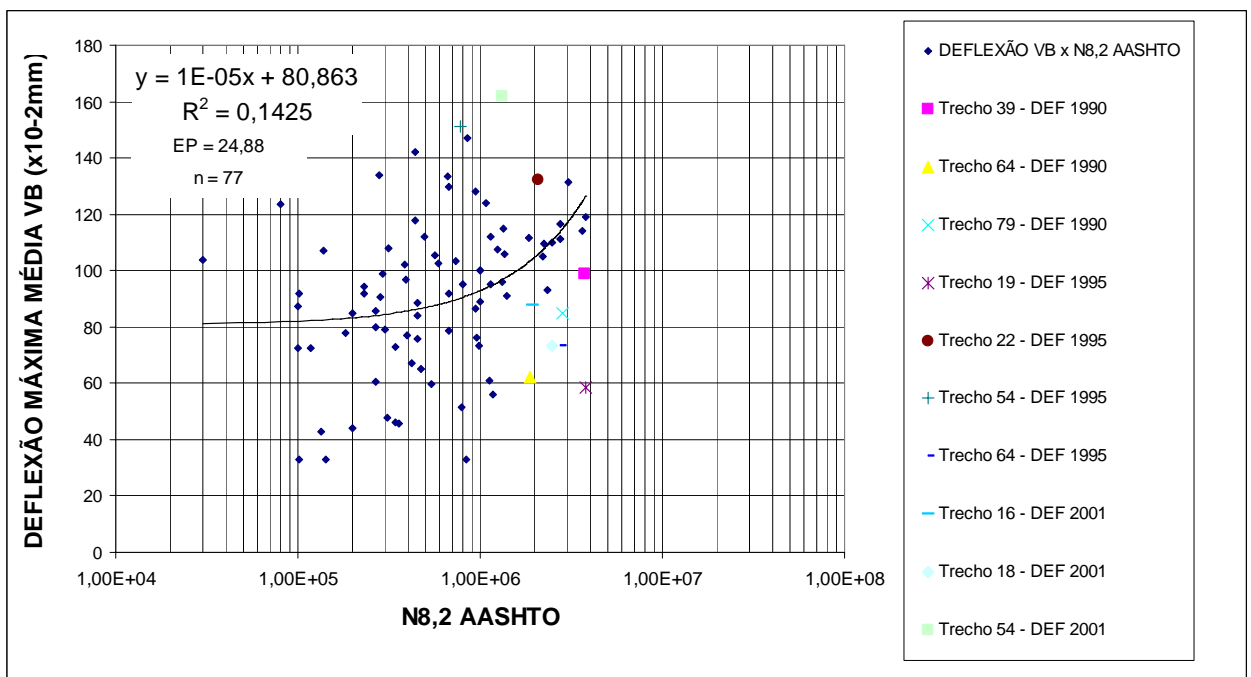
O modelo linear também foi o que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.67):

$$DEF = 1,529 \times IDADE + 71,116 \quad (5.20)$$

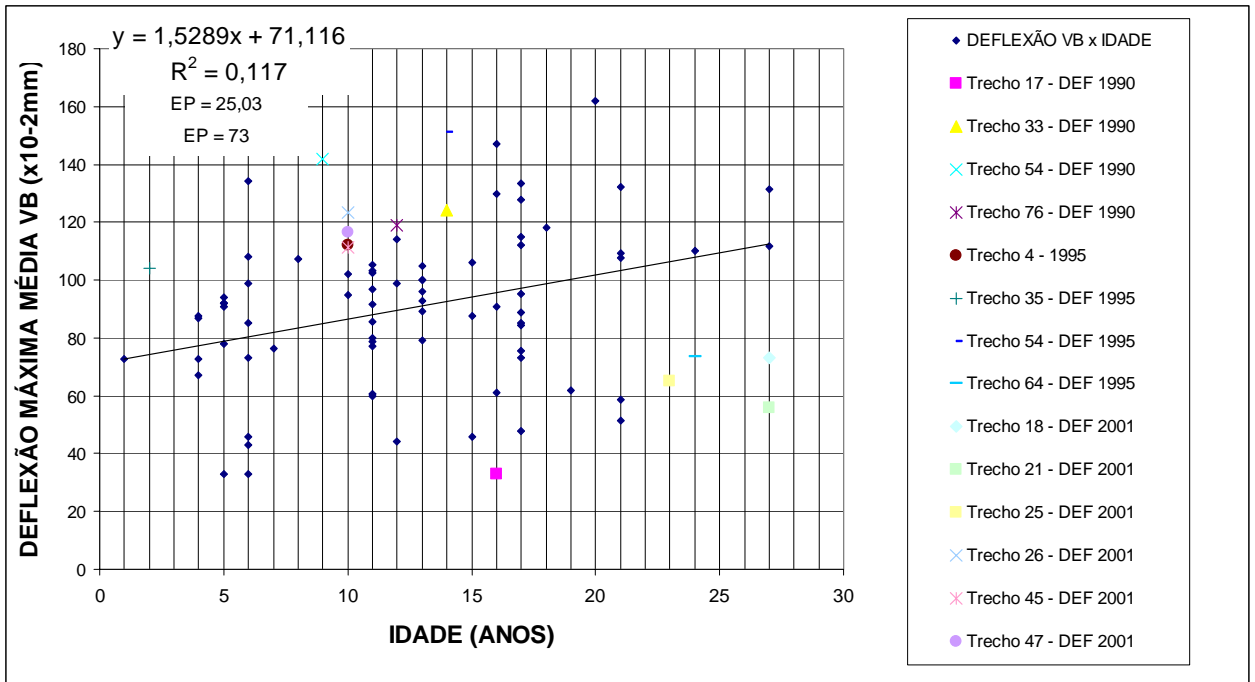
$$\begin{aligned} R^2 &= 0,12 \\ EP &= 25,03 \\ n &= 73 \\ \alpha &= 0,306 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

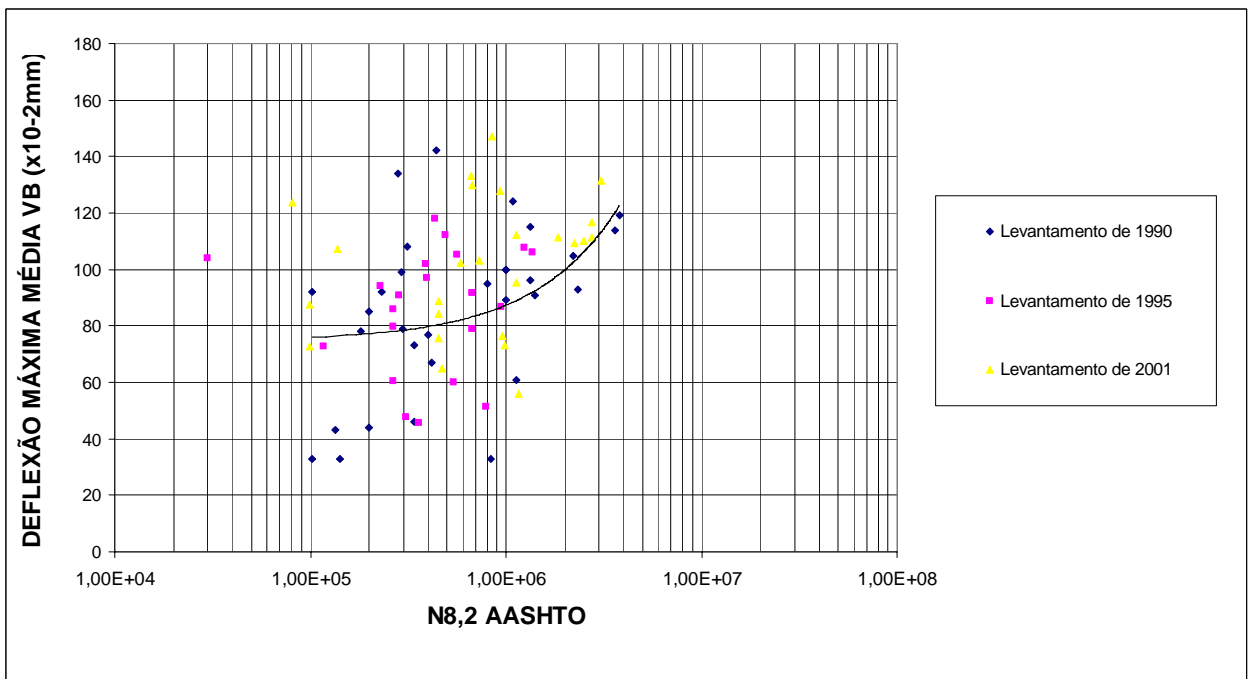


**FIGURA 5.66** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}$ mm) – Análise Antes da Restauração

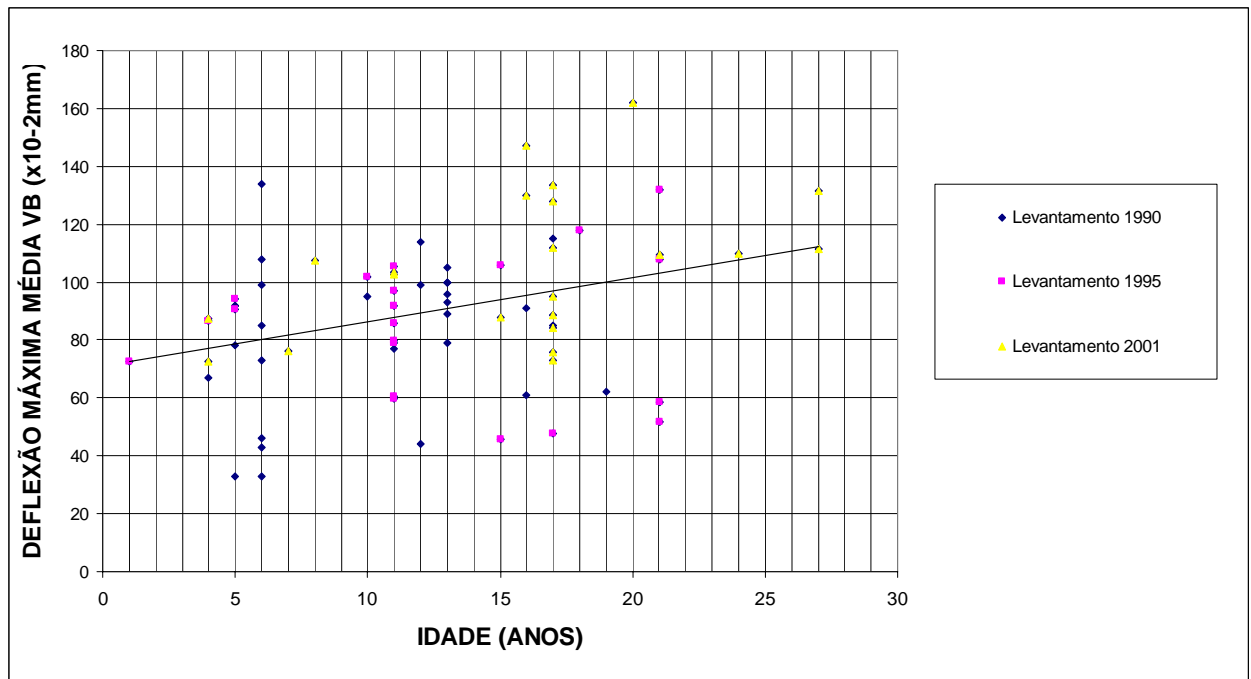


**FIGURA 5.67** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $\times 10^{-2}mm$ ) – Análise Antes da Restauração

Nota-se ainda que, nas Figuras 5.66 e 5.67, há uma grande dispersão nos pontos. As Figuras 5.68 e 5.69 mostram os pontos para cada ano de levantamento plotados separadamente, onde se pode visualizar a alta variabilidade dos valores de Deflexão para um mesmo valor de  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos).



**FIGURA 5.68** - Família 2 Subfamília 1 -  $N_{8,2}$  AASHTO x Deflexão Máxima Média ( $\times 10^{-2}mm$ ) Para Cada Ano de Levantamento



**FIGURA 5.69** - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média ( $\times 10^{-2}$ mm) Para Cada Ano de Levantamento

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou o melhor coeficiente de determinação foi o seguinte:

$$\text{DEF} = 1,170\text{E-}05 \times \text{NA} + 0,640 \times \text{IDADE} + 72,692 \quad (5.21)$$

$$R^2 = 0,20$$

$$\text{EP} = 22,96$$

$$n = 66$$

$$\alpha = 0,089$$

Outra configuração ainda foi testada se utilizando de quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$\text{DEF} = 1,589\text{E-}05 \times \text{NA} + 0,520 \times \text{IDADE} - 4,017 \times \text{Hrest} - 0,001 \times \text{VMD} + 92,700 \quad (5.22)$$

$$R^2 = 0,22$$

$$\text{EP} = 23,00$$

$$n = 66$$

$$\alpha = 0,359$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Hrest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.19 e 5.20 obtidas a partir de somente um regressor.

b) Análise após da restauração

As Figuras 5.70 e 5.71 mostram as linhas de tendência definitivas para a situação após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média (Viga Benkelman). Os pontos excluídos a partir da análise dos “Nós” estão mostrados nos próprios gráficos.

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.70):

$$DEF = 8,927E-06 \times NA + 73,579 \quad (5.23)$$

$$R^2 = 0,015$$

$$EP = 26,54$$

$$n = 13$$

$$\alpha = 69,010$$

onde:

DEF : deflexão máxima média ( $\times 10^{-2}$ mm);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa ( $\times 10^{-2}$ mm).

O modelo linear também foi o que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.70):

$$DEF = 3,446 \times IDADE + 57,784 \quad (5.24)$$

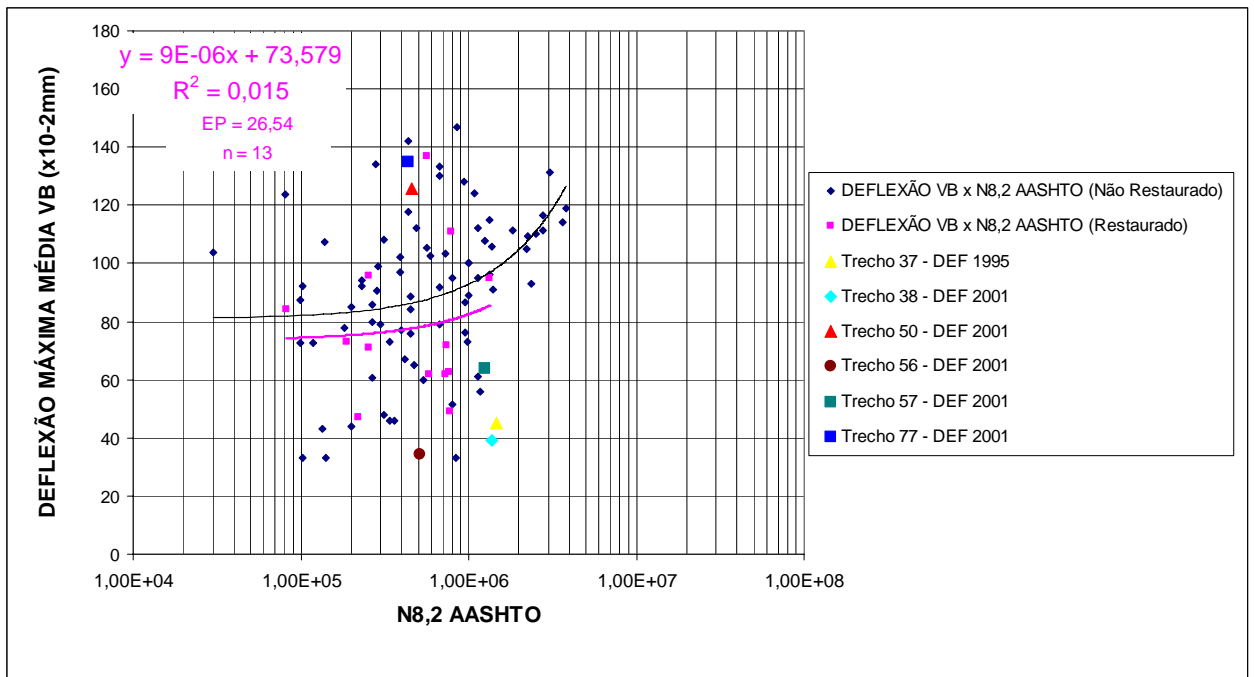
$$R^2 = 0,057$$

$$EP = 31,52$$

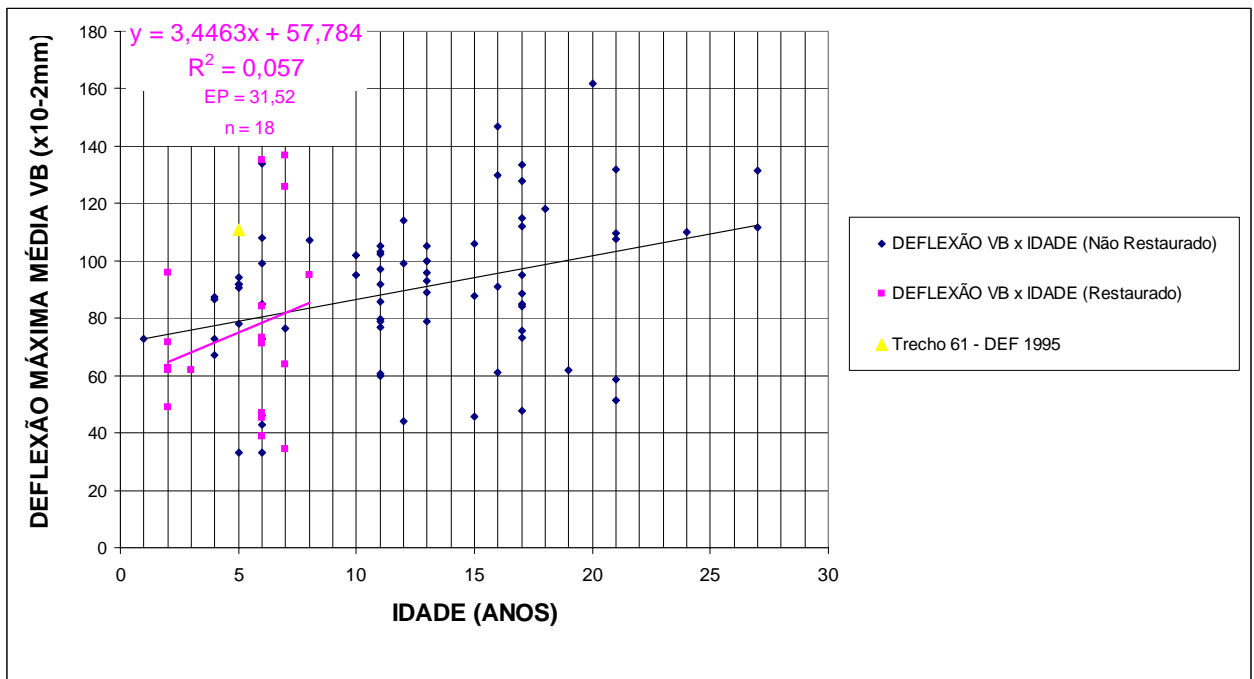
$$n = 18$$

$$\alpha = 33,933$$

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos



**FIGURA 5.70** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO X Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $X10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.71** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Deflexão Máxima Média Viga Benkelman ( $x10^{-2}$ mm) – Análise Após a Restauração

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:



$$DEF = 5,783E-06 \times NA + 4,902 \times IDADE + 51,503 \quad (5.25)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,22 \\ EP &= 24,16 \\ n &= 12 \\ \alpha &= 32,926 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada se utilizando de quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$DEF = -3,249E-05 \times NA + 12,060 \times IDADE + 0,850 \times Htotal + 0,007 \times VMD - 36,258 \quad (5.26)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,41 \\ EP &= 23,84 \\ n &= 12 \\ \alpha &= 38,681 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Htotal : espessura total do pavimento em termos granulares (cm) – após a restauração.

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ), se comparada às linhas de tendência 5.23 e 5.24 obtidas a partir de somente um regressor, principalmente para a combinação de dois regressores.

#### - Família 2 Subfamília 2

A análise dos “Nós”, bem como a definição das linhas de tendência definitivas e a análise de regressão linear múltipla, não serão efetuadas para esta Subfamília conforme os motivos já descritos no item 5.2.2.3.

- International Roughness Index - IRI

#### - Família 1 Subfamília 1

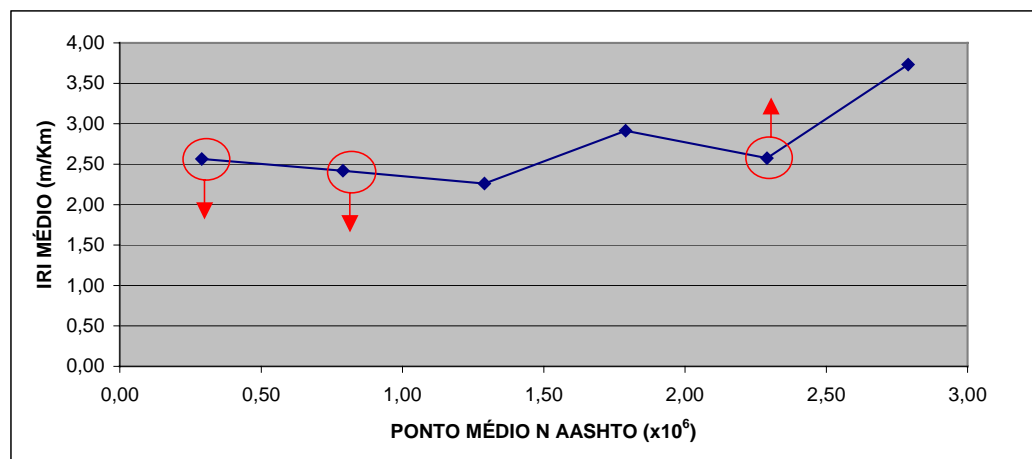
##### a) Análise antes da restauração

As Tabelas 5.27 a 5.30 e as Figuras 5.72 e 5.75 mostram a análise dos “Nós” antes da restauração, identificando os “Nós” Anômalos a serem transladados, além do resultado final obtido após a translação dos “Nós” tanto para  $N_{8,2}$  AASHTO como para Idade (Anos).

As Figuras 5.76 e 5.77 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”. Ressalta-se que a análise dos “Nós” após a restauração não foi efetuada por motivos já expostos no item 5.2.2.3.

**TABELA 5.27** - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

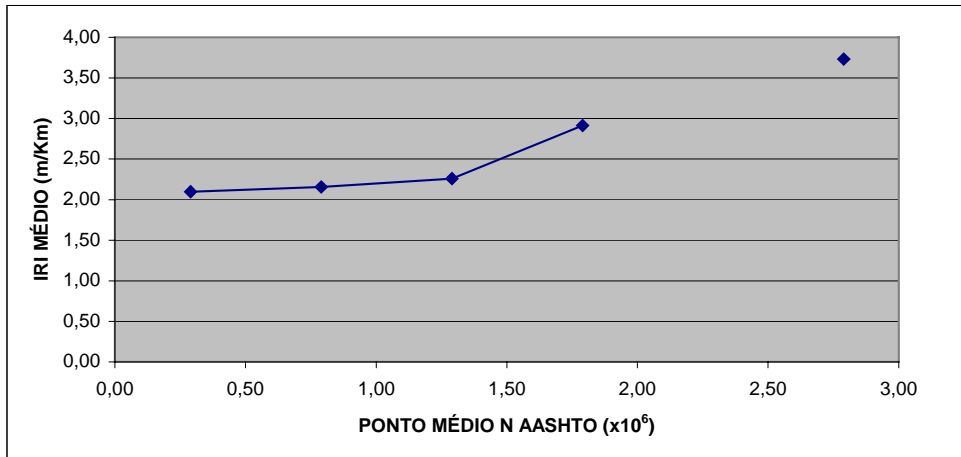
Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	IRI Médio (m/Km)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,29	7	2,56	17,50
0,54 - 1,04	0,79	5	2,42	12,50
1,04 - 1,54	1,29	9	2,26	22,50
1,54 - 2,04	1,79	8	2,91	20,00
2,04 - 2,54	2,29	3	2,57	7,50
2,54 - 3,04	2,79	8	3,73	20,00



**FIGURA 5.72** - “Nós” Anômalos a Serem Transladados -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

**TABELA 5.28** - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

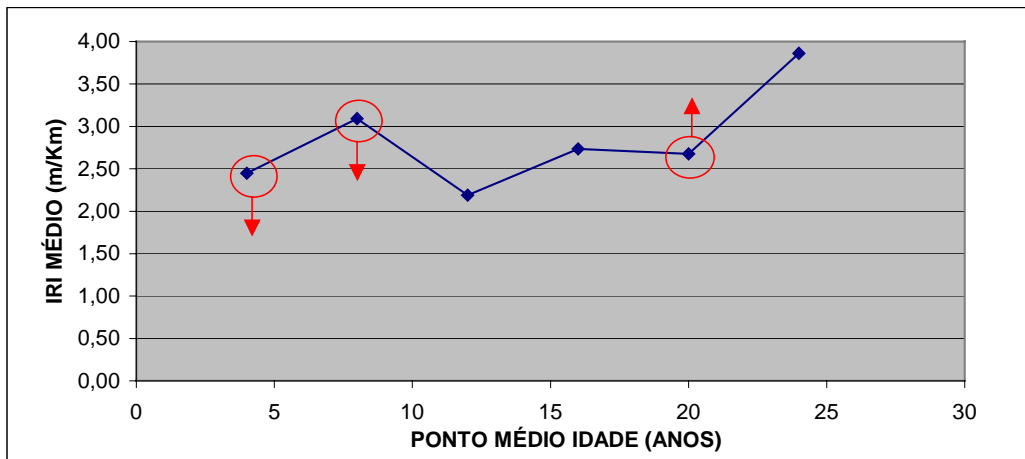
Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	IRI Médio (m/Km)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,29	4	2,10	12,50
0,54 - 1,04	0,79	3	2,16	9,38
1,04 - 1,54	1,29	9	2,26	28,13
1,54 - 2,04	1,79	8	2,91	25,00
2,04 - 2,54	2,29	0		0,00
2,54 - 3,04	2,79	8	3,73	25,00



**FIGURA 5.73** - Resultado Final Para Análise dos “Nós” - N<sub>8,2t</sub> AASHTO – Antes da Restauração

**TABELA 5.29** - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração

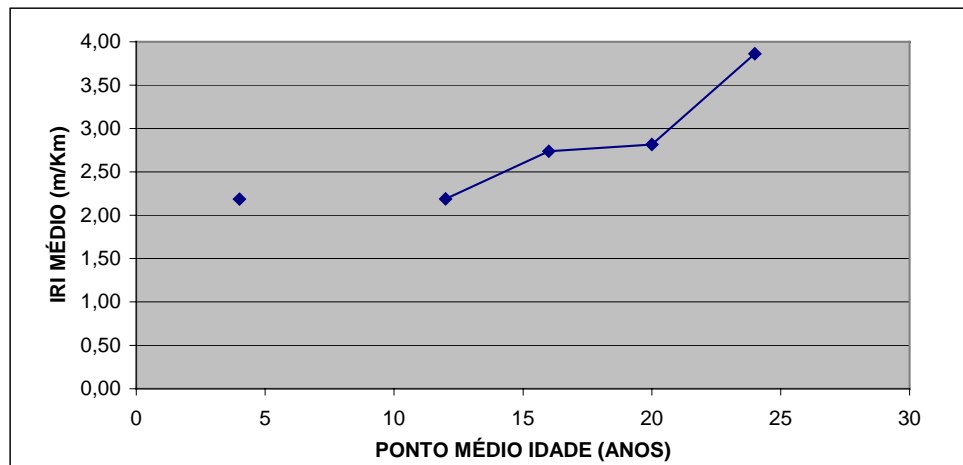
Intervalos Idade (Nós) (Anos)	Ponto Médio (Anos)	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	IRI Médio (m/Km)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
2-6	4	9	2,45	22,50
6-10	8	2	3,09	5,00
10-14	12	7	2,19	17,50
14-18	16	10	2,74	25,00
18-22	20	5	2,67	12,50
22-26	24	7	3,86	17,50



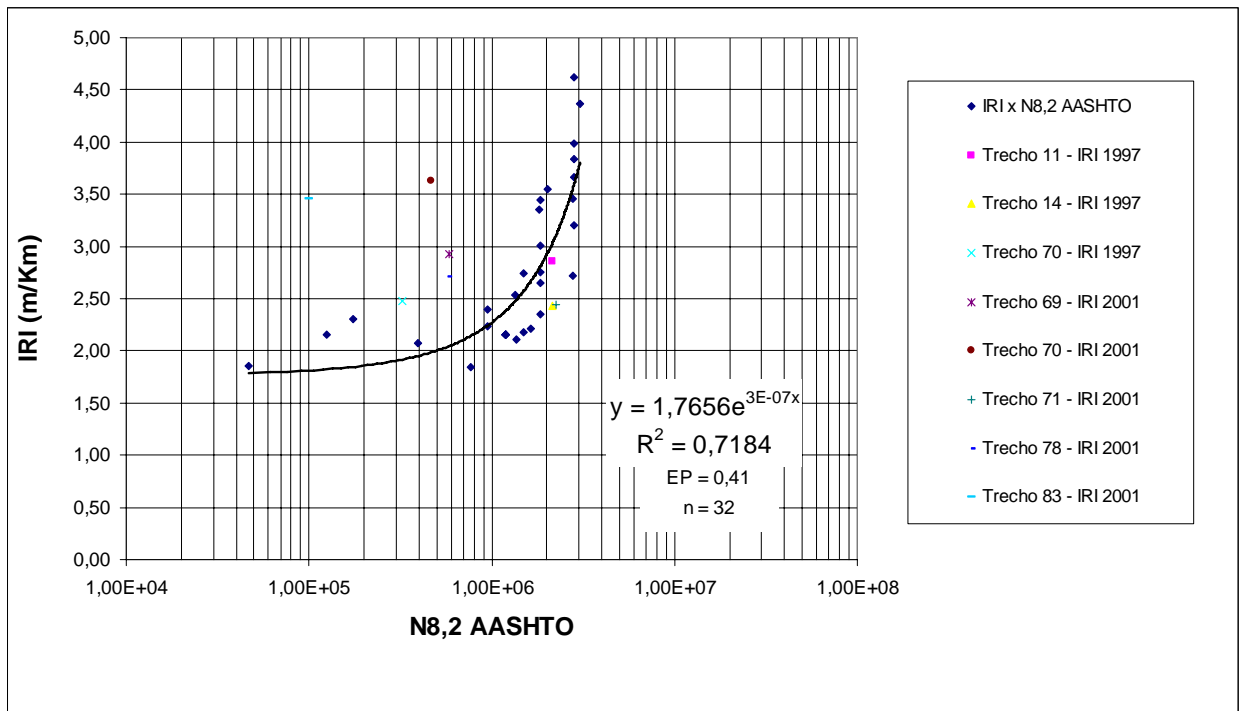
**FIGURA 5.74** - “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração

**TABELA 5.30 - Intervalos de Frequência Após a Translação dos “Nós” - Idade (Anos) – Antes da Restauração**

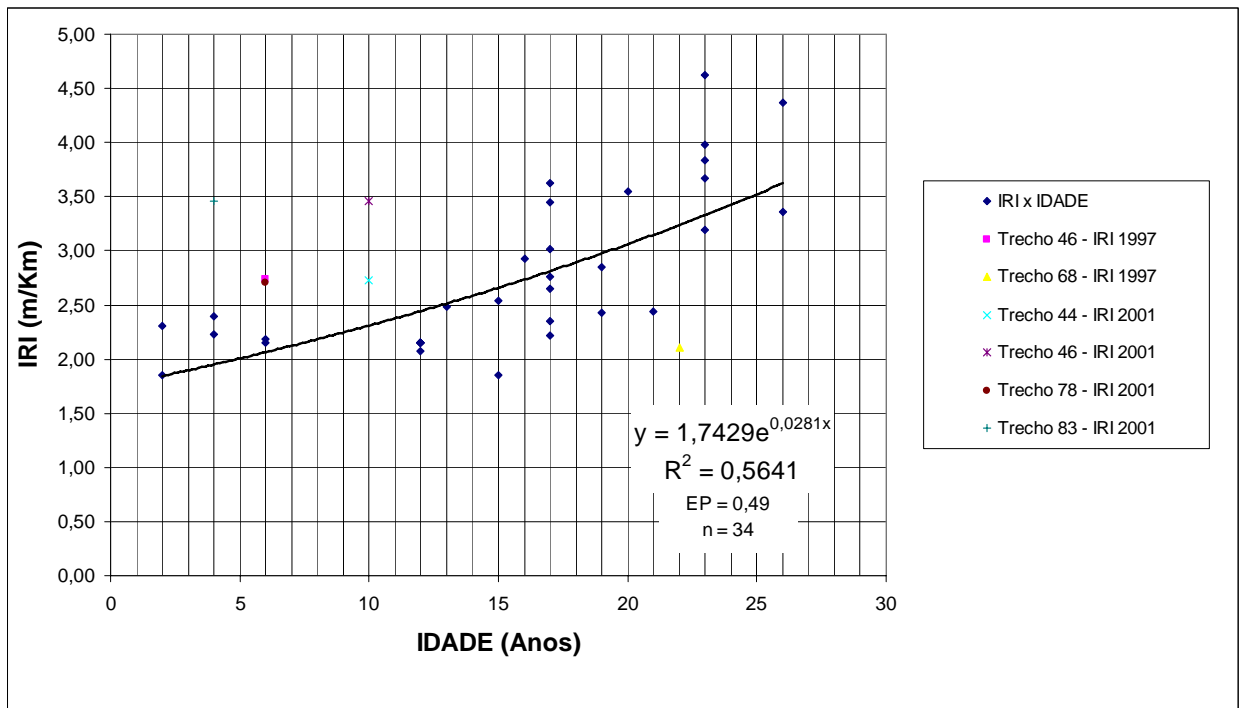
Intervalos Idade (Nós) (Anos)	Ponto Médio (Anos)	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	IRI Médio (m/Km)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
2-6	4	6	2,19	17,65
6-10	8	0		0,00
10-14	12	7	2,19	20,59
14-18	16	10	2,74	29,41
18-22	20	4	2,82	11,76
22-26	24	7	3,86	20,59



**FIGURA 5.75 - Resultado Final Para Análise dos “Nós” – Idade (Anos) – Antes da Restauração**



**FIGURA 5.76 - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - N<sub>8,2</sub> AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração**



**FIGURA 5.77** - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo exponencial (Figura 5.76):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 1,765 e^{2,519E-07 \times \text{NA}} & (5.27) \\ R^2 &= 0,72 \\ \text{EP} &= 0,41 \\ n &= 32 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

IRI : Irregularidade média (m/km);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

EP : erro padrão da estimativa (m/km);

n : número de elementos; e

$\alpha$  : nível de significância.

O modelo exponencial também foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.77):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 1,743 e^{0,028 \times \text{IDADE}} & (5.28) \\ R^2 &= 0,56 \\ EP &= 0,49 \\ n &= 34 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

De acordo com a análise de variância, a confiabilidade da linha de tendência 5.27 é de 100%, ou seja, apresenta um nível de significância praticamente igual a zero, como se pode observar na Tabela 5.31. Já para a linha de tendência 5.28, a confiabilidade também é de 100%, ou nível de significância igual a zero, como mostra a Tabela 5.32.

**TABELA 5.31** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor  $N_{8,2t}$  AASHTO

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,490794261	1,490794261	76,5332825	9,3528E-10
Resíduo	30	0,584370961	0,019479032		
Total	31	2,075165222			

**TABELA 5.32** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos)

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	1,173493065	1,173493065	41,41451482	3,09588E-07
Resíduo	32	0,906729881	0,028335309		
Total	33	2,080222946			

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação está mostrada na tabela 5.33.

**TABELA 5.33** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,861065852
R-Quadrado	0,741434401
R-quadrado ajustado	0,720749153
Erro padrão	0,419748276
Observações	28
<i>Coeficientes</i>	
Interseção	1,482268321
Variável X 1 NA	6,64509E-07
Variável X 2 IDADE	0,015672018

O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 6,645E-07 \times \text{NA} + 0,016 \times \text{IDADE} + 1,482 & (5.29) \\ R^2 &= 0,74 \\ EP &= 0,42 \\ n &= 28 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

A análise de variância proposta na equação 5.10 está apresentada na Tabela 5.34. A variável do valor indicativo da confiabilidade da regressão (F), comparada com valor limite Tabelado ( $F_{\alpha, k, n-p}$ ) que depende de  $\alpha$ , k e n-p (nível de significância requerido, graus de liberdade da regressão, graus de liberdade dos resíduos) apresentou o seguinte resultado para um nível de significância de 5%:

$$F > F_{0,05, 2, 25}$$

$$35,84 > 3,38$$

Confirma-se, a partir desta análise, que há relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre ambos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.9 de 100%.

**TABELA 5.34** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO e IDADE

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	12,63047954	6,315239769	35,8436314	4,54082E-08
Resíduo	25	4,404715372	0,176188615		
Total	27	17,03519491			

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente, como mostra a Tabela 5.35.

**TABELA 5.35** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,888972437
R-Quadrado	0,790271993
R-quadrado ajustado	0,753797557
Erro padrão	0,394128509
Observações	28
<i>Coefficientes</i>	
Interseção	2,356979463
Variável X 1 NA	1,15697E-06
Variável X 2 IDADE	-0,032893344
Variável X 3 Hrevest	-0,084830076
Variável X 4 VMD	-0,000104216

O modelo é o seguinte:

$$DEF = 1,157E-06 \times NA - 0,033 \times IDADE - 0,085 \times Hrevest - 0,0001 \times VMD + 2,357$$

(5.30)

$$R^2 = 0,79$$

$$EP = 0,39$$

$$n = 28$$

$$\alpha = 0,000$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A análise de variância, mostrada a Tabela 5.36 para um nível de significância de 5%, foi a seguinte:

$$F > F_{0,05,4,23}$$

$$21,67 > 2,79$$

Confirma-se a relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre todos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.9 de 100%.

**TABELA 5.36**– Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	4	13,46243744	3,36560936	21,66646236	1,59536E-07
Resíduo	23	3,572757471	0,155337281		
Total	27	17,03519491			

A análise de variância apresentou uma boa relação de linearidade a um nível de significância de 5%. A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ), mas não apresentou uma queda significativa para o erro padrão, se comparada às linhas de tendência 5.27 5.28 obtidas a partir de somente um regressor.

#### - Família 1 Subfamília 2

##### a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.78 e 5.79 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO e Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo as equações 5.4 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo exponencial (Figura 5.78):



$$\text{IRI} = 2,720 e^{1,272E-07 \times \text{NA}} \quad (5.31)$$

$$R^2 = 0,60$$

$$\text{EP} = 0,46$$

$$n = 4$$

$$\alpha = 22,749$$

onde:

IRI : Irregularidade média (m/km);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa (m/km).

O modelo linear foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.79):

$$\text{IRI} = 0,156 \times \text{IDADE} + 2,317 \quad (5.32)$$

$$R^2 = 0,56$$

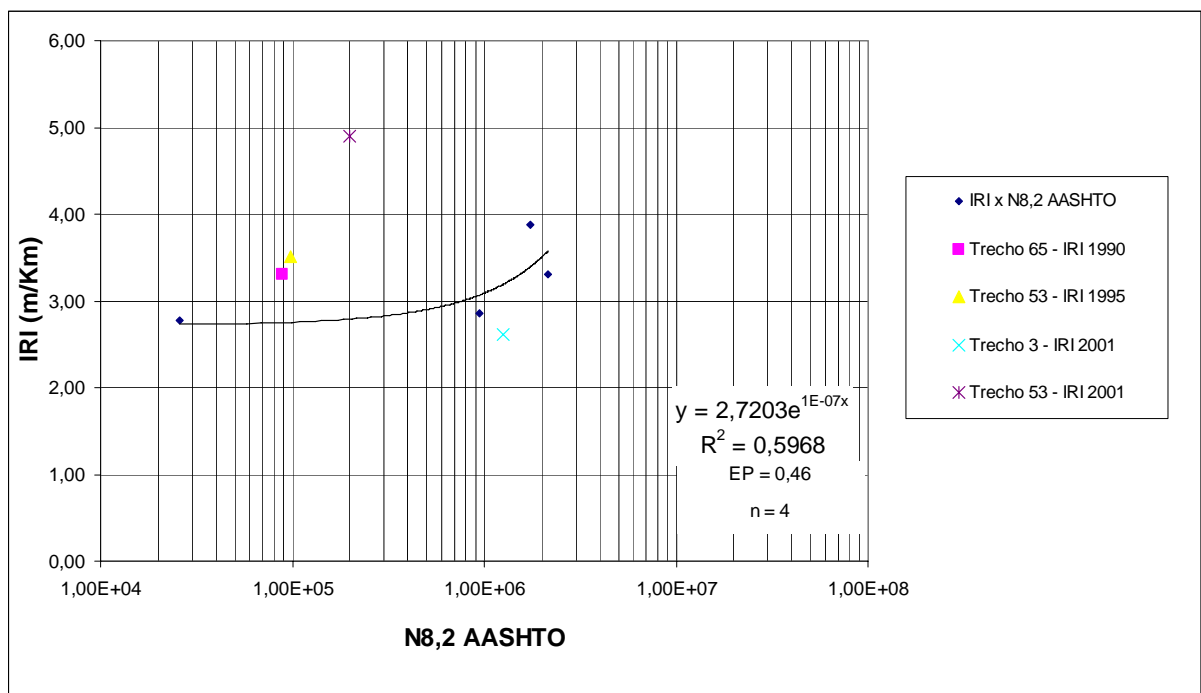
$$\text{EP} = 0,58$$

$$n = 7$$

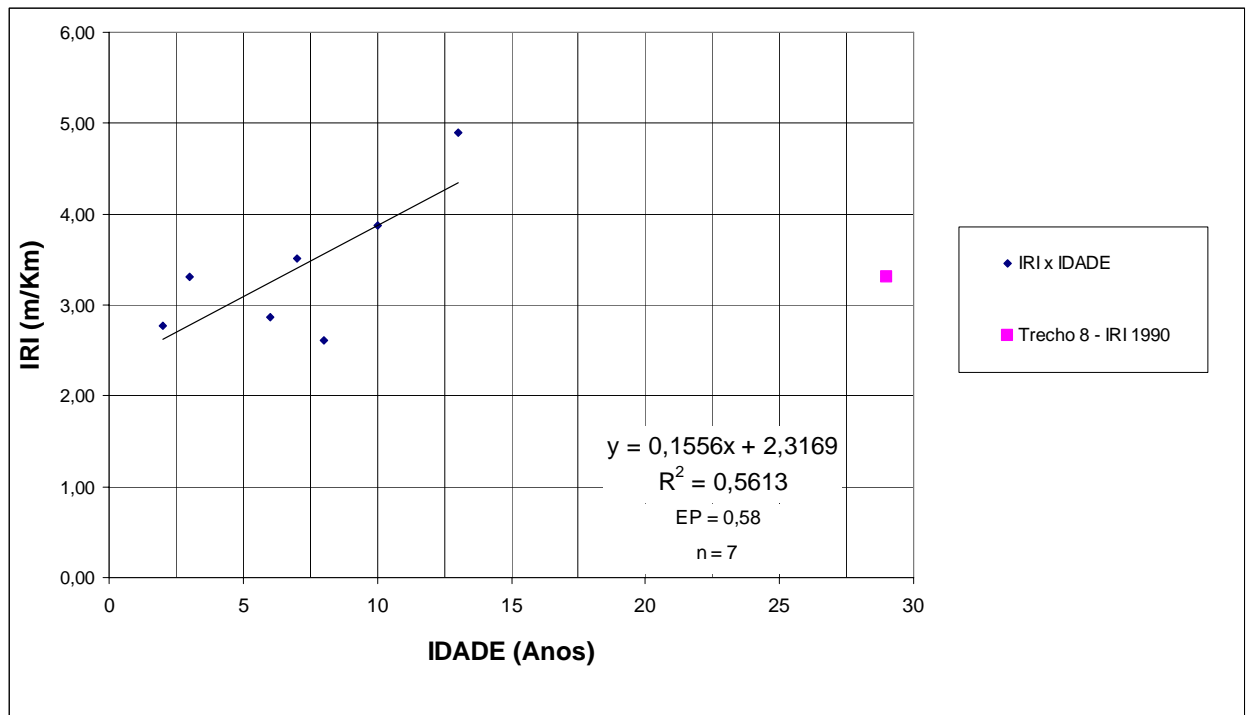
$$\alpha = 5,256$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.



**FIGURA 5.78** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.79** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi a seguinte:

$$\text{IRI} = 5,676\text{E-}07 \times \text{NA} - 0,490 \times \text{Hrevest} + 4,492 \quad (5.33)$$

$$R^2 = 0,58$$

$$\text{EP} = 0,57$$

$$n = 4$$

$$\alpha = 64,487$$

onde:

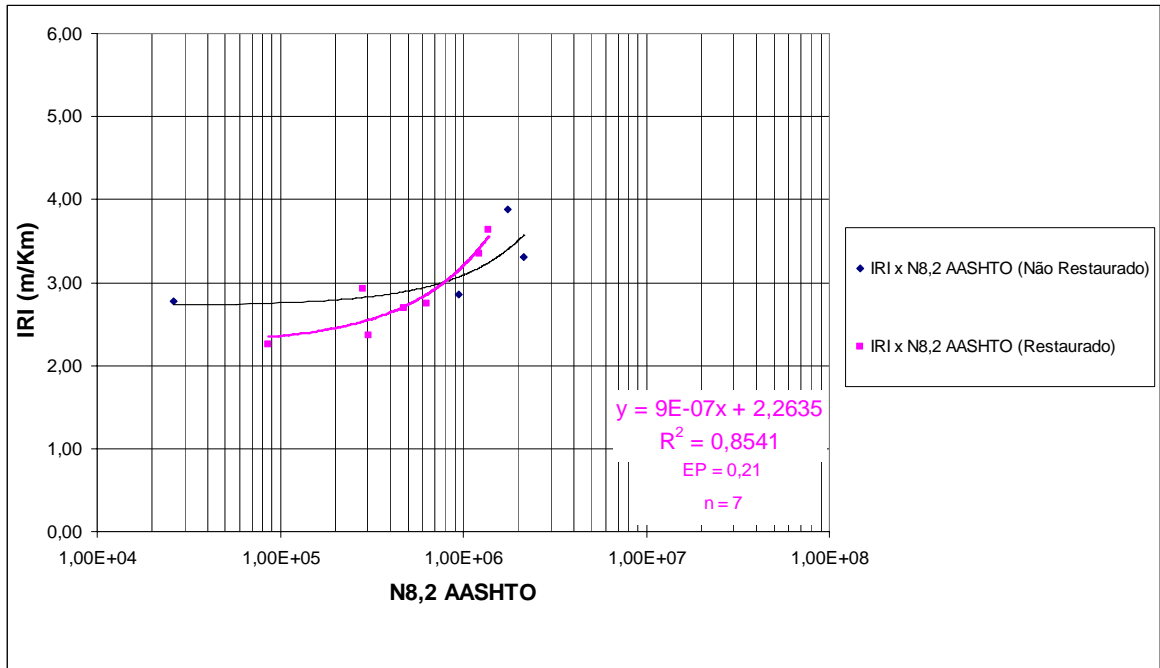
Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente não foi testada por apresentar somente 3 pontos válidos de acordo com a combinação dos pontos válidos referentes aos regressores NA e IDADE.

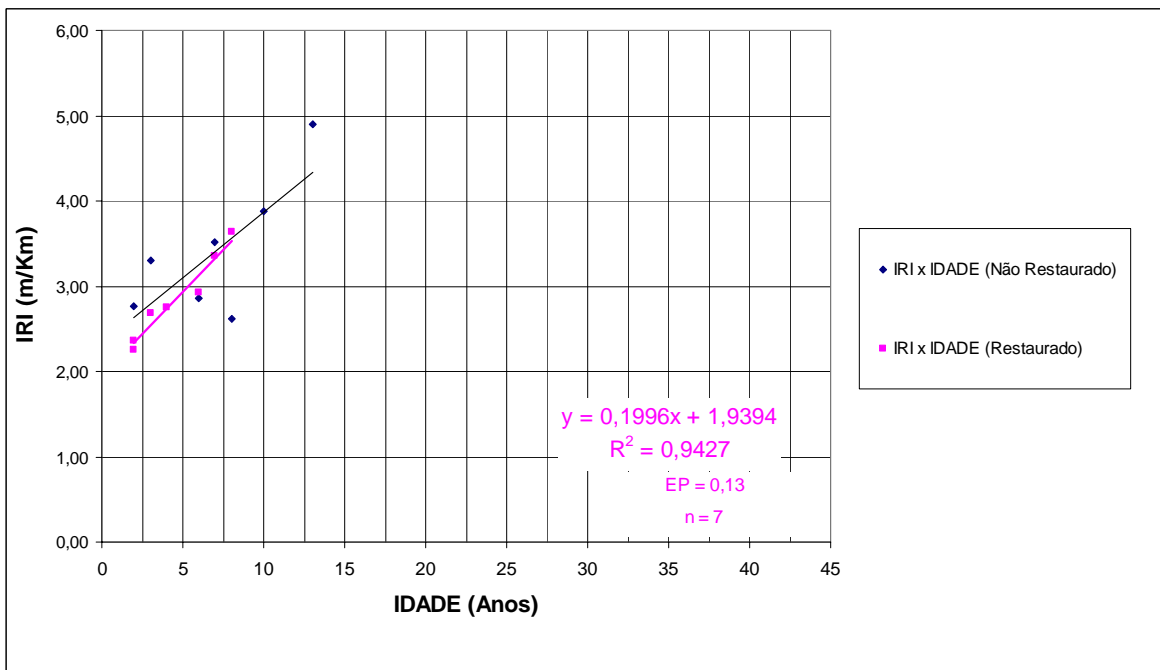
A regressão linear múltipla apresentada além de não ter apresentado ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.31 e 5.32 obtidas a partir de somente um regressor, apresentou confiabilidade estatística baixa.

## b) Análise após a restauração

As Figuras 5.80 e 5.81 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8.



**FIGURA 5.80** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.81** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.80):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 9,409\text{E-}07 \times \text{NA} + 2,263 & (5.34) \\ R^2 &= 0,85 \\ \text{EP} &= 0,21 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 0,292 \end{aligned}$$

onde:

IRI : Irregularidade média (m/km); e

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO).

O modelo linear também foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.81):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 0,199 \times \text{IDADE} + 1,939 & (5.35) \\ R^2 &= 0,94 \\ \text{EP} &= 0,13 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 0,027 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 3,861\text{E-}07 \times \text{NA} + 0,135 \times \text{IDADE} + 1,994 & (5.36) \\ R^2 &= 0,99 \\ \text{EP} &= 0,07 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 0,016 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 2,549\text{E-}07 \times \text{NA} + 0,150 \times \text{IDADE} - 0,004 \times \text{Hreforço} \\ &+ 2,326\text{E-}05 \times \text{VMD} + 1,931 & (5.37) \\ R^2 &= 0,99 \\ \text{EP} &= 0,09 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 2,065 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

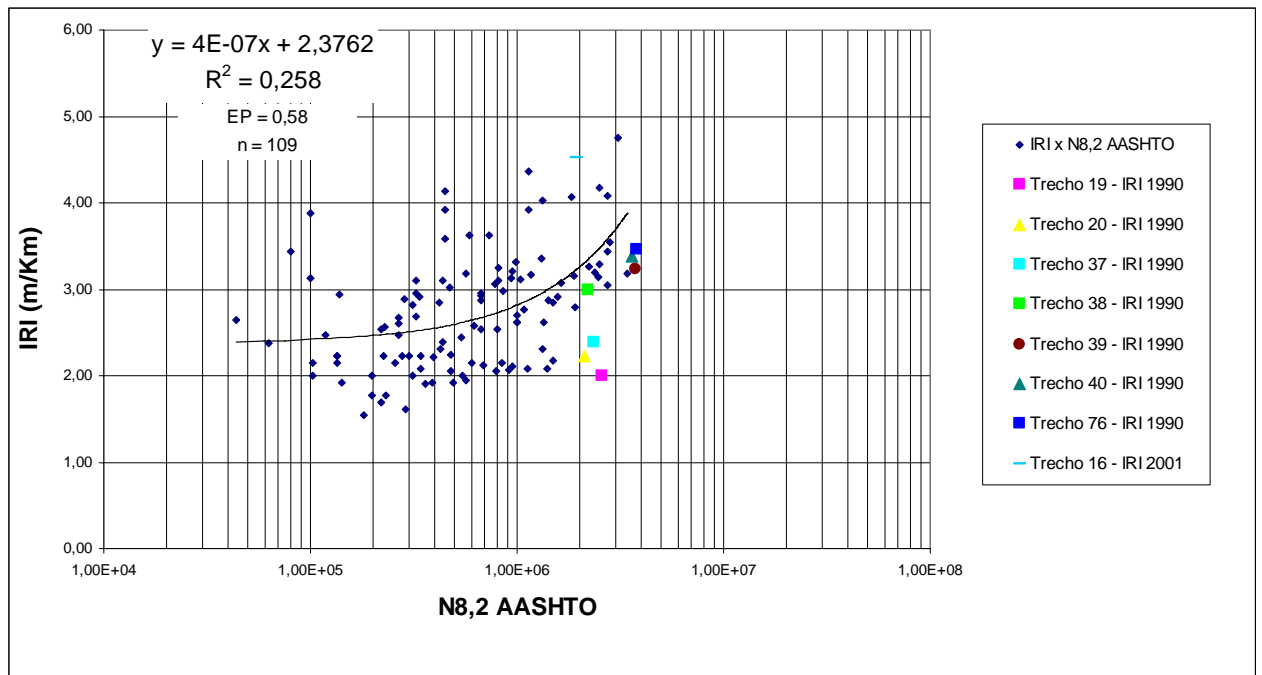
Hreforço : espessura do reforço em termos de CAUQ (cm) – após a restauração.

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada principalmente à linha de tendência 5.34 obtida a partir de somente um regressor, mas não apresentou melhora significativa em relação à linha de tendência 5.35. Ambas as regressões lineares múltiplas, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram alta confiabilidade estatística. Houve também melhora para o Erro Padrão (EP) da estimativa em relação às equações 5.34 e 5.35.

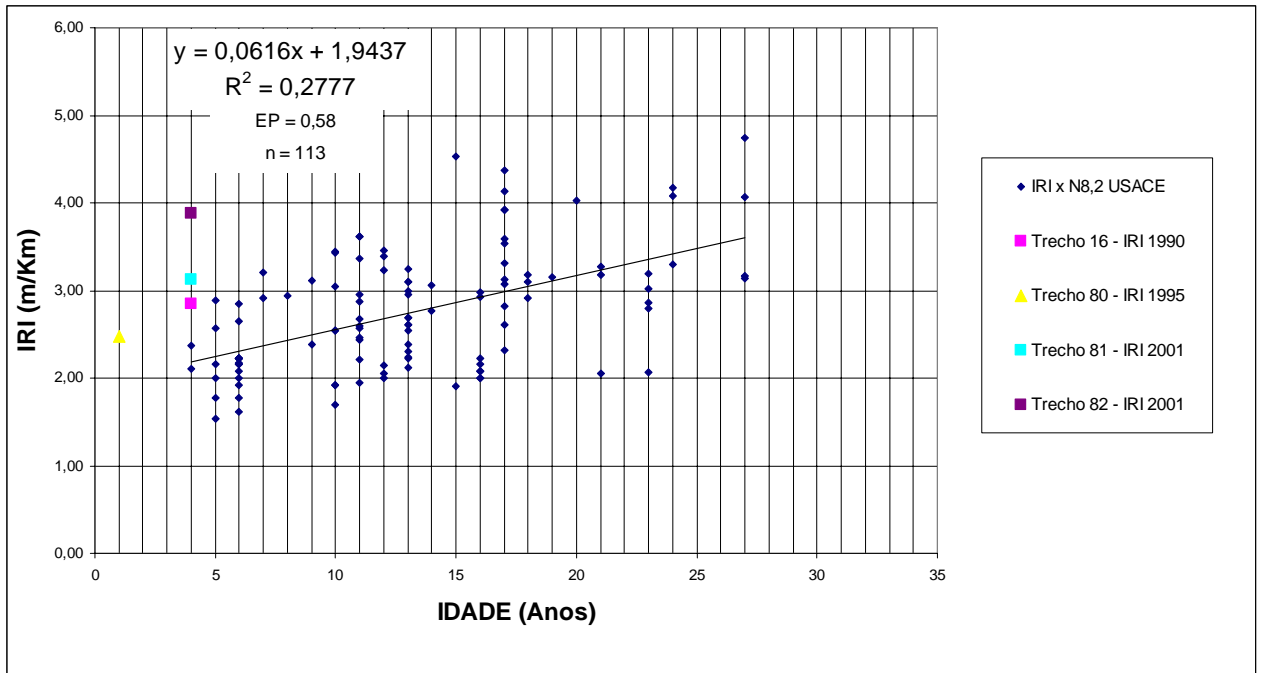
#### - Família 2 Subfamília 1

##### a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.82 e 5.83 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.82** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.83** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.82):

$$\text{IRI} = 4,398\text{E-}07 \times \text{NA} + 2,376 \quad (5.38)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,26 \\ EP &= 0,58 \\ n &= 109 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

IRI : Irregularidade média (m/km); e

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

O modelo linear também foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.83):

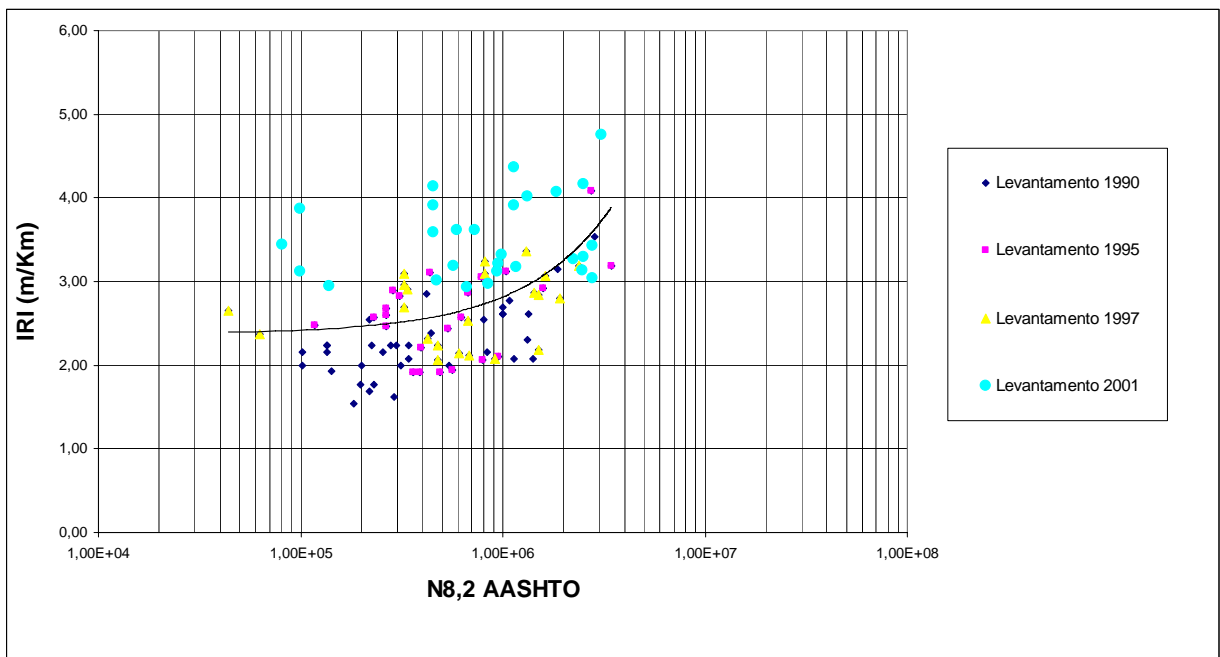
$$\text{IRI} = 0,062 \times \text{IDADE} + 1,944 \quad (5.39)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,28 \\ EP &= 0,58 \\ n &= 113 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

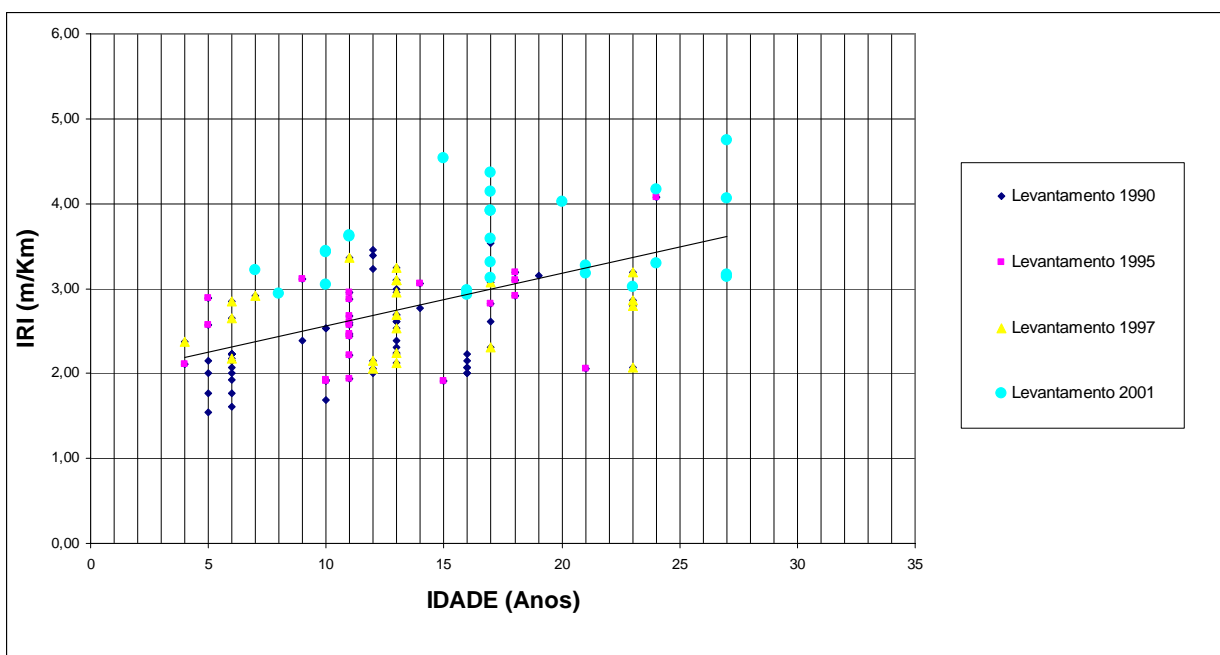
onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos

Nota-se nas Figuras 5.84 e 5.85 que há uma grande dispersão nos pontos. Isso se explica pelo fato de que pode haver um alto desvio padrão no processo construtivo dos trechos integrantes desta Subfamília, como já mostrado para a Deflexão Máxima Média. As Figuras 5.84 e 5.85 mostram os pontos para cada ano de levantamento plotados separadamente, onde se pode visualizar a alta variabilidade dos valores de IRI para um mesmo valor de  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos).



**FIGURA 5.84** - Família 2 Subfamília 1 -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) Para Cada Ano de Levantamento



**FIGURA 5.85** - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) Para Cada Ano de Levantamento

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 2,733\text{E-}07 \times \text{NA} + 0,041 \times \text{IDADE} + 1,955 & (5.40) \\ R^2 &= 0,38 \\ \text{EP} &= 0,53 \\ n &= 105 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 4,379\text{E-}07 \times \text{NA} + 0,050 \times \text{IDADE} - 0,004 \times \text{Hrevest} \\ &\quad - 0,0001 \times \text{VMD} + 2,035 & (5.41) \\ R^2 &= 0,43 \\ \text{EP} &= 0,51 \\ n &= 105 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

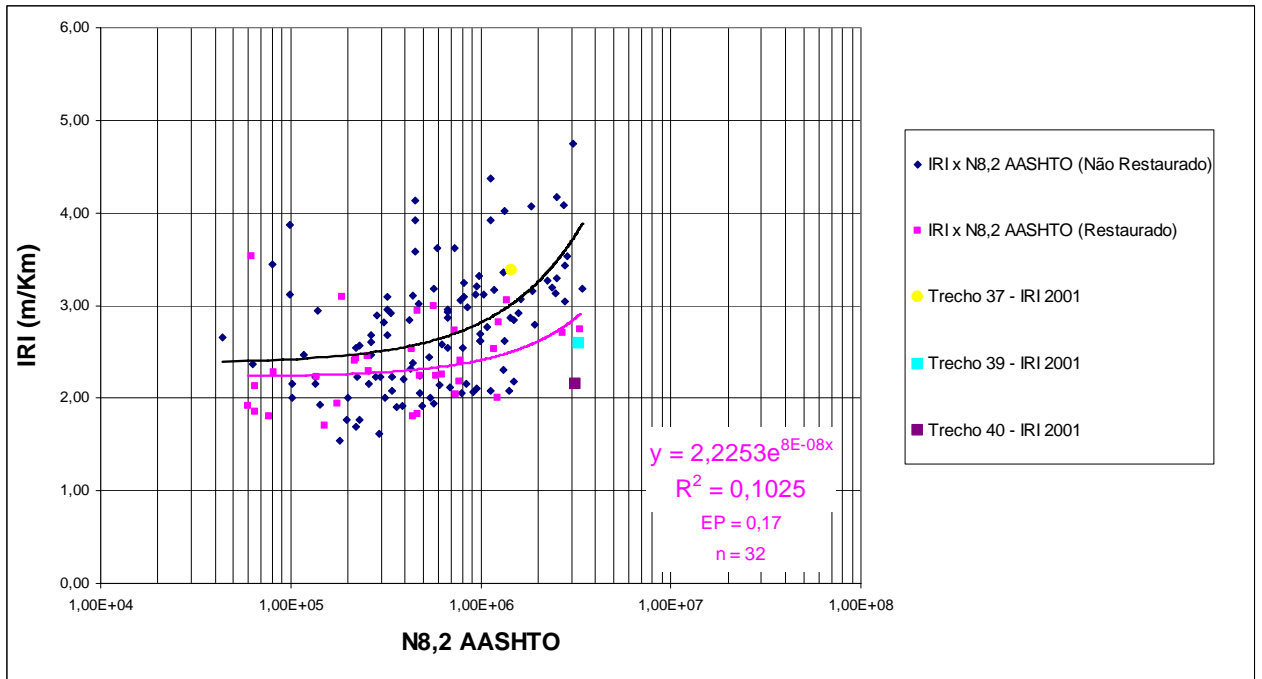
Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.38 e 5.39 obtidas a partir de somente um regressor, mas não apresentou melhora significativa para o erro padrão. Ambas as regressões lineares múltiplas, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram ótima confiabilidade.

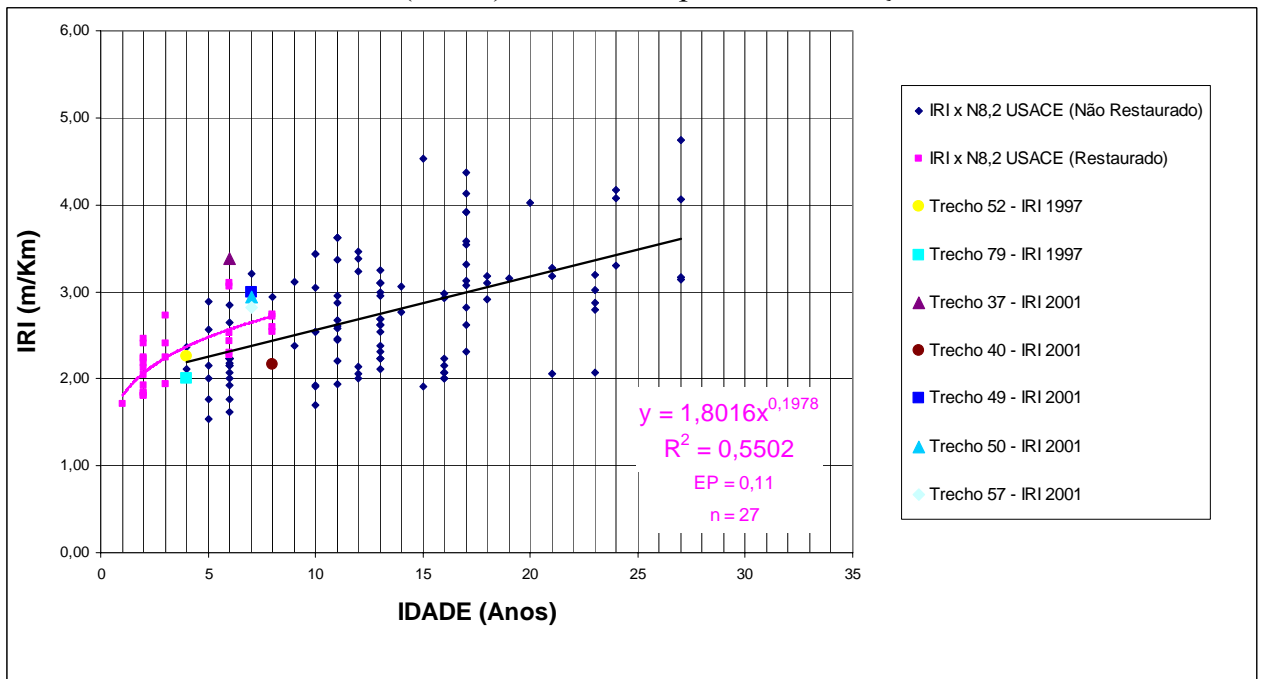
#### b) Análise após a restauração

As Figuras 5.86 e 5.87 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.





**FIGURA 5.86** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.87** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência definitiva - Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo exponencial (Figura 5.86):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 2,225 \times e^{8,025\text{E-}08 \times \text{NA}} & (5.42) \\ R^2 &= 0,10 \\ \text{EP} &= 0,17 \\ n &= 32 \\ \alpha &= 7,396 \end{aligned}$$

Onde:

IRI : Irregularidade média (m/km);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

O modelo potencial foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.87):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 1,802 \times \text{IDADE}^{0,198} & (5.43) \\ R^2 &= 0,55 \\ \text{EP} &= 0,11 \\ n &= 27 \\ \alpha &= 0,001 \end{aligned}$$

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 5,612\text{E-}08 \times \text{NA} + 0,104 \times \text{IDADE} + 1,871 & (5.44) \\ R^2 &= 0,49 \\ \text{EP} &= 0,28 \\ n &= 26 \\ \alpha &= 0,039 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= -3,669\text{E-}08 \times \text{NA} + 0,115 \times \text{IDADE} + 0,002 \times \text{Hreforço} \\ &\quad - 2,268\text{E-}06 \times \text{VMD} + 1,755 & (5.45) \\ R^2 &= 0,54 \\ \text{EP} &= 0,28 \\ n &= 26 \\ \alpha &= 0,188 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Hreforço : espessura do reforço em termos de CAUQ (cm) – após a restauração.

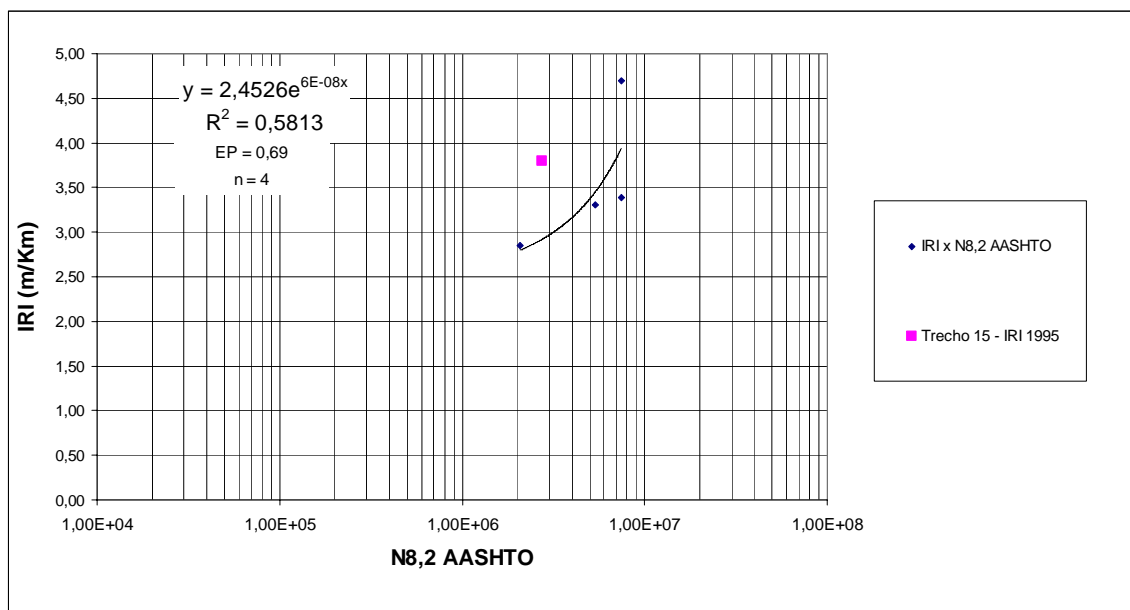
A regressão linear múltipla não apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada à linha de tendência 5.43 obtida a partir de somente um regressor. O erro padrão das regressões lineares múltiplas apresentou valores maiores se comparado às equações com somente um regressor. Ambas as regressões lineares múltiplas, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram ótima confiabilidade.

## - Família 2 Subfamília 2

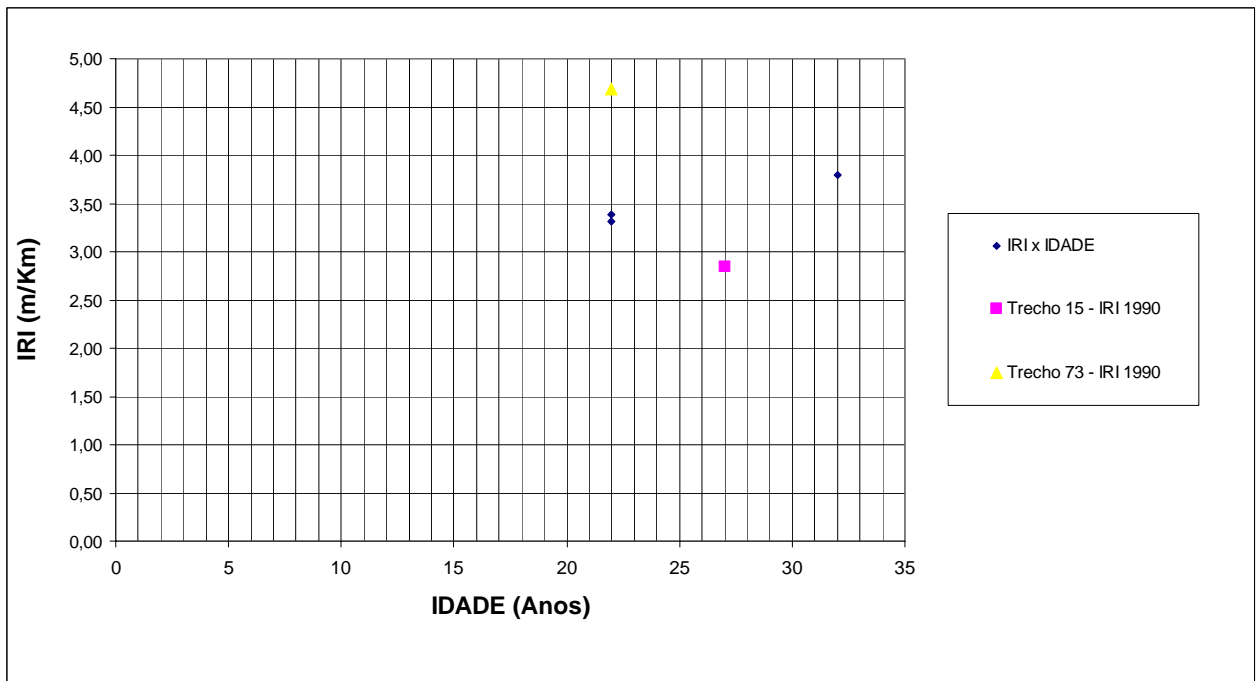
### a) Análise antes da restauração

Para a variável Idade (Anos), onde foram observados apenas 3 pontos após a análise dos “Nós”, não será feita a análise para a linha de tendência definitiva. Para a variável Idade (Anos) será apresentado somente o gráfico que mostra, além dos pontos válidos, aqueles excluídos da análise (ver Figura 5.89).

A Figura 5.88 mostra a linha de tendência definitiva antes da restauração, além de mostrar os pontos excluídos na análise dos “Nós” para  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km). Mostra também a linha de tendência definitiva obtida através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8.



**FIGURA 5.88** - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.89** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo exponencial (Figura 5.88):

$$IRI = 2,453 \times e^{6,371E-08 \times NA} \quad (5.46)$$

$$R^2 = 0,58$$

$$EP = 0,69$$

$$n = 4$$

$$\alpha = 23,759$$

onde:

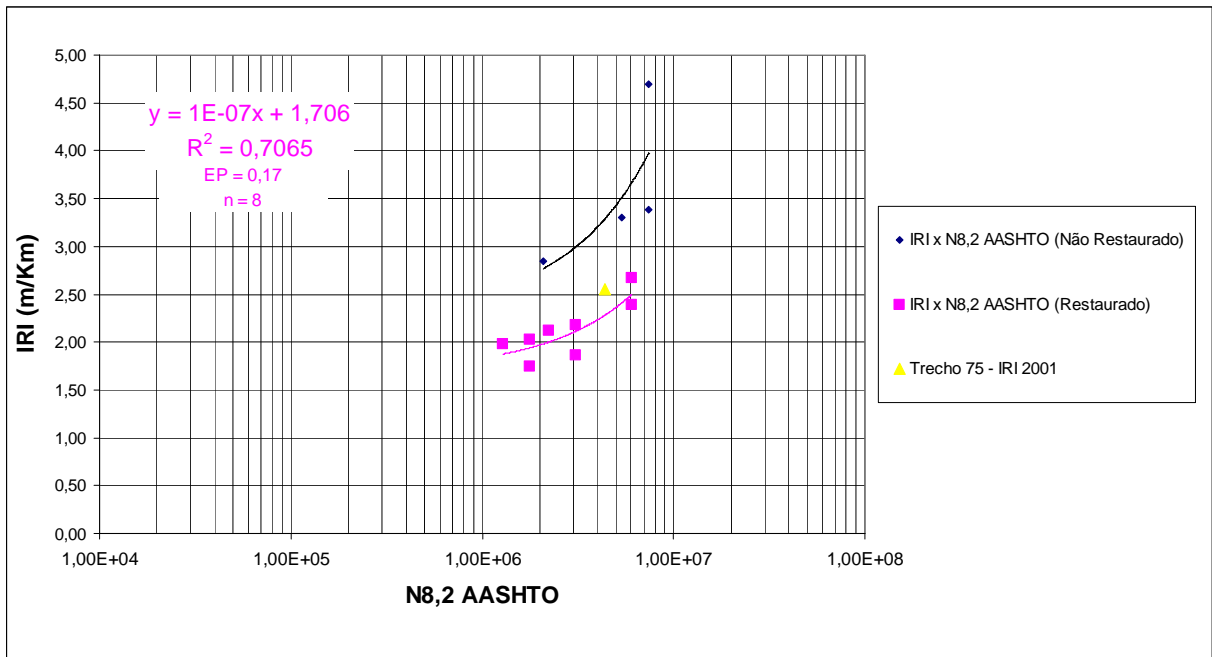
IRI : Irregularidade média (m/km); e

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

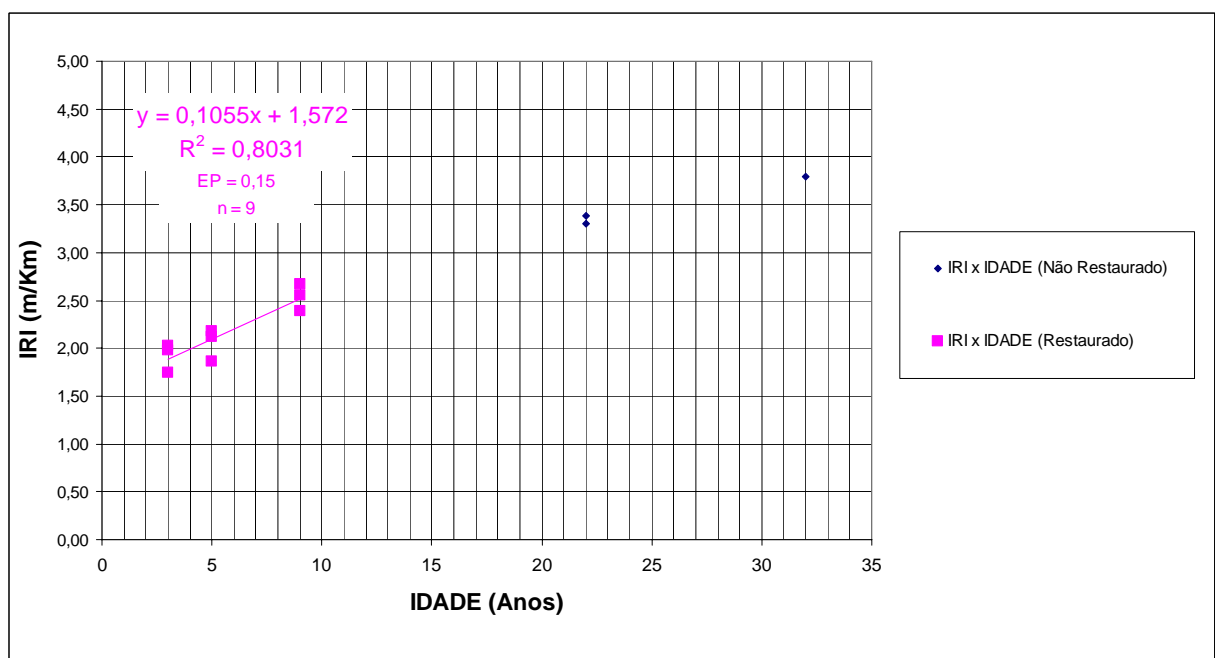
A análise de regressão linear múltipla não foi efetuada, pois a análise envolvendo dois regressores não apresentou ganho em termos de  $R^2$ . A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente não foi testada por apresentar somente dois pontos válidos de acordo com a combinação dos pontos válidos referentes aos regressores NA e IDADE.

- Análise após a restauração

As Figuras 5.90 e 5.91 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x IRI (m/km) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.90** - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x IRI (m/km) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.91** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x IRI (M/km) – Análise Após a Restauração

O modelo que apresentou o melhor coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.90):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 1,315\text{E-}07 \times \text{NA} + 1,706 & (5.47) \\ R^2 &= 0,71 \\ \text{EP} &= 0,17 \\ n &= 8 \\ \alpha &= 0,897 \end{aligned}$$

onde:

IRI : Irregularidade média (m/km);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa (m/km).

O modelo linear também foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.91):

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 0,105 \times \text{IDADE} + 1,572 & (5.48) \\ R^2 &= 0,80 \\ \text{EP} &= 0,15 \\ n &= 9 \\ \alpha &= 0,107 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{IRI} &= 1,636\text{E-}07 \times \text{NA} + 0,063 \times \text{Hreforço} + 0,979 & (5.49) \\ R^2 &= 0,90 \\ \text{EP} &= 0,11 \\ n &= 8 \\ \alpha &= 0,397 \end{aligned}$$

Hreforço : espessura do reforço em termos de CAUQ (cm) – após a restauração

Outra configuração ainda foi testada se utilizando de quatro regressores analisados conjuntamente, como mostra a Tabela 5.62. O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned}
 \text{IRI} &= 1,409\text{E-}07 \times \text{NA} - 0,089 \times \text{IDADE} + 0,159 \times \text{Hreforço} \\
 &+ 0,0003 \times \text{VMD} - 2,195 \\
 R^2 &= 0,99 \\
 \text{EP} &= 0,04 \\
 n &= 8 \\
 \alpha &= 0,146
 \end{aligned}
 \tag{5.50}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação)

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparada principalmente à linha de tendência 5.47 obtida a partir de somente um regressor. O erro padrão também apresentou melhora. Ambas as regressões lineares múltiplas, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram ótima confiabilidade.

- Trincamento Total

#### - Família 1 Subfamília 1

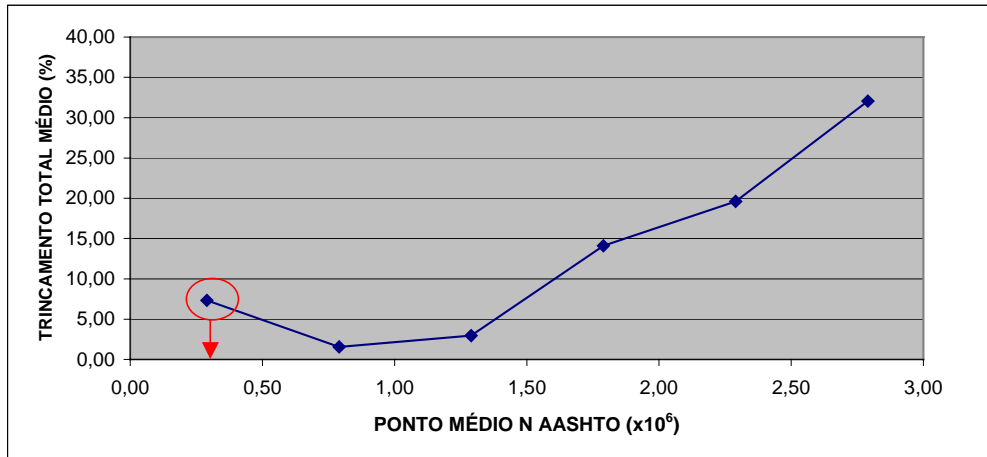
##### a) Análise antes da restauração

As Tabelas de 5.37 a 5.39 e as Figuras 5.92 e 5.94 mostram a análise dos “Nós” antes da restauração, identificando os “Nós” Anômalos a serem transladados, além do resultado final obtido após a translação dos “Nós” tanto para  $N_{8,2}$  AASHTO como para Idade (Anos) .

As Figuras 5.95 e 5.96 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”. Ressalta-se que a análise dos “Nós” após a restauração não foi efetuada por motivos já expostos no item 5.2.2.3.

**TABELA 5.37** - Intervalos de Frequência Antes da Translação dos “Nós” -  $N_{8,2}$  AASHTO – Antes da Restauração

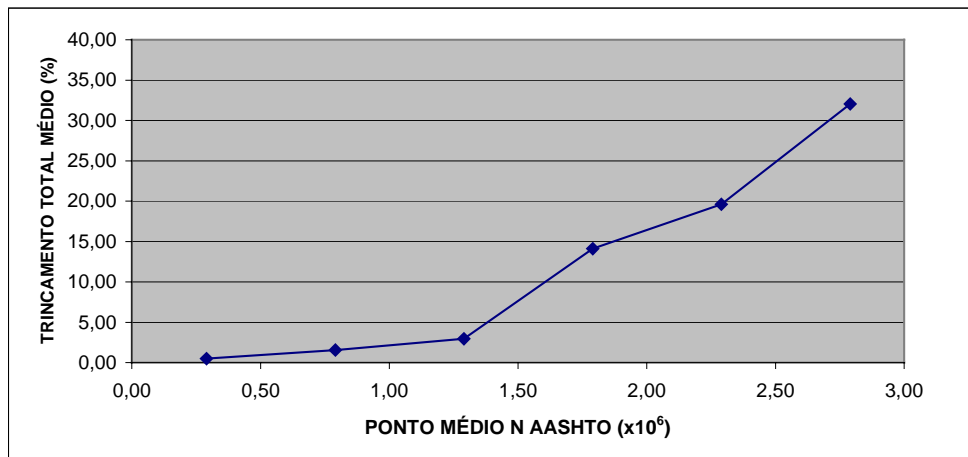
Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	Trincamento Médio (%)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,29	9	7,31	20,00
0,54 - 1,04	0,79	4	1,54	8,89
1,04 - 1,54	1,29	11	2,94	24,44
1,54 - 2,04	1,79	8	14,11	17,78
2,04 - 2,54	2,29	5	19,61	11,11
2,54 - 3,04	2,79	8	32,05	17,78



**FIGURA 5.92** - “Nós” Anômalos a Serem Transladados -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

**TABELA 5.38** - Intervalos de Freqüência Após a Translação dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

Intervalos de NAASHTO (Nós) ( $\times 10^6$ )	Ponto Médio NAASHTO ( $\times 10^6$ )	Freqüência de Pontos no Intervalo (Nó)	Trincamento Médio (%)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
0,04 - 0,54	0,29	6	0,49	14,29
0,54 - 1,04	0,79	4	1,54	9,52
1,04 - 1,54	1,29	11	2,94	26,19
1,54 - 2,04	1,79	8	14,11	19,05
2,04 - 2,54	2,29	5	19,61	11,90
2,54 - 3,04	2,79	8	32,05	19,05

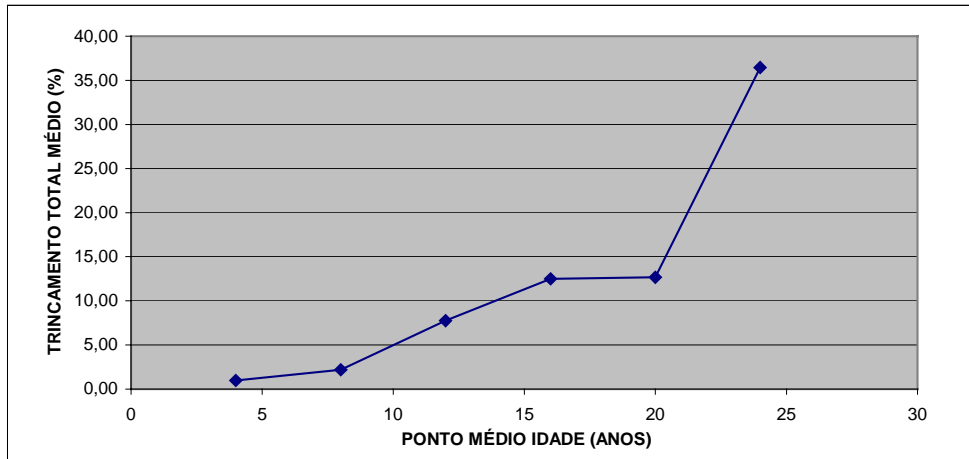


**FIGURA 5.93** - Resultado Final Para Análise dos “Nós” -  $N_{8,2t}$  AASHTO – Antes da Restauração

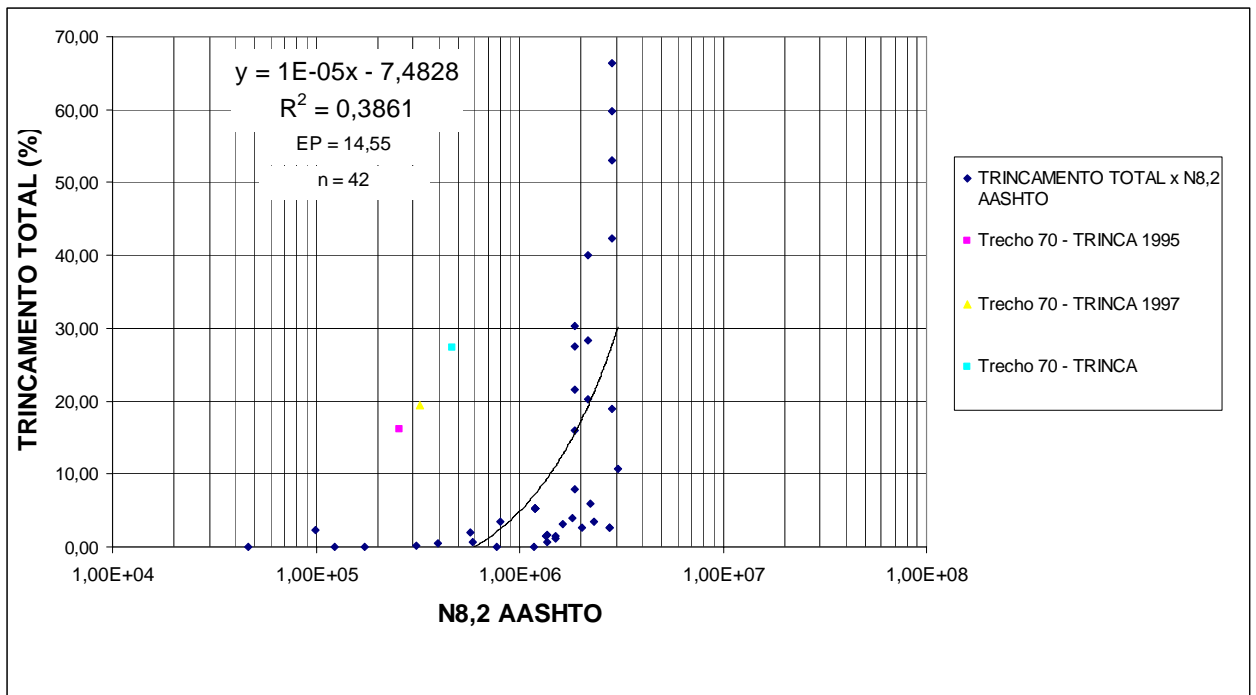


**TABELA 5.39** - Intervalos de Frequência com Inexistência de “Nós” Anômalos - Idade (Anos) – Antes da Restauração

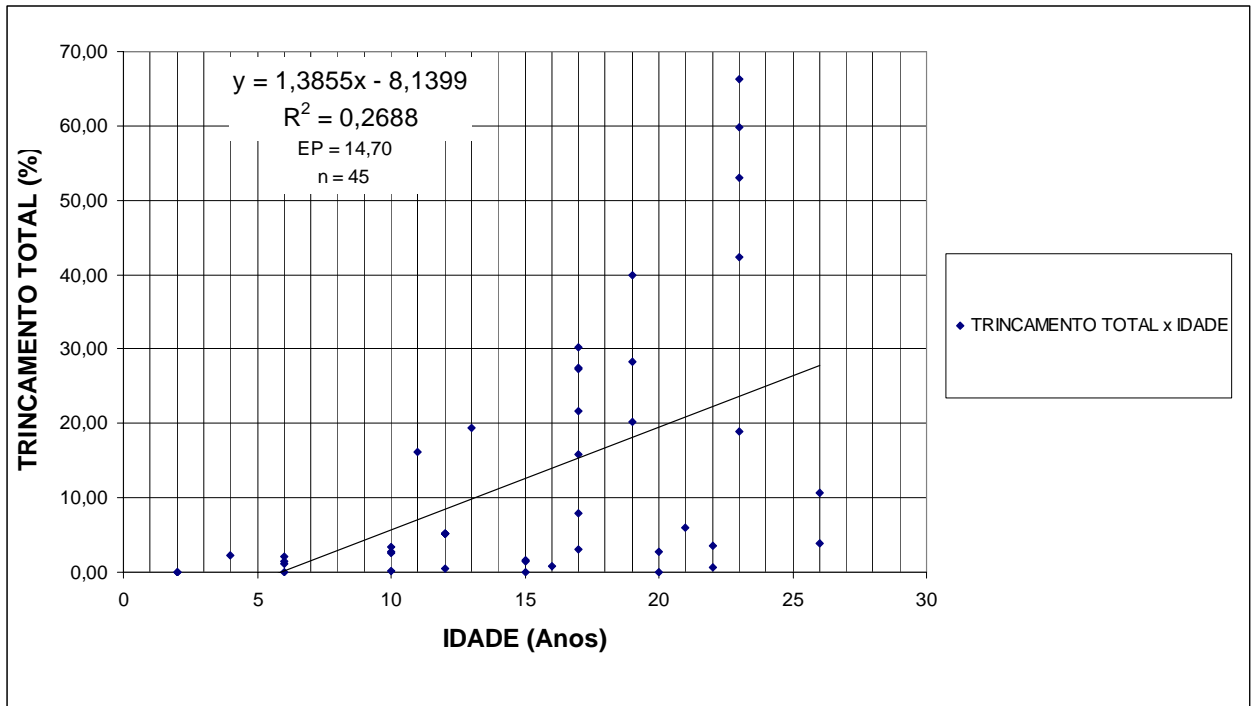
Intervalos Idade (Nós) (Anos)	Ponto Médio (Anos)	Frequência de Pontos no Intervalo (Nó)	Trincamento Médio (%)	% Ocorrência dos Pontos no Intervalo (Nó)
2-6	4	7	0,98	15,56
6-10	8	4	2,20	8,89
10-14	12	8	7,75	17,78
14-18	16	11	12,50	24,44
18-22	20	8	12,68	17,78
22-26	24	7	36,44	15,56



**FIGURA 5.94** – Inexistência de “Nós” Anômalos a Serem Transladados - Idade (Anos) – Antes da Restauração



**FIGURA 5.95** - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.96** - Família 1 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.95):

$$\text{TRINCA} = 1,236\text{E-}05 \times \text{NA} - 7,483 \quad (5.51)$$

$$R^2 = 0,39$$

$$EP = 14,55$$

$$n = 42$$

$$\alpha = 0,000$$

Onde:

TRINCA : Trincamento Total (%);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa (%).

O modelo polinomial foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.96):

$$\text{TRINCA} = 1,385 \times \text{IDADE} - 8,140 \quad (5.52)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,27 \\ EP &= 14,70 \\ n &= 45 \\ \alpha &= 0,026 \end{aligned}$$

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos

De acordo com a análise de variância, a confiabilidade da linha de tendência 5.51 é de praticamente 100%, ou seja, apresenta um nível de significância igual a zero, como se pode observar na Tabela 5.40. Já para a linha de tendência 5.52, a confiabilidade é de 99,973%, ou nível de significância igual a 0,026%, como mostra a Tabela 5.41.

**TABELA 5.40** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor N8,2t AASHTO

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	4798,158065	4798,158065	25,16211705	1,12447E-05
Resíduo	40	7627,590405	190,6897601		
Total	41	12425,74847			

**TABELA 5.41** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância do Regressor Idade (Anos)

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3416,712114	3416,712114	15,80607928	0,000264077
Resíduo	43	9295,070478	216,1644297		
Total	44	12711,78259			

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação está mostrada na Tabela 5.42.

**TABELA 5.42** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Dois Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,737807004
R-Quadrado	0,544359175
R-quadrado ajustado	0,520992979
Erro padrão	12,04870275
Observações	42
<i>Coefficientes</i>	
Interseção	4,020582068
Variável X 1 NA	1,80144E-05
Variável X 2 VMD	-0,009475268

O modelo é o seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,801\text{E-}05 \times \text{NA} - 0,009 \times \text{VMD} + 4,020 \quad (5.53)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,54 \\ EP &= 12,05 \\ n &= 42 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A análise de variância proposta na equação 5.10 está apresentada na Tabela 5.43. A variável do valor indicativo da confiabilidade da regressão (F), comparada com valor limite Tabelado ( $F_{\alpha, k, n-p}$ ) que depende de  $\alpha$ , k e n-p (nível de significância requerido, graus de liberdade da regressão, graus de liberdade dos resíduos) apresentou o seguinte resultado para um nível de significância de 5%:

$$F > F_{0,05, 2, 39}$$

$$23,30 > 3,24$$

Confirma-se, a partir desta análise, que há relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre ambos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.9 de 100%.

**TABELA 5.43** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO e VMD

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	2	6764,070188	3382,035094	23,29686749	2,20364E-07
Resíduo	39	5661,678282	145,171238		
Total	41	12425,74847			

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente está mostrada na tabela 5.44.

**TABELA 5.44** - Família 1 Subfamília 1 - Estatísticas da Regressão e Coeficientes Para a Combinação de Quatro Regressores

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,788086691
R-Quadrado	0,621080632
R-quadrado ajustado	0,580116376
Erro padrão	11,28064206
Observações	42
<i>Coefficientes</i>	
Interseção	-10,38755737
Variável X 1 NA	1,1391E-05
Variável X 2 IDADE	0,350421488
Variável X 3 Hrevest	2,185444134
Variável X 4 VMD	-0,008167252

O modelo é o seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,139\text{E-}05 \times \text{NA} + 0,350 \times \text{IDADE} + 2,185 \times \text{Hrevest} - 0,008 \times \text{VMD} - 0,387 \quad (5.54)$$

$$R^2 = 0,62$$

$$\text{EP} = 11,28$$

$$n = 42$$

$$\alpha = 0,000$$

onde:

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A análise de variância, mostrada na Tabela 5.45, para um nível de significância de 5%, foi a seguinte:

$$F > F_{0,05,4,37}$$

$$15,16 > 2,63$$

Confirma-se, a partir desta análise, que há relação de linearidade entre um ou outro regressor, ou também entre ambos, sendo a confiabilidade da regressão, segundo a equação 5.15 de 100%.

**TABELA 5.45** – Família 1 Subfamília 1 - Análise de Variância Para Testar a Significância da Regressão Entre os Regressores  $N_{8,2t}$  AASHTO, IDADE, Hrevest e VMD

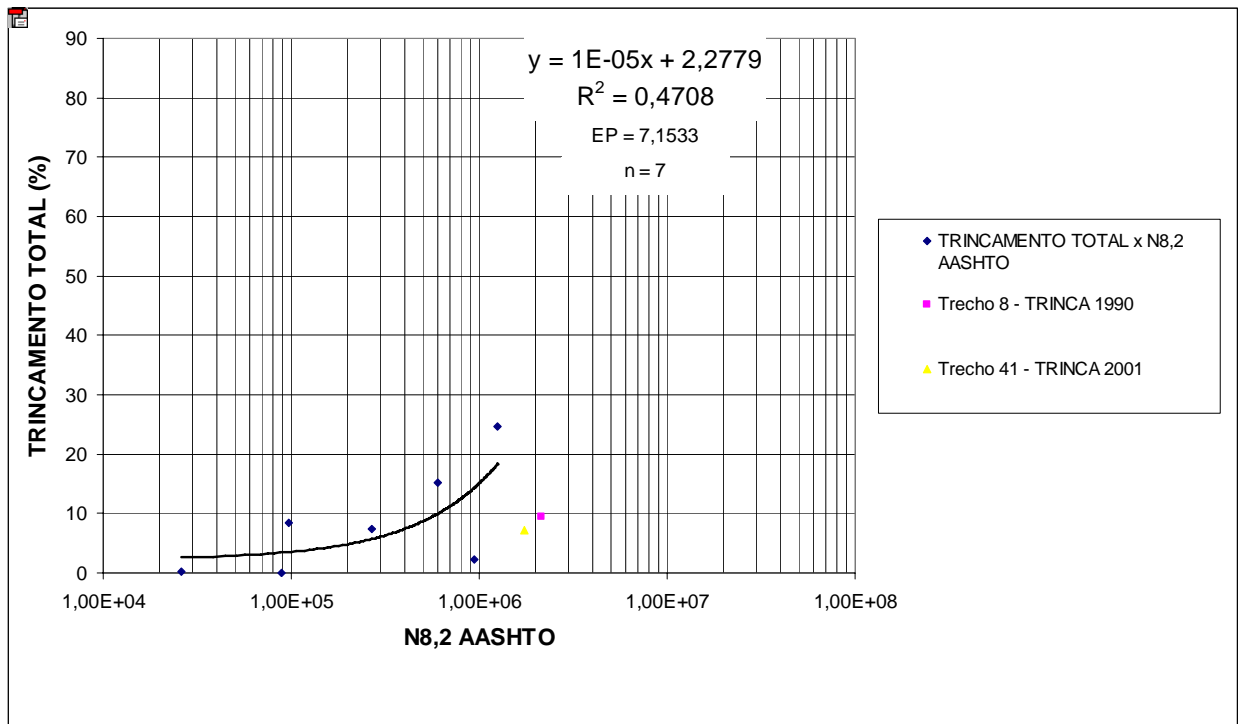
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	7717,391714	1929,347928	15,16152599	1,99378E-07
Resíduo	37	4708,356756	127,2528853		
Total	41	12425,74847			

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.51 e 5.52 obtidas a partir de somente um regressor. O erro padrão apresentou ligeira melhora, sendo que ambas as regressões lineares múltiplas, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram ótima confiabilidade.

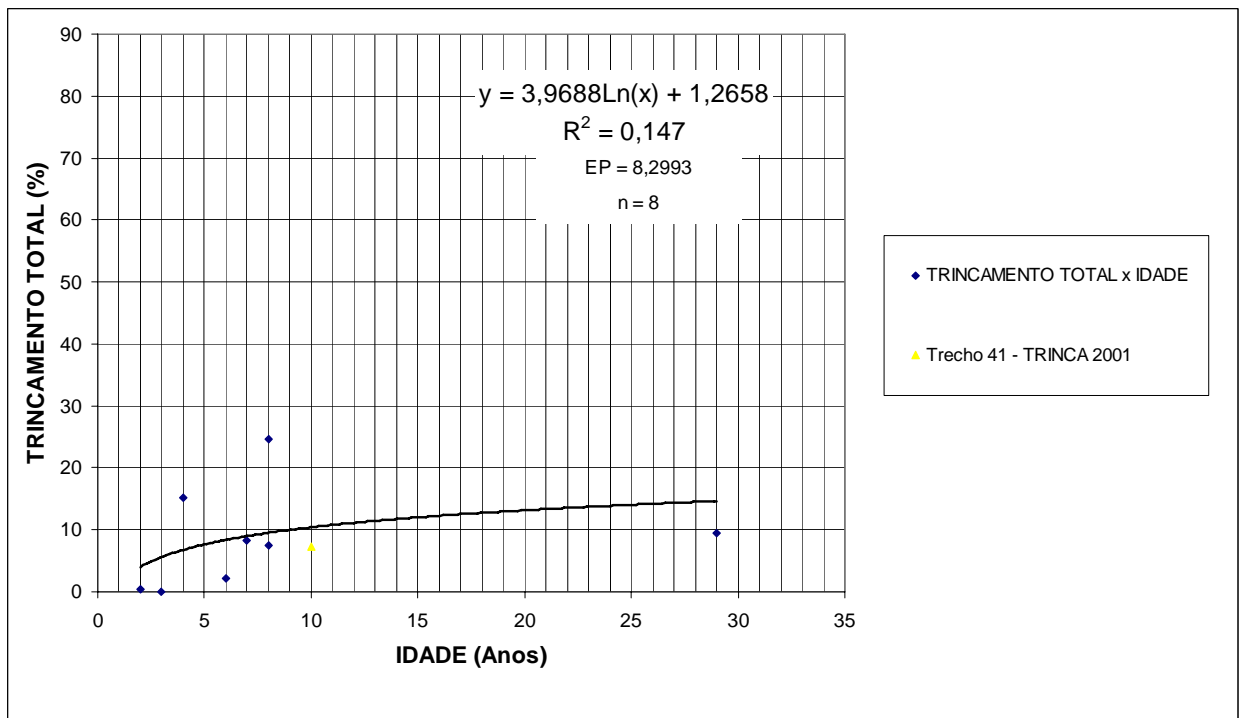
#### - Família 1 Subfamília 2

##### a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.97 e 5.98 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.97** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.98** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.97):

$$\text{TRINCA} = 1,279\text{E-}05 \times \text{NA} + 2,278 \quad (5.55)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,47 \\ EP &= 7,15 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 8,874 \end{aligned}$$

onde:

TRINCA : Trincamento Total (%);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa (%).

O modelo logaritmico foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.98):

$$\text{TRINCA} = 3,969 \times \text{Ln}(\text{IDADE}) + 1,266 \quad (5.56)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,15 \\ EP &= 8,30 \\ n &= 8 \\ \alpha &= 34,843 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,666\text{E-}05 \times \text{NA} - 22,306 \times \text{Hrevest} + 80,120 \quad (5.57)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,92 \\ EP &= 3,19 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 0,710 \end{aligned}$$

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente foi a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 9,707\text{E-}06 \times \text{NA} + 1,005 \times \text{IDADE} - 21,608 \times \text{Hrevest} + 0,001 \times \text{VMD} + 72,516 \quad (5.58)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,96 \\ EP &= 3,10 \\ n &= 7 \\ \alpha &= 7,810 \end{aligned}$$

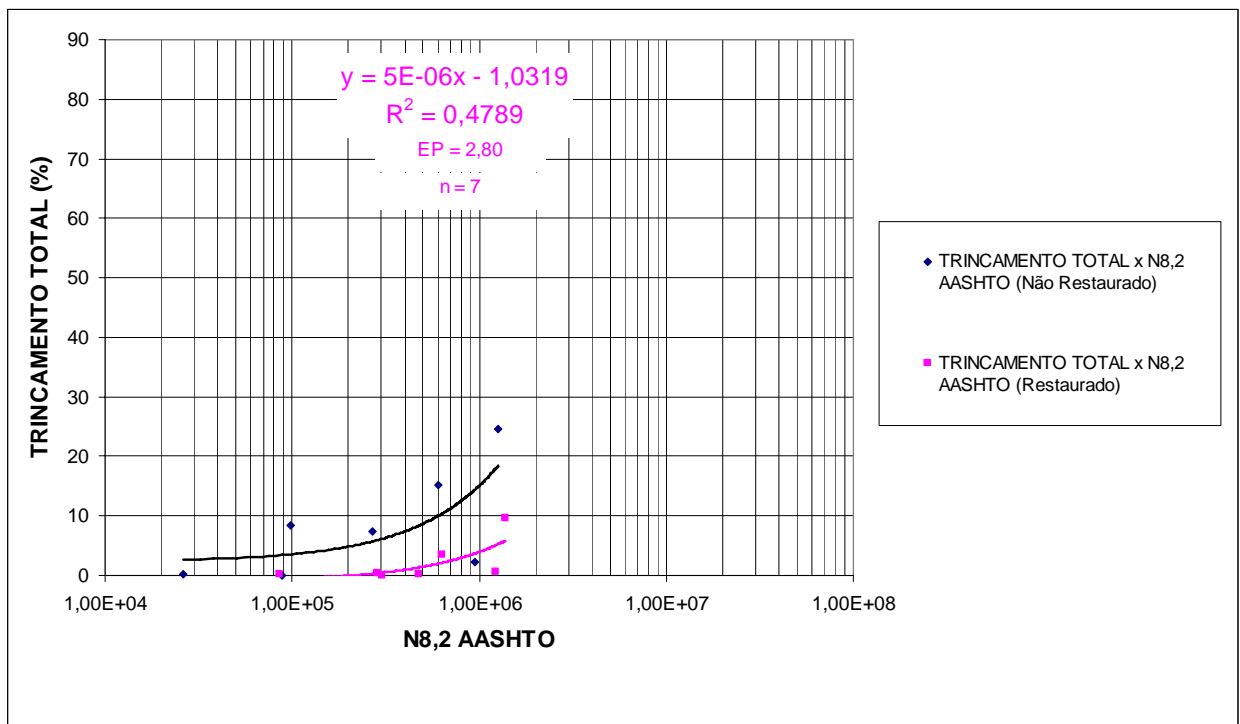
onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.55 e 5.56 obtidas a partir de somente um regressor. O erro padrão nas regressões lineares múltiplas apresentou melhora, sendo que ambas as regressões, tanto para dois quanto para quatro regressores, apresentaram boa confiabilidade. Ressalta-se também que a configuração de quatro regressores não acrescentou melhoras significativas se comparado a de dois regressores.

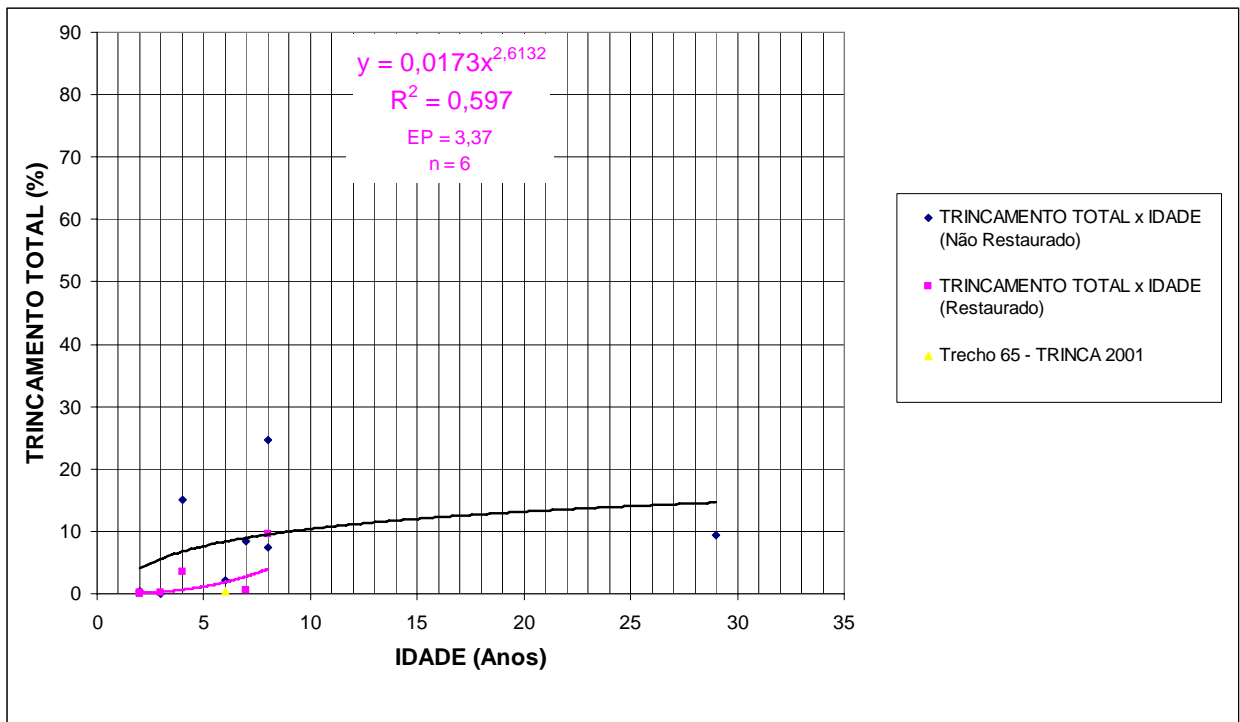
#### b) Análise após a restauração

As Figuras 5.99 e 5.100 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.99** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração





**FIGURA 5.100** - Família 1 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.99):

$$\text{TRINCA} = 4,978\text{E-}06 \times \text{NA} - 1,032 \quad (5.59)$$

$$R^2 = 0,48$$

$$\text{EP} = 2,80$$

$$n = 7$$

$$\alpha = 8,493$$

onde:

TRINCA : Trincamento Total (%);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO);

O modelo potencial foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.100):

$$\text{TRINCA} = 0,017 \times \text{IDADE}^{2,613} \quad (5.60)$$

$$R^2 = 0,60$$

$$\text{EP} = 3,37$$

$$n = 6$$

$$\alpha = 7,166$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi o seguinte:

$$\text{TRINCA} = 6,697\text{E-}06 \times \text{NA} - 2,787 \times \text{Hreforço} + 11,482 \quad (5.61)$$

$$R^2 = 0,80$$

$$\text{EP} = 2,18$$

$$n = 6$$

$$\alpha = 8,708$$

Hreforço : espessura do reforço em termos de CAUQ (cm) – após a restauração

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente é a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,083\text{E-}05 \times \text{NA} - 0,771 \times \text{IDADE} - 2,771 \times \text{Hreforço} - 0,0001 \times \text{VMD} + 12,476 \quad (5.62)$$

$$R^2 = 0,81$$

$$\text{EP} = 3,74$$

$$n = 6$$

$$\alpha = 61,776$$

onde:

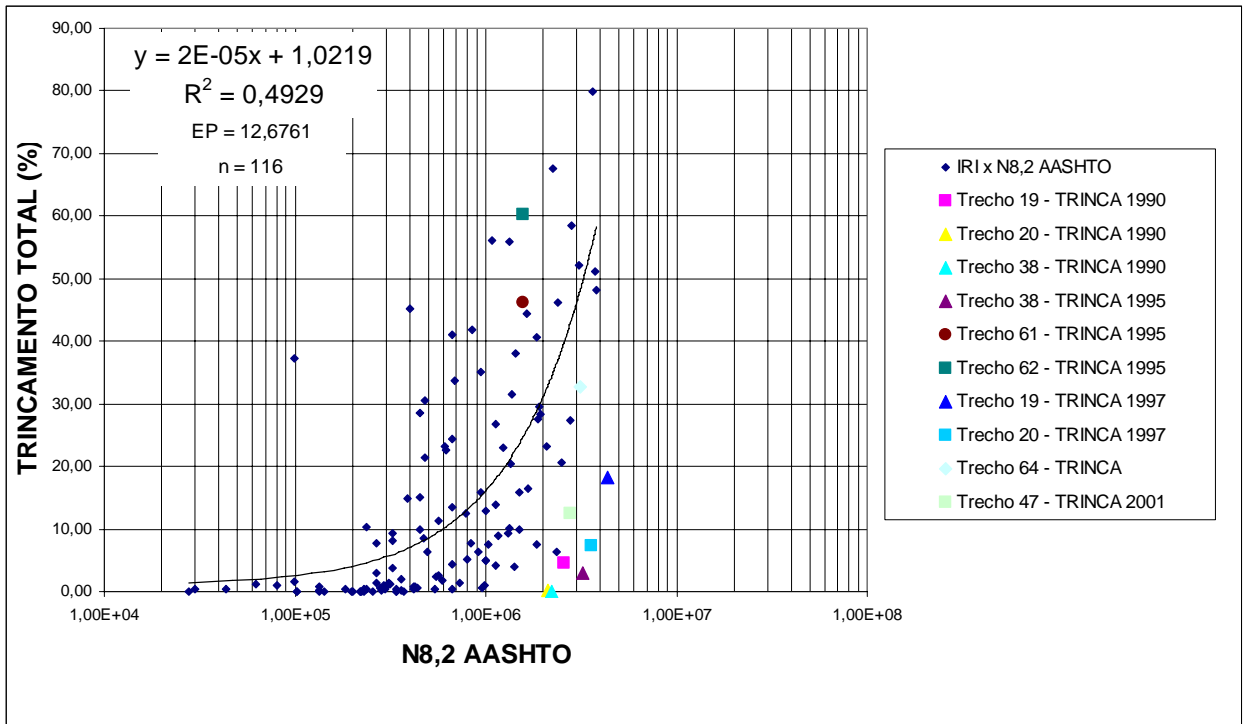
VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada às linhas de tendência 5.59 e 5.60 obtidas a partir de somente um regressor. Apesar da regressão a partir de quatro regressores ter oferecido coeficiente de determinação ( $R^2$ ) praticamente igual àquela com somente dois regressores, apresentou confiabilidade significativamente menor. O erro padrão na regressão para a configuração de dois ou quatro regressores não apresentou melhora significativa em relação às linhas de tendência com somente um regressor.

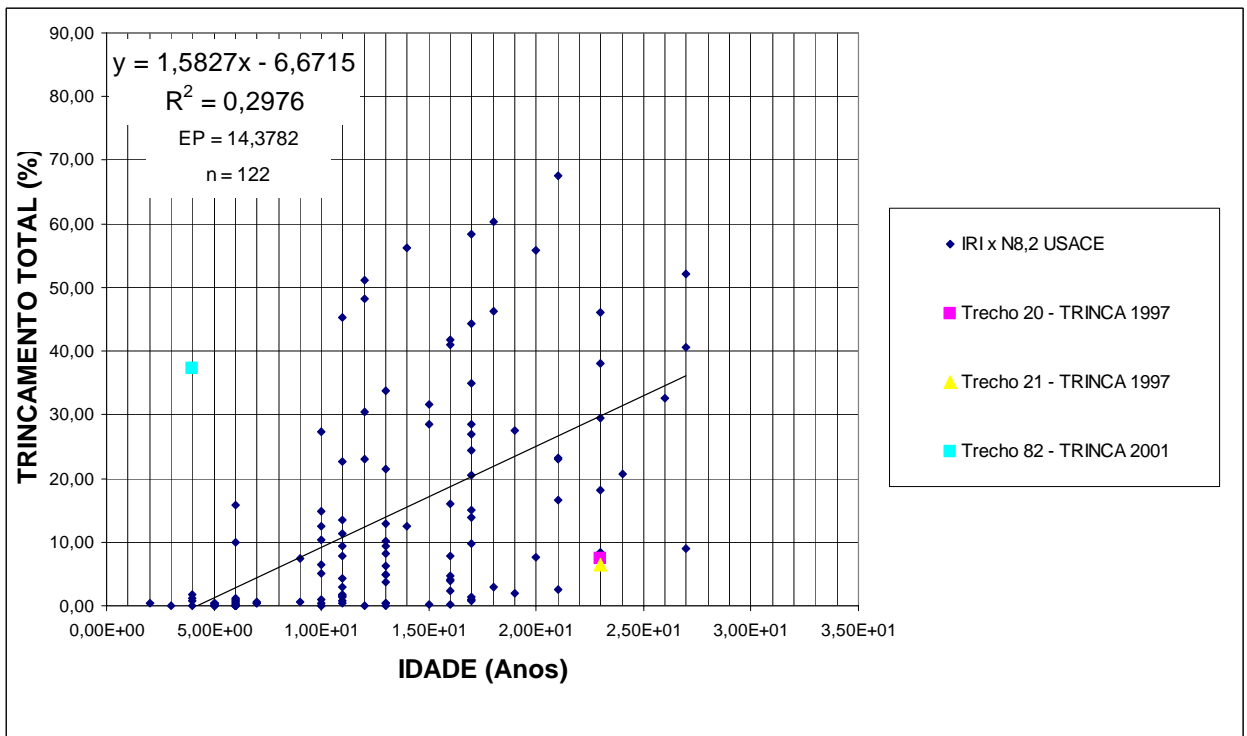
## - Família 2 Subfamília 1

### a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.101 e 5.102 mostram as linhas de tendência definitivas antes restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.101** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração



**FIGURA 5.102** - Família 2 Subfamília 1 – Linha De Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.101):

$$\text{TRINCA} = 1,508\text{E-}05 \times \text{NA} + 1,022 \quad (5.63)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,49 \\ EP &= 12,68 \\ n &= 116 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

TRINCA : Trincamento Total (%);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

EP : erro padrão da estimativa (%).

A equação linear também foi a que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.109):

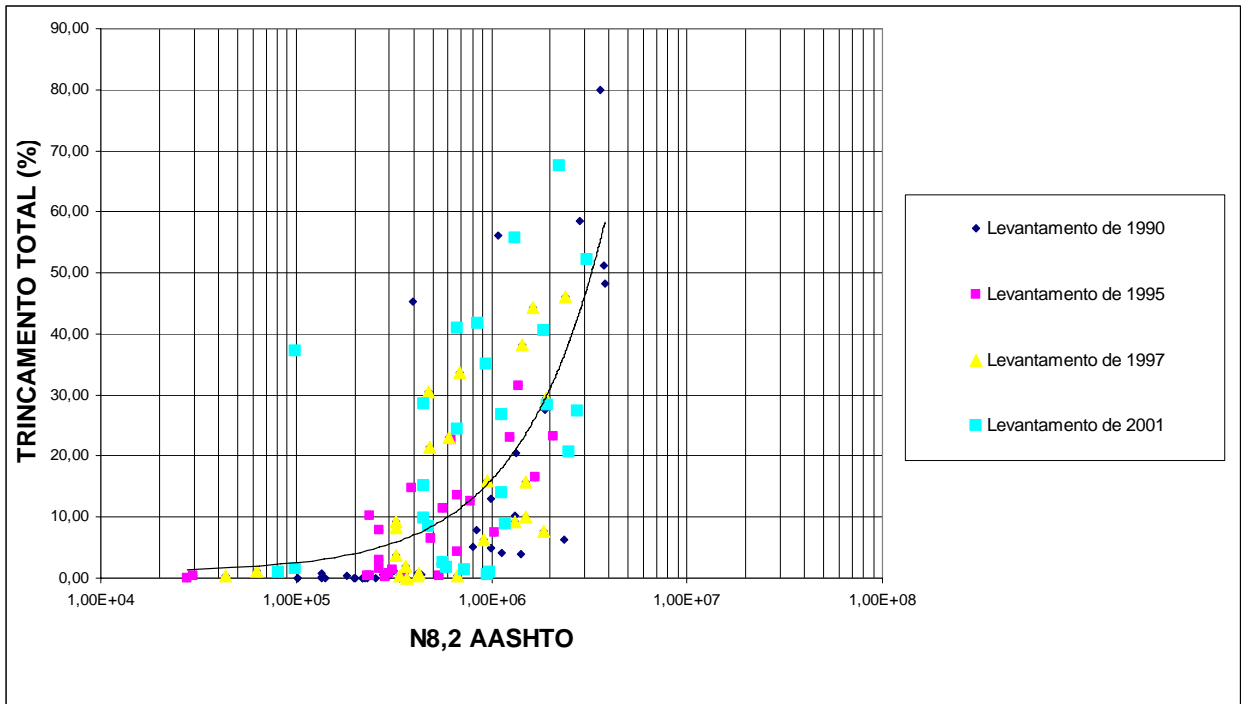
$$\text{TRINCA} = 1,583 \times \text{IDADE} - 6,671 \quad (5.64)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,30 \\ EP &= 14,38 \\ n &= 122 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

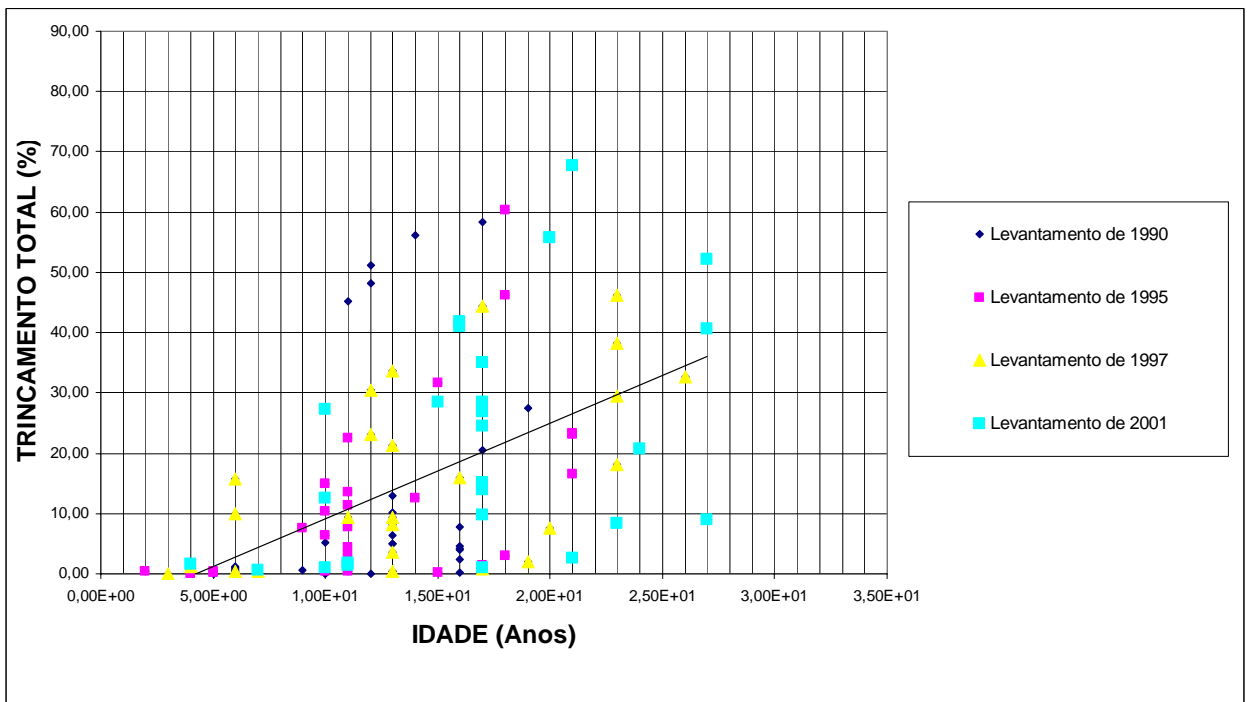
onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos.

Nota-se nas Figuras 5.101 e 5.102 que há uma grande dispersão nos pontos, principalmente para a variável Idade (Anos). Isso se explica pelo fato de pode haver um alto desvio padrão no processo construtivo dos trechos integrantes desta Subfamília, como já mostrado para a Deflexão Máxima Média e para o IRI. As Figuras 5.103 e 5.104 mostram os pontos para cada ano de levantamento plotados separadamente, onde se pode visualizar a alta variabilidade dos valores de Trincamento Total para um mesmo valor de  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos).



**FIGURA 5.103** - Família 2 Subfamília 1 - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) Para Cada Ano de Levantamento



**FIGURA 5.104** - Família 2 Subfamília 1 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) Para Cada Ano de Levantamento

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 1,154\text{E-}05 \times \text{NA} + 0,734 \times \text{IDADE} - 5,639 & (5.65) \\ R^2 &= 0,51 \\ \text{EP} &= 11,66 \\ n &= 113 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente foi a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 1,466\text{E-}05 \times \text{NA} + 0,945 \times \text{IDADE} - 0,315 \times \text{Hrevest} - 0,003 \times \text{VMD} - 3,225 & (5.66) \\ R^2 &= 0,55 \\ \text{EP} &= 11,41 \\ n &= 113 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação); e

Hrevest : espessura do revestimento em termos de CAUQ (cm) – antes da restauração.

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparada à linha de tendência 5.64 obtida a partir de somente um regressor (Idade). Não houve um ganho significativo em termos de coeficiente de correlação entre a regressão linear múltipla com dois e quatro regressores, bem como também para o erro padrão. O erro padrão entre a regressão com somente um regressor (linhas de tendência 5.64 e 5.65), se comparada com aquelas feitas com dois e quatro regressores, também não apresentou melhora significativa.

#### b) Análise após a restauração

As Figuras 5.105 e 5.106 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (Figura 5.105):

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 2,378\text{E-}06 \times \text{NA} + 0,678 & (5.67) \\ R^2 &= 0,51 \\ \text{EP} &= 2,62 \\ n &= 30 \\ \alpha &= 0,001 \end{aligned}$$

onde:

TRINCA : Trincamento Total (%);

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO); e

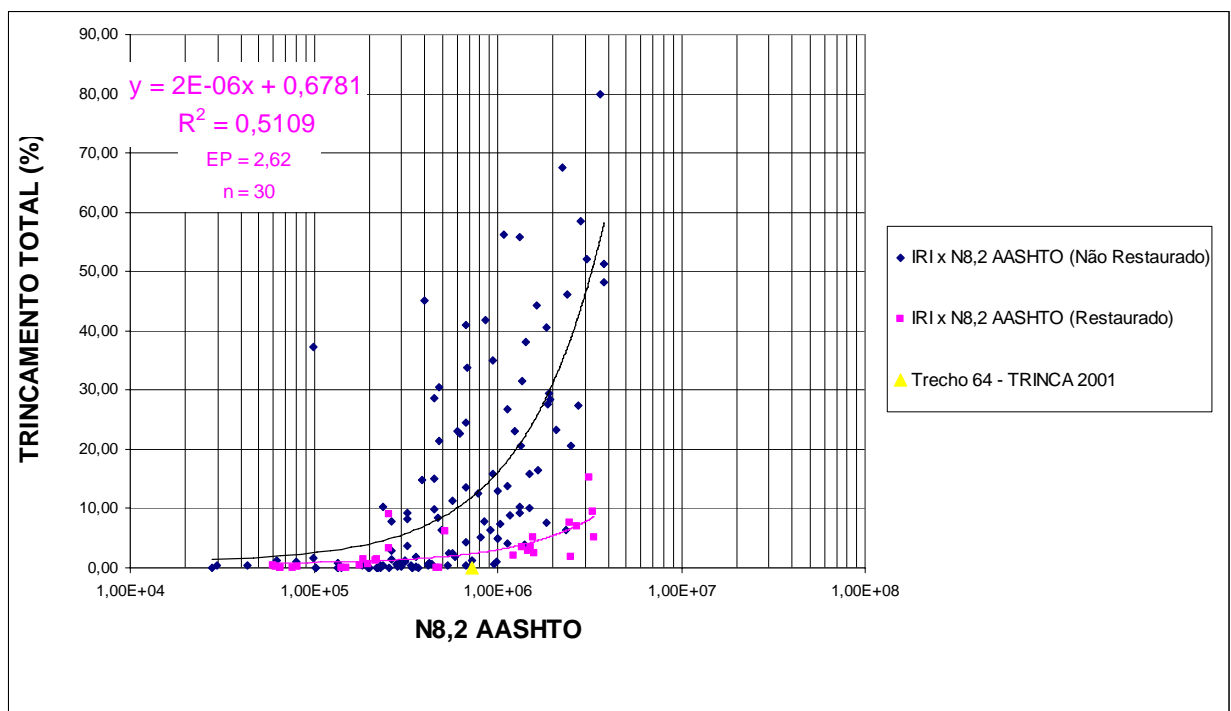
EP : erro padrão da estimativa (%).

O modelo linear também foi o que apresentou maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.106):

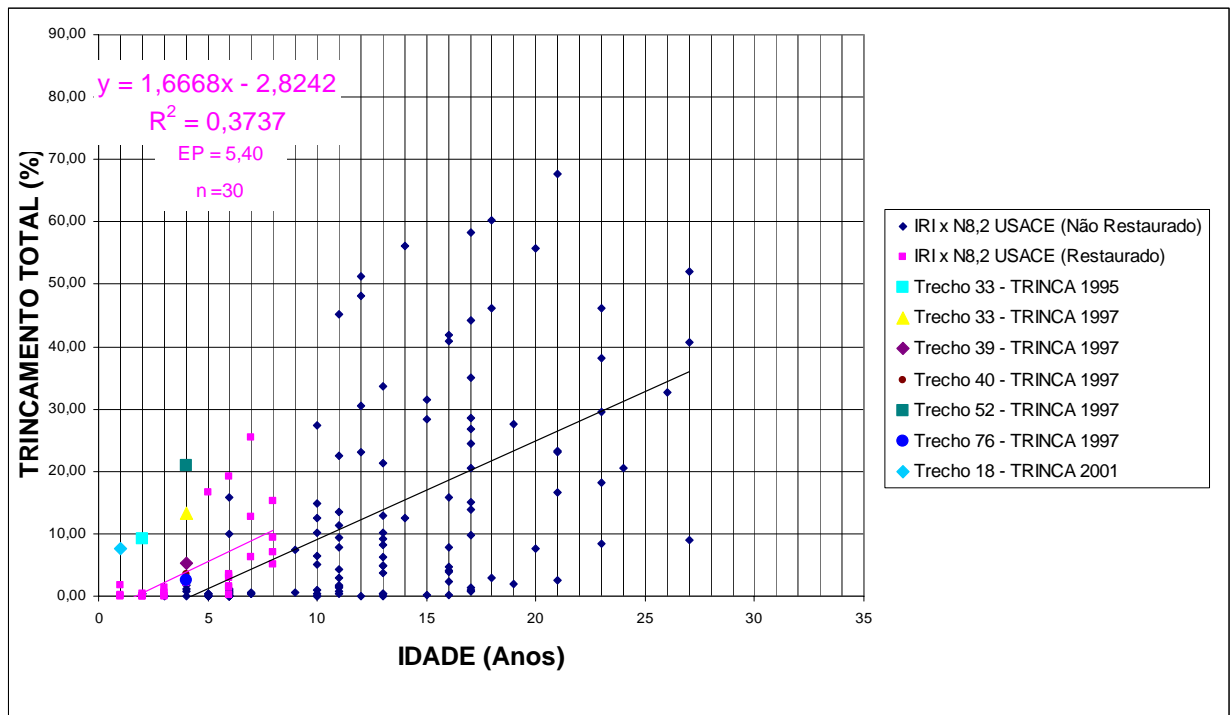
$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 1,667 \times \text{IDADE} - 2,824 & (5.68) \\ R^2 &= 0,37 \\ \text{EP} &= 5,40 \\ n &= 30 \\ \alpha &= 0,033 \end{aligned}$$

onde:

IDADE : idade do pavimento desde o ano de implantação, em anos



**FIGURA 5.105** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.106** - Família 2 Subfamília 1 – Linha de Tendência Definitiva - Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,668\text{E-}06 \times \text{NA} + 0,631 \times \text{IDADE} - 1,618 \quad (5.69)$$

$$R^2 = 0,74$$

$$\text{EP} = 1,94$$

$$n = 25$$

$$\alpha = 0,000$$

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente foi a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,781\text{E-}06 \times \text{NA} + 0,638 \times \text{IDADE} + 0,085 \times \text{Hreforço} - 0,0003 \times \text{VMD} - 1,384 \quad (5.70)$$

$$R^2 = 0,75$$

$$\text{EP} = 2,00$$

$$n = 25$$

$$\alpha = 0,000$$

Onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada principalmente à linha de tendência 5.68 obtida a partir



de somente um regressor (Idade). Não houve um ganho significativo em termos de coeficiente de determinação entre a regressão linear múltipla com dois e quatro regressores, bem como também para o erro padrão. O erro padrão entre a regressão com dois e quatro regressores (linhas de tendência 5.69 e 5.70), se comparadas com aquelas obtidas com somente um regressor, mostrada através da linha de tendência 5.68 (Idade), apresentou melhora significativa.

- Família 2 Subfamília 2

a) Análise antes da restauração

As Figuras 5.107 e 5.108 mostram as linhas de tendência definitivas antes da restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo exponencial (Figura 5.107):

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 13,161 \times e^{1,583E-07NA} & (5.71) \\ R^2 &= 0,89 \\ EP &= 16,54 \\ n &= 4 \\ \alpha &= 5,861 \end{aligned}$$

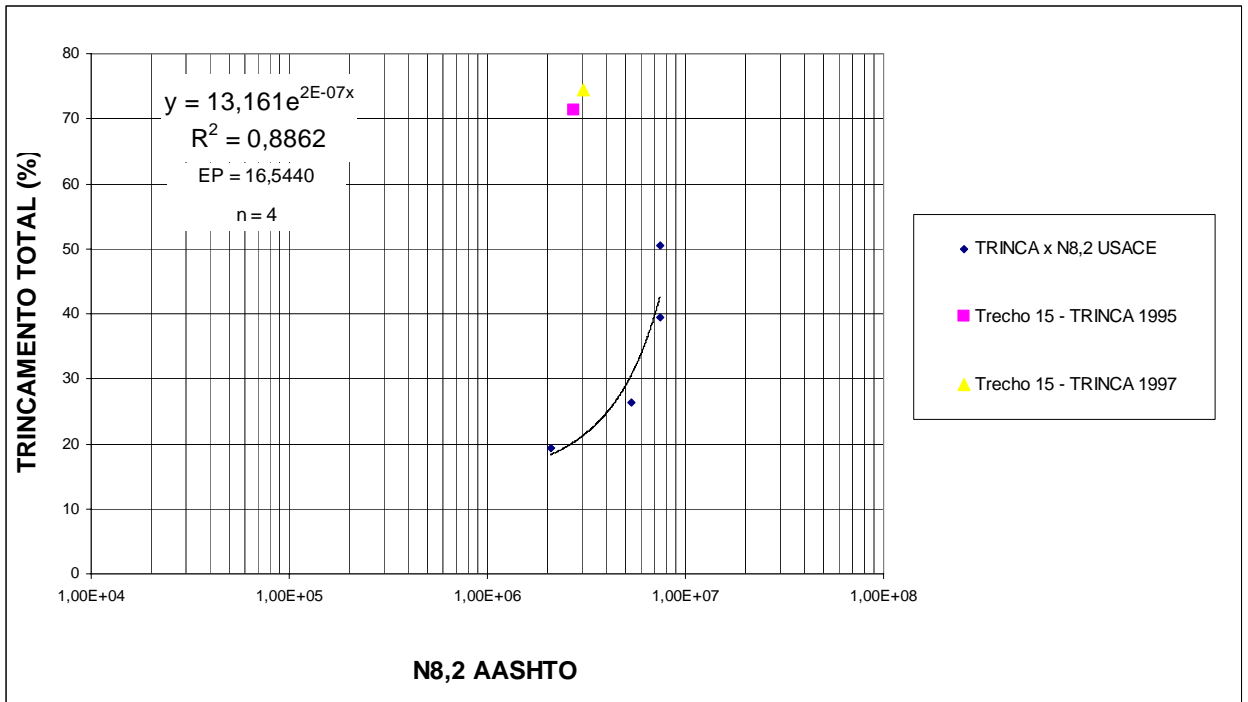
onde:

TRINCA : Trincamento Total (%); e

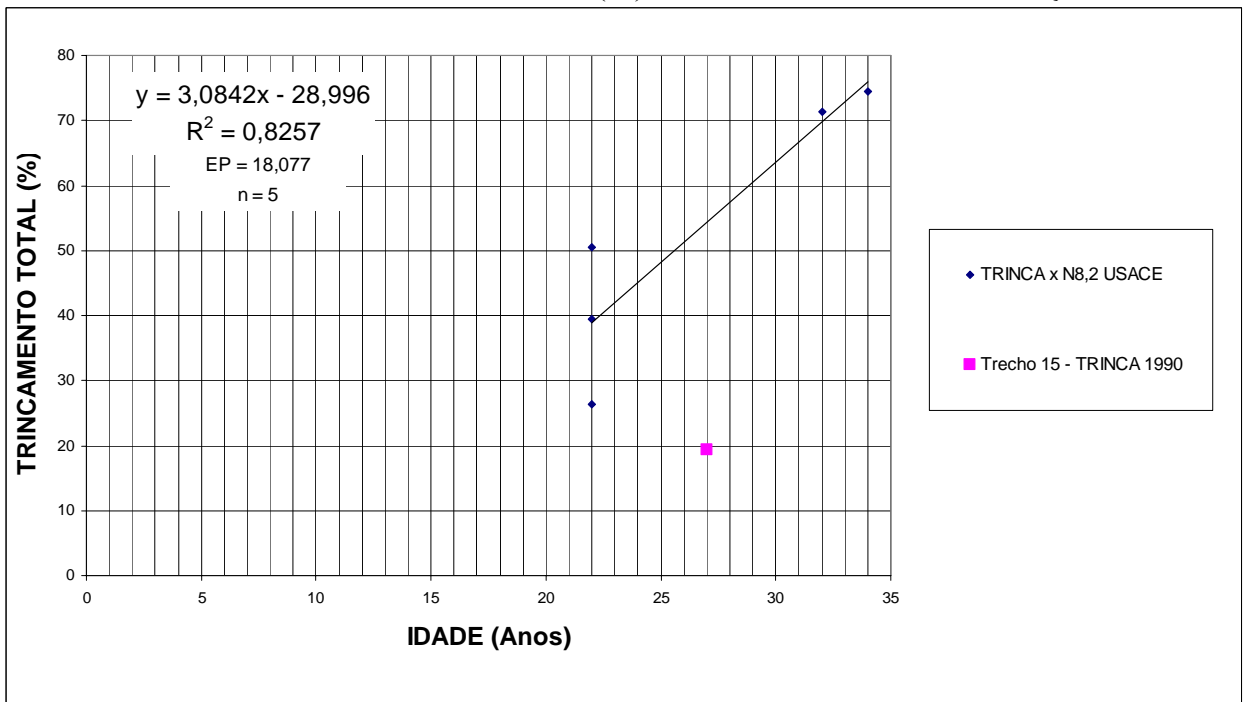
NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO).

O modelo linear foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.108):

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 3,084 \times \text{IDADE} - 28,996 & (5.72) \\ R^2 &= 0,83 \\ EP &= 18,08 \\ n &= 5 \\ \alpha &= 3,226 \end{aligned}$$



**FIGURA 5.107 - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva - N<sub>8,2</sub> AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**



**FIGURA 5.108 - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Antes da Restauração**

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de correlação foi a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 1,575\text{E-}05 \times \text{NA} - 0,008 \times \text{VMD} + 0,382 \quad (5.73)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,89 \\ \text{EP} &= 7,85 \\ n &= 4 \\ \alpha &= 32,809 \end{aligned}$$

onde:

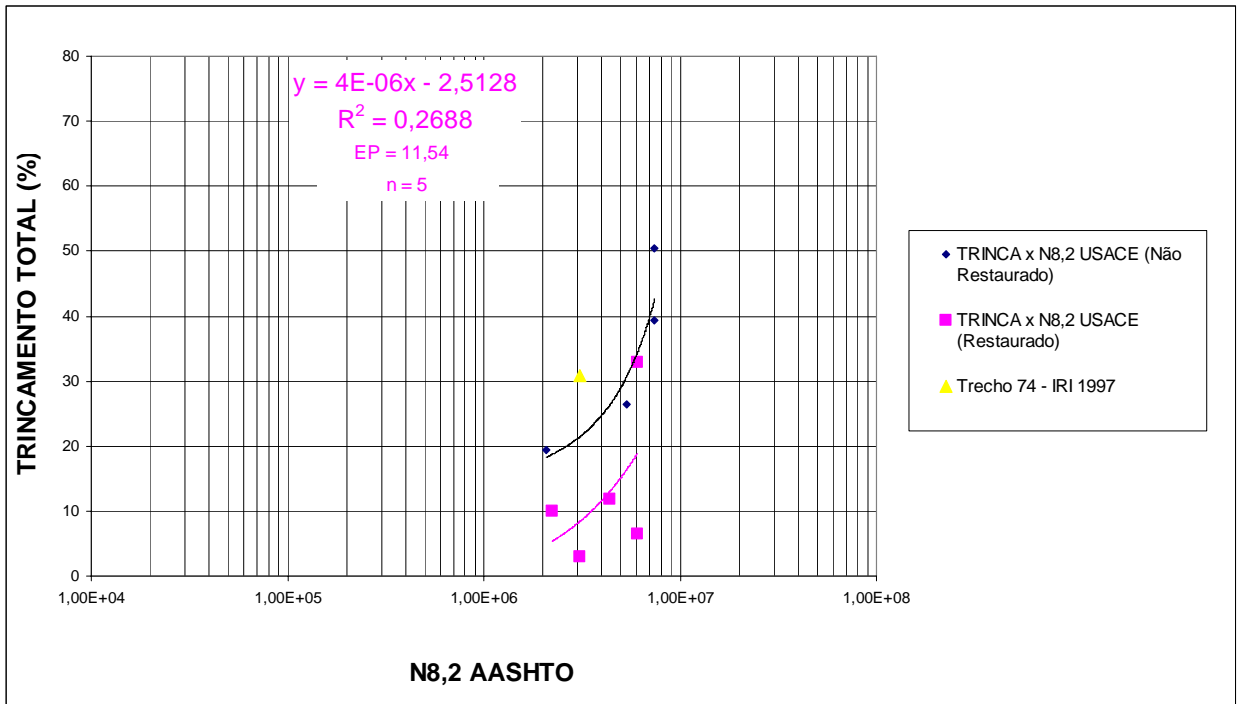
VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação)

A configuração utilizando quatro regressores analisados conjuntamente não será apresentada, pois apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) muito menor do que os obtidos para as regressões com apenas um regressor, além de apresentar, para a análise de variância, confiabilidade desconhecida, ou seja, grau de liberdade dos resíduos ( $n-p$ ) com valor negativo.

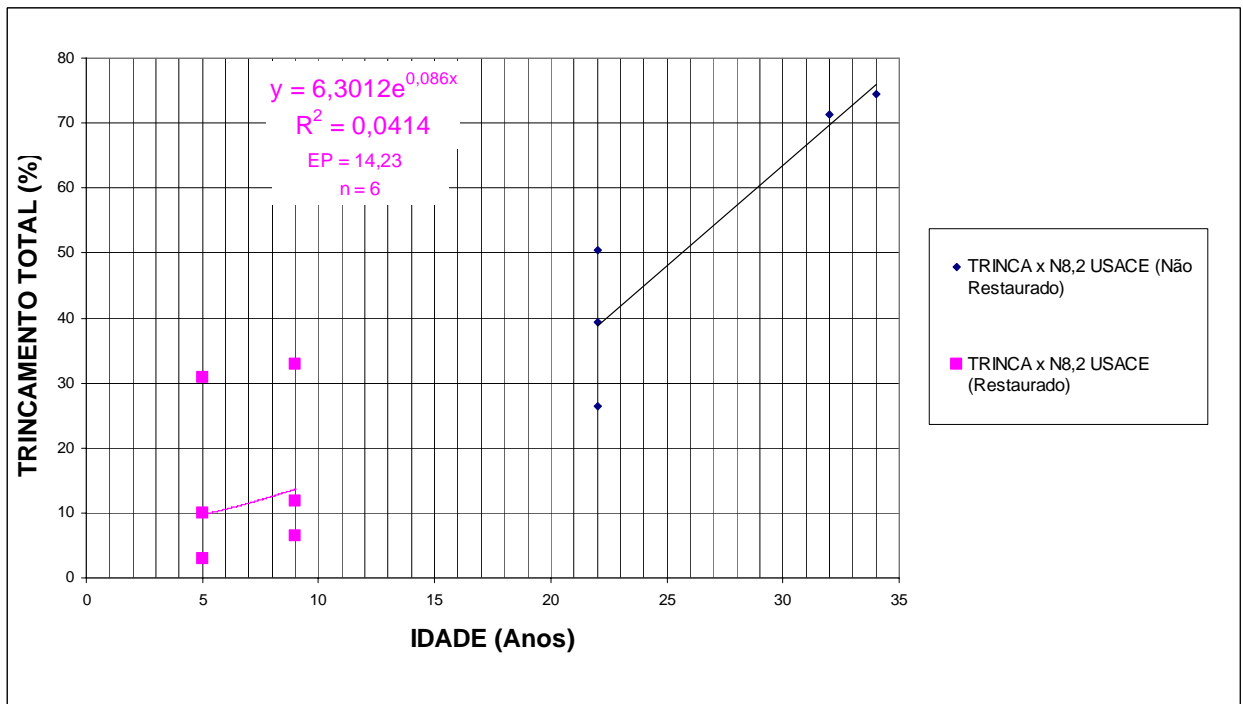
A regressão linear múltipla com dois regressores não apresentou melhora significativa com relação ao coeficiente de determinação, porém apresentou melhora significativa para o erro padrão.

#### b) Análise após a restauração

As Figuras 5.109 e 5.110 mostram as linhas de tendência definitivas após a restauração, envolvendo as variáveis  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade (Anos) x Trincamento Total (%) obtidas através de regressões testes que determinassem o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) envolvendo os modelos 5.5 a 5.8, além dos pontos excluídos na análise dos “Nós”.



**FIGURA 5.109** - Família 2 Subfamília 2 – Linha de Tendência Definitiva -  $N_{8,2}$  AASHTO x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração



**FIGURA 5.110** - Família 2 Subfamília 2 – Idade (Anos) x Trincamento Total (%) – Análise Após a Restauração

O modelo que apresentou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mais elevado para a linha de tendência da variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO foi o do tipo linear (figura 5.109):

$$\text{TRINCA} = 3,533\text{E-}06 \times \text{NA} - 2,513 \quad (5.74)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,27 \\ EP &= 11,54 \\ n &= 5 \\ \alpha &= 37,073 \end{aligned}$$

onde:

TRINCA : Trincamento Total (%); e

NA : número equivalente de operações do eixo padrão, calculado pelo método da AASHTO ( $N_{8,2t}$  AASHTO).

O modelo exponencial foi o que apresentou maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a linha de tendência da variável independente Idade (Anos) (Figura 5.110):

$$\text{TRINCA} = 0,800 \times e^{0,086 \times \text{IDADE}} \quad (5.75)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,04 \\ EP &= 14,23 \\ n &= 6 \\ \alpha &= 69,892 \end{aligned}$$

Para a análise de regressão linear múltipla, a combinação de regressores que apresentou maior coeficiente de determinação foi a seguinte:

$$\text{TRINCA} = 6,068\text{E-}06 \times \text{NA} - 0,003 \times \text{VMD} + 20,380 \quad (5.76)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,30 \\ EP &= 13,80 \\ n &= 5 \\ \alpha &= 69,642 \end{aligned}$$

Outra configuração ainda foi testada, utilizando quatro regressores analisados conjuntamente. O modelo é o seguinte:

$$\begin{aligned} \text{TRINCA} &= 1,363\text{E-}05 \times \text{NA} + 3,700 \times \text{IDADE} - 14,224 \times \text{Hreforço} \\ &\quad - 0,033 \times \text{VMD} + 443,291 \end{aligned} \quad (5.77)$$

$$\begin{aligned} R^2 &= 1 \\ EP &= 0 \\ n &= 5 \\ \alpha &= 0,000 \end{aligned}$$

onde:

VMD : volume médio diário de tráfego (desde o ano de implantação).

A regressão linear múltipla apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se comparada principalmente à linha de tendência 5.75. A regressão linear múltipla com dois regressores apresentou praticamente o mesmo coeficiente de correlação ( $R^2$ ) que a equação 5.74 com apenas um regressor, e também praticamente o mesmo erro padrão. Apesar de ter proporcionado grande ganho no coeficiente de correlação, a regressão linear múltipla com dois regressores apresentou baixa confiabilidade. Tanto o erro padrão quanto o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a regressão linear múltipla com quatro regressores apresentaram validade estatística máxima.

#### **5.2.2.6 Resumo para as Linhas de Tendência Definitivas Obtidas**

As Tabelas 5.46, 5.47 e 5.48 mostram um resumo para as linhas de tendência obtidas ao longo do item 5.2.2.5, de acordo com a divisão em famílias e para cada parâmetro analisado, tanto para antes como para depois da restauração.

**TABELA 5.46 – Linhas de Tendência Obtidas Para Deflexão Máxima Média - DEF**

Subfamílias	Restauração	Equação	R <sup>2</sup>	EP	n	α
1.1	Antes	$DEF = 2E-05 \times NA + 26,136$	0,85	5,61	17	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = 26,821 \times e^{0,045 \times IDADE}$	0,52	13,61	20	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = 1,700E-05 \times NA + 0,543 \times Hrevest + 23,904$	0,86	5,66	17	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = -5,952E-06 \times NA + 2,334 \times IDADE + 2,262 \times Hrevest + 0,018 \times VMD - 26,116$	0,90	5,11	16	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
1.2	Antes	$DEF = 13,993 \times \ln(NA) - 74,538$	0,44	20,89	7	10,360
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = 69,750 \times e^{0,040 \times IDADE}$	0,37	20,81	8	11,105
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = 3,396E-05 \times NA + 3,135 \times IDADE + 64,060$	0,72	16,73	7	8,016
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$DEF = 6,107E-05 \times NA + 3,644 \times IDADE - 1028,596 \times Hrevest - 0,046 \times VMD + 3689,357$	0,95	9,28	7	8,626
	Depois	-	-	-	-	-
2.1	Antes	$DEF = 1E-05 \times NA + 80,863$	0,14	24,88	77	0,071
	Depois	$DEF = 8,927E-06 \times NA + 73,579$	0,01	26,54	13	69,010
	Antes	$DEF = 1,529 \times IDADE + 71,116$	0,12	25,03	73	0,306
	Depois	$DEF = 3,446 \times IDADE + 57,784$	0,057	31,52	18	33,933
	Antes	$DEF = 1,170E-05 \times NA + 0,640 \times IDADE + 72,692$	0,20	22,96	66	0,089
	Depois	$DEF = 5,783E-06 \times NA + 4,902 \times IDADE + 51,503$	0,22	24,16	12	32,926
	Antes	$DEF = 1,589E-05 \times NA + 0,520 \times IDADE - 4,017 \times Hrevest - 0,001 \times VMD + 92,700$	0,22	23,00	66	0,359
	Depois	$DEF = -3,249E-05 \times NA + 12,060 \times IDADE + 0,850 \times Htotal + 0,007 \times VMD - 36,258$	0,41	23,84	12	38,681
2.2	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	-	-	-	-	-

**TABELA 5.47** – Linhas de Tendência Obtidas Para o International Roughness Index - IRI

Subfamílias	Restauração	Equação	R <sup>2</sup>	EP	n	α
1.1	Antes	$IRI = 1,765 e^{3E-07 \times NA}$	0,72	0,41	32	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$IRI = 1,743 e^{0,028 \times IDADE}$	0,56	0,49	34	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$IRI = 6,645E-07 \times NA + 0,016 \times IDADE + 1,482$	0,74	0,42	28	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	$IRI = 1,157E-06 \times NA - 0,033 \times IDADE - 0,085 \times Hrevest - 0,0001 \times VMD + 2,357$	0,79	0,39	28	0,000
Depois	-	-	-	-	-	
1.2	Antes	$IRI = 2,720 e^{1,272E-07 \times NA}$	0,60	0,46	4	22,749
	Depois	$IRI = 9,409E-07 \times NA + 2,263$	0,85	0,21	7	0,292
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	$IRI = 0,200 \times IDADE + 1,939$	0,94	0,13	7	0,027
	Antes	$IRI = 0,156 \times IDADE + 2,317$	0,56	0,58	7	5,256
	Depois	$IRI = 3,861E-07 \times NA + 0,135 \times IDADE + 1,994$	0,99	0,07	7	0,016
	Antes	$IRI = 5,676E-07 \times NA - 0,490 \times Hrevest + 4,492$	0,58	0,57	4	64,487
Depois	$IRI = 2,549E-07 \times NA + 0,150 \times IDADE - 0,004 \times Hreforço + 2,326E-05 \times VMD + 1,931$	0,99	0,09	7	2,065	
2.1	Antes	$IRI = 4,398E-07 \times NA + 2,376$	0,26	0,58	109	0,000
	Depois	$IRI = 2,225 \times e^{8,025E-08 \times NA}$	0,10	0,17	32	7,396
	Antes	$IRI = 0,062 \times IDADE + 1,944$	0,28	0,58	113	0,000
	Depois	$IRI = 1,802 \times IDADE^{0,198}$	0,55	0,11	27	0,001
	Antes	$IRI = 2,733E-07 \times NA + 0,041 \times IDADE + 1,955$	0,38	0,53	105	0,000
	Depois	$IRI = 5,612E-08 \times NA + 0,104 \times IDADE + 1,871$	0,49	0,28	26	0,039
	Antes	$IRI = 4,379E-07 \times NA + 0,050 \times IDADE - 0,004 \times Hrevest - 0,0001 \times VMD + 2,035$	0,43	0,51	105	0,000
Depois	$IRI = -3,669E-08 \times NA + 0,115 \times IDADE + 0,002 \times Hreforço - 2,268E-06 \times VMD + 1,755$	0,54	0,28	26	0,188	
2.2	Antes	$IRI = 2,453 \times e^{6,371E-08 \times NA}$	0,58	0,69	4	23,759
	Depois	$IRI = 1,315E-07 \times NA + 1,706$	0,71	0,17	8	0,897
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	$IRI = 0,105 \times IDADE + 1,572$	0,80	0,15	9	0,107
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	$IRI = 1,636E-07 \times NA + 0,063 \times Hreforço + 0,979$	0,90	0,11	8	0,397
	Antes	-	-	-	-	-
Depois	$IRI = 1,409E-07 \times NA - 0,089 \times IDADE + 0,159 \times Hreforço + 0,0003 \times VMD - 2,195$	0,99	0,04	8	0,146	



**TABELA 5.48 – Linhas de Tendência Obtidas Para o Trincamento Total - TRINCA**

Subfamílias	Restauração	Equação	R <sup>2</sup>	EP	N	α
1.1	Antes	TRINCA = 1,236E-05 x NA - 7,483	0,39	14,55	42	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	TRINCA = 1,385 x IDADE - 8,140	0,27	14,70	45	0,026
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	TRINCA = 1,801E-05 x NA - 0,009 x VMD + 4,020	0,54	12,05	42	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
	Antes	TRINCA = 1,139E-05 x NA + 0,350 x IDADE + 2,185 x Hrevest - 0,008 x VMD - 10,387	0,62	11,28	42	0,000
	Depois	-	-	-	-	-
1.2	Antes	TRINCA = 1,279E-05 x NA + 2,278	0,47	7,15	7	8,874
	Depois	TRINCA = 4,978E-06 x NA - 1,032	0,48	2,80	7	8,493
	Antes	TRINCA = 3,969 x Ln(IDADE) + 1,266	0,15	8,30	8	34,843
	Depois	TRINCA = 0,017 x IDADE <sup>2,613</sup>	0,60	3,37	6	7,166
	Antes	TRINCA = 1,666E-05 x NA - 22,306 x Hrevest + 80,120	0,92	3,19	7	0,710
	Depois	TRINCA = 6,697E-06 x NA - 2,787 x Hreforço + 11,482	0,80	2,18	6	8,708
	Antes	TRINCA = 9,707E-06 x NA + 1,005 x IDADE - 21,608 x Hrevest + 0,001 x VMD + 72,516	0,96	3,10	7	7,810
	Depois	TRINCA = 1,083E-05 x NA - 0,771 x IDADE - 2,771 x Hreforço - 0,0001 x VMD + 12,476	0,81	3,74	6	61,776
2.1	Antes	TRINCA = 1,508E-05 x NA + 1,022	0,49	12,68	116	0,000
	Depois	TRINCA = 2,378E-06 x NA + 0,678	0,51	2,62	30	0,001
	Antes	TRINCA = 1,583 x IDADE - 6,671	0,30	14,38	122	0,000
	Depois	TRINCA = 1,667 x IDADE - 2,824	0,37	5,40	30	0,033
	Antes	TRINCA = 1,154E-05 x NA + 0,734 x IDADE - 5,639	0,51	11,66	113	0,000
	Depois	TRINCA = 1,668E-06 x NA + 0,631 x IDADE - 1,618	0,74	1,94	25	0,000
	Antes	TRINCA = 1,466E-05 x NA + 0,945 x IDADE - 0,315 x Hrevest - 0,003 x VMD - 3,225	0,55	11,41	113	0,000
	Depois	TRINCA = 1,781E-06 x NA + 0,638 x IDADE + 0,085 x Hreforço - 0,0003 x VMD - 1,384	0,75	2,00	25	0,000
2.2	Antes	TRINCA = 13,161 x e <sup>1,583E-07 x NA</sup>	0,89	16,54	4	5,861
	Depois	TRINCA = 3,533E-06 x NA - 2,513	0,27	11,54	5	37,073
	Antes	TRINCA = 3,084 x IDADE - 28,996	0,83	18,08	5	3,266
	Depois	TRINCA = 0,800 x e <sup>0,086 x IDADE</sup>	0,04	14,23	6	69,892
	Antes	TRINCA = 1,575E-05 x NA - 0,008 x VMD + 0,382	0,89	7,85	4	32,809
	Depois	TRINCA = 6,068E-06 x NA - 0,003 x VMD + 20,380	0,30	13,80	5	69,642
	Antes	-	-	-	-	-
	Depois	TRINCA = 1,363E-05 x NA + 3,700 x IDADE - 14,224 x Hreforço - 0,033 x VMD + 443,291	1	0	5	0,000

## **CAPÍTULO 6 - COMPARAÇÃO DAS LINHAS DE TENDÊNCIA COM MODELOS DE DESEMPENHO DA LITERATURA**

### **6.1 Considerações Iniciais**

Para que se pudesse ter idéia da direção em que o DEINFRA/SC/SC pode estar tomando com relação às previsões do desempenho dos pavimentos através da utilização de modelos existentes na literatura ou em softwares específicos, ao invés da utilização de equações obtidas localmente, julgou-se necessária a comparação das linhas de tendência obtidas neste trabalho com aquelas publicadas na literatura pertinente. Ressalta-se que a utilização indiscriminada e sem critérios dos modelos de desempenho existentes em literatura pode comprometer o planejamento em termos de prioridade de conservação e reabilitação dos pavimentos de qualquer malha rodoviária.

### **6.2 Definição do Parâmetro a Ser Analisado e Modelos de Desempenho Escolhidos Para as Comparações**

#### **6.2.1 Definição do Parâmetro a Ser Analisado**

Para efeitos de comparação das linhas de tendência obtidas neste trabalho, julgou-se conveniente eleger o parâmetro que possuísse maior acurácia e consistência em termos de avaliação de campo efetuada pelo Sistema de Gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC/SC.

Um dos parâmetros sujeitos a uma maior variabilidade nas medidas, considerando tanto o aspecto da periodicidade das auscultações e a evolução ao longo da vida útil do pavimento quanto os equipamentos de medida utilizados e a forma de utilização dos dados, é a deflexão recuperável.

O aspecto da periodicidade na determinação da deflexão recuperável é sem dúvida um dos pontos negativos, pois como já amplamente comentado nos capítulos anteriores, tem-se disponível somente três medidas de deflexão ao longo da existência do SGP/DEINFRA/SC. Isto sem dúvida prejudicou muito na definição das linhas de tendência para cada família de pavimento, principalmente para as análises dos pavimentos após sua restauração.

Outro fator preponderante com relação à periodicidade das medidas de deflexão recuperável, de uma auscultação para a outra, é o espaçamento entre as medidas, que até o presente momento está sendo executada com uma frequência média de 5 anos.

Segundo NUÑEZ et al. (1997) *apud* Nóbrega (2003), a queda da sucção (ou elevação do grau de saturação do subleito) provoca uma significativa diminuição no seu módulo. Vários autores como GONÇALVES, (1999); THADKAMALLA e GEORGE, (1995); THOMPSON e ROBNETT, (1979); JIN, et al. (1994); YANG, et al. (2005) dentre outros, são unânimes na afirmação de que o teor de umidade e o grau de saturação acima da umidade de equilíbrio do solo, influenciam significativamente no módulo resiliente do subleito e, por conseqüência, no desempenho deflectométrico do pavimento como um todo. Isto significa que, para que se tenha uma base de dados de deflexão recuperável confiável e consistente, as medidas para cada trecho deveriam ser feitas na mesma época do ano para cada trecho pertencente à malha. Na verdade, não se tem essa garantia em se falando de SGP/DEINFRA/SC.

Além disso, a deflexão vem sendo abolida dos levantamentos em SGPs pelos motivos já expostos, e também porque sofre três fases distintas ao longo da vida útil do pavimento, ou seja, fase de consolidação, elástica e de fadiga respectivamente. O maior problema está na fase de consolidação, que pode deturpar as análises, como se pode notar nos capítulos anteriores referentes à “Análise do Comportamento dos Pavimentos”.

Outro aspecto mencionado é seria a questão dos equipamentos utilizados na medição da deflexão recuperável. Em 1990 foi utilizada a Viga Benkelman, enquanto que em 1995 e 2001 as medidas foram efetuadas com o FWD. Este aspecto fez com que as duas medidas obtidas com o FWD fossem convertidas para Viga Benkelman através de correlações. Este fato não quer dizer que as medidas com o FWD não pudessem ser utilizadas, mas para que as curvas tivessem coerência e uniformidade com os dados de 1990 e para que tivessem parâmetro de comparação com a maioria dos métodos de dimensionamento e reabilitação de pavimentos existentes, os dados foram convertidos através destas correlações. Na realidade o risco do acúmulo de erros desde a obtenção dos dados até seu processamento final foi previsível, mas de certa forma necessário pelos motivos expostos anteriormente. Dito isto, preferiu-se não efetuar comparações das Linhas de Tendência obtidas com os modelos da literatura.

A utilização dos dados de trincamento do SGP nos levantamentos de 1995, 1997 e 2001, como já comentado anteriormente, foi efetuado através do equipamento Desyroute, que mede, ao contrário da área do defeito como nos levantamentos de 1990 através do método DNER-ES 128/83, a densidade linear da ocorrência do defeito ao longo de vários segmentos amostrais contínuos e seqüenciais de 200m. Com isso, para a conversão destas densidades lineares, adotou-se o procedimento proposto pelo Professor Dr. Antônio Fortunato Marcon (UFSC), como já comentado no Capítulo 3, que é exatamente a definição de larguras para os vários tipos de trincamento e para a largura de remendos.

Apesar deste procedimento ter se mostrado com uma excelente coerência para os levantamentos de 1995, 1997 e 2001, se comparado aos levantamentos anteriores de 1990, não se julga conveniente a comparação das linhas de tendência obtidas nesta pesquisa com os modelos obtidos na literatura. Isto porque, obviamente, parte-se do princípio de que os modelos de desempenho de pavimentos existentes tenham sido obtidos através de procedimentos e auscultações uniformemente padronizadas.

Portanto, o parâmetro de comparação mais consistente em todo o processo de análise, e aquele que será utilizado para a comparação com as equações de literatura definidas é o IRI – International Roughness Index.

### **6.2.2 Definição dos Modelos de Desempenho Utilizados Para a Comparação**

Para que se pudesse fazer uma seleção coerente dentre os vários modelos de desempenho destacados na revisão bibliográfica deste trabalho, julgou-se conveniente a adoção de três critérios pré-estabelecidos, ou seja:

- 2 modelos consagrados pela literatura;
- 2 modelos locais; e
- 1 modelo obtidos nos últimos 6 anos.

Dos modelos consagrados existentes na literatura, julgou-se apropriada a utilização dos que seguem:

- 1) Equação empírica estabelecida por QUEIROZ (1981) – Equação 2.1;
- 2) Equação estabelecida por PATERSON (1987) – Equação 2.8.

A equação definida por PATERSON (1987) é também denominada como modelo agregado. Esta equação é bem mais simples de aplicar do que as equações originais utilizadas internamente no programa HDM III (WATANATADA et al., 1987). A vantagem é que se pode ter resultados muito próximos àqueles obtidos quando da utilização do software. Estas equações foram elaboradas com dados coletados no Brasil durante a PICR.

Os modelos locais utilizados para a comparação com as linhas de tendência obtidas foram os de MARCON (1996). A base de dados utilizada foi proveniente de estudos e pesquisas na área rodoviária desenvolvidos até então em Santa Catarina, bem como o levantamento executado no ano de 1990 para SAM - Sistema de Administração da Manutenção. Os modelos são as seguintes:

- 1) Equação empírica com variável independente IDADE – Equação 2.23;
- 2) Equação empírica com variável independente  $N_{8,2t}$  (AASHTO) – Equação 2.24.

Para o modelo obtido nos últimos 6 anos, selecionou-se aqueles desenvolvidos pelo INDOT (2001) (Indiana Department of Transportation Program Development Division and Research Division). Na pesquisa do INDOT foram utilizados dados de 1999 e 2000 para que se pudesse desenvolver os modelos de regressão. A pesquisa abrangeu vários tipos de pavimentos em sistemas de rodovias Estaduais e Inter-Estaduais. A equação do INDOT utilizada foi aquela que mais se adaptava à realidade dos pavimentos em Santa Catarina, ou seja, a equação referente a Pavimentos “Flexíveis em Rodovias Estaduais”. As equações são as seguintes:

- 1) Equações antes e depois do recapeamento obtidas pelo INDOT (2001):
  - Pavimentos Flexíveis com Recapeamento em Rodovias Estaduais – Equação 2.19
  - Pavimentos Flexíveis em Rodovias Estaduais – Equação 2.20

## 6.3 Variáveis Independentes Utilizadas Para a Estimativa da Irregularidade Teórica

### 6.3.1 Definição das Variáveis Independentes Utilizadas

Analizando-se as equações encontradas na literatura descrita anteriormente, nota-se que há variáveis comuns entre os modelos apresentados. As variáveis comuns entre estes modelos são:

- $N_{8,2t}$  AASHTO;
- IDADE;
- SNC (Número Estrutural Corrigido); e
- Deflexão Recuperável (Viga Benkelman).

Dentre estas variáveis independentes, aquelas que exigem maior atenção são a Deflexão Recuperável e o Numero Estrutural Corrigido (SNC). Para avaliar a magnitude do SNC, para os vários trechos analisados em cada ano de auscultação, utilizou-se a equação estatística obtida por PATTERSON e WATANATADA et al. (1987), que correlaciona a Deflexão Máxima do pavimento medida com o método não destrutivo da Viga Benkelman.

$$SNC = 3,2 \times DVB^{-0,63} \quad (6.1)$$

Isto significa que o SNC apresentado para a utilização nos modelos de desempenho da literatura para o cálculo do IRI dependerá da Deflexão do pavimento. Ressalta-se ainda que se fará, daqui por diante, ponderações a respeito da Deflexão Máxima Recuperável, sendo que estas servirão também para o SNC. Todas as considerações descritas a seguir levam em consideração as análises de comparação das linhas de tendência antes e depois das intervenções de restauração dos pavimentos.

### 6.3.2 Considerações Sobre as Variáveis Independentes Utilizadas – Deflexão Máxima Recuperável

Um dos maiores problemas com relação a utilização da Deflexão máxima Recuperável é a ausência de dados com relação à auscultação de 1997, ou seja, há uma lacuna a ser preenchida para que se possa calcular o IRI de literatura neste ano em particular. Para

sanar este problema, recorreu-se a alguns critérios, dependendo de cada caso, de maneira a se buscar uma ponderação. Os critérios para a consideração da Deflexão de 1997 foram:

1. Utilização direta dos valores da auscultação de 1995;
2. Interpolação entre os valores das auscultações de 1990 e 2001 quando nem mesmo se dispunha do valor de 1995;
3. Se não se dispusesse dos valores de 1990 ou de 2001 para a interpolação, ou se por acaso em 2001 houve um processo de restauração, adotou-se a média dos valores de Deflexão dentre todos os trechos da família no ano de 1995;
4. Se a média dos valores da Deflexão do ano de 1995 foi maior do que o valor do ano subsequente ou menor do que o anterior, e se ainda houve restauração entre os anos de 1995 e 1997, não sendo possível a adoção da média da Deflexão do ano de 1995 para o ano de 1997, adotou-se o valor de Deflexão do ano subsequente ou anterior, conforme a necessidade; e
5. Se o valor de Deflexão do ano “subsequente ou anterior”, citado no item anterior, foi eliminado pelo erro óbvio entre auscultações, adotou-se a interpolação entre os anos disponíveis. Mas, este procedimento não foi possível somente se, entre os valores da interpolação houve uma restauração, ou ainda se não houve dados em um dos anos extremos. Neste caso, adotou-se a média dos valores de Deflexão do ano “subsequente ou anterior”. Se por acaso houve incoerência na utilização desta média, adotou-se, em última instância, o valor de Deflexão imediatamente posterior ou anterior, conforme o caso. Ressalta-se ainda que, se não houve valores de auscultações anteriores ou posteriores, adotou-se a média dos valores da auscultação anterior ou posterior.

### **6.3.3 Validação das Variáveis Independentes Utilizadas**

Para que se tivesse uniformidade e coerência entre todas as análises efetuadas até o presente momento, teve-se que levar em consideração alguns requisitos com relação à validação das variáveis envolvidas no processo.

Primeiramente, para que se efetuasse os cálculos do valor de IRI para cada modelo da literatura, as variáveis independentes Deflexão Máxima e Número Estrutural Corrigido

(SNC) foram essenciais. Entretanto, neste processo, desconsiderou-se os valores de Deflexão Máxima, e em consequência os de SNC, excluídos quando da análise dos “Nós” e também na análise de valores espúrios para a obtenção das Linhas de Tendência referentes à Deflexão Máxima, tanto para  $N_{8,2}$  AASHTO quanto para IDADE. Isto valeu também para os próprios valores de IRI excluídos nestas mesmas condições no momento da obtenção das Linhas de Tendência definitivas de Irregularidade.

Este procedimento serviu para todas os modelos de literatura, exceto para as equações de MARCON (1996), que não dependem da variável Deflexão Máxima, tanto para a equação relacionada ao  $N_{8,2}$ AASHTO quanto para IDADE, separadamente. Sendo assim, não foram calculados os valores de IRI teóricos para aqueles trechos que tiveram valores de IRI excluídos pela análise dos “Nós” ou de valores espúrios quando da obtenção das linhas de tendência referentes à Irregularidade.

As equações do INDOT (2001) também possuem particularidades, ou seja, como também não dependem de dados de Deflexão Máxima, julgou-se conveniente não se calcular o IRI de literatura para os trechos onde a Irregularidade de campo foi excluída através da análise dos “Nós” e valores espúrios, tanto para a variável independente  $N_{8,2}$ AASHTO como a IDADE. Apesar desta equação de literatura ter como variável independente a IDADE dos pavimentos, sem considerar o valor do  $N_{8,2}$ AASHTO, mesmo neste caso, não foi calculado o valor de IRI de literatura para os casos em que o IRI de campo tenha sido excluído através da análise dos “Nós” e dos valores espúrios com relação à variável independente  $N_{8,2}$ AASHTO. Isto foi feito pois os dados de IRI obtidos a partir da aplicação das equações do INDOT (2001) também foram plotados junto aos gráficos no intuito de comparar as linhas de tendência obtidas cujas abcissas estão em  $N_{8,2}$ AASHTO.

Ressalta-se, também, o fato de que somente terão validade estatística, para fins de comparação, as famílias que apresentarem pelo menos 4 pontos válidos calculados através dos modelos de literatura.



## **6.4 Considerações Estatísticas Utilizadas na Definição das Curvas Teóricas e Comparações Com as Linhas de Tendência Obtidas.**

### **6.4.1 Considerações Estatísticas Utilizadas na Definição das Curvas Teóricas**

Depois das definições, considerações e validações das variáveis independentes utilizadas no cálculo dos IRIs de literatura, através das 5 equações de literatura escolhidas, procedeu-se à plotagem destes valores no mesmo gráfico onde se encontravam as linhas de tendência obtidas, tanto para as curvas anteriores como para as posteriores à restauração, e ainda para os gráficos com abcissas em  $N_{8,2tAASHTO}$  e IDADE.

Uma vez plotados estes valores nos gráficos, e utilizando-se de procedimentos estatísticos de regressão, foram testados modelos lineares, logarítmicos, exponenciais e potenciais de regressão.

O modelo estatístico que forneceu maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi escolhido para representar o modelo de literatura, para cada caso em particular. Ressalta-se que nos gráficos ilustrativos utilizados para a comparação das curvas, estes não apresentarão as equações de regressão como no Capítulo 5, ou seja, terão meramente o objetivo ilustrativo e comparativo.

Ainda, utilizando-se os mesmo modelos de regressão, correlacionou-se o  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  versus  $IRI_{LITERATURA}$  a fim de se obter um Fator de Correção (Shift Factor) para cada equação de literatura apresentada. Dentre os modelos de regressão citados, a linear foi a que apresentou os melhores coeficientes de correlação ( $R^2$ ) em quase 100% dos casos. Algumas modelos como o exponencial e o logarítmico por vezes apresentavam coeficientes de correlação ligeiramente superiores, não apresentando vantagem significativa, optando-se, por fim, pelo modelo linear.

Os itens subsequentes apresentam as comparações através de gráficos ilustrativos, além dos respectivos Fatores de Correção para os modelos de literatura.

### **6.4.2 Comparações dos Modelos Teóricos Com as Linhas de Tendência Obtidas para Cada Família de Pavimento**

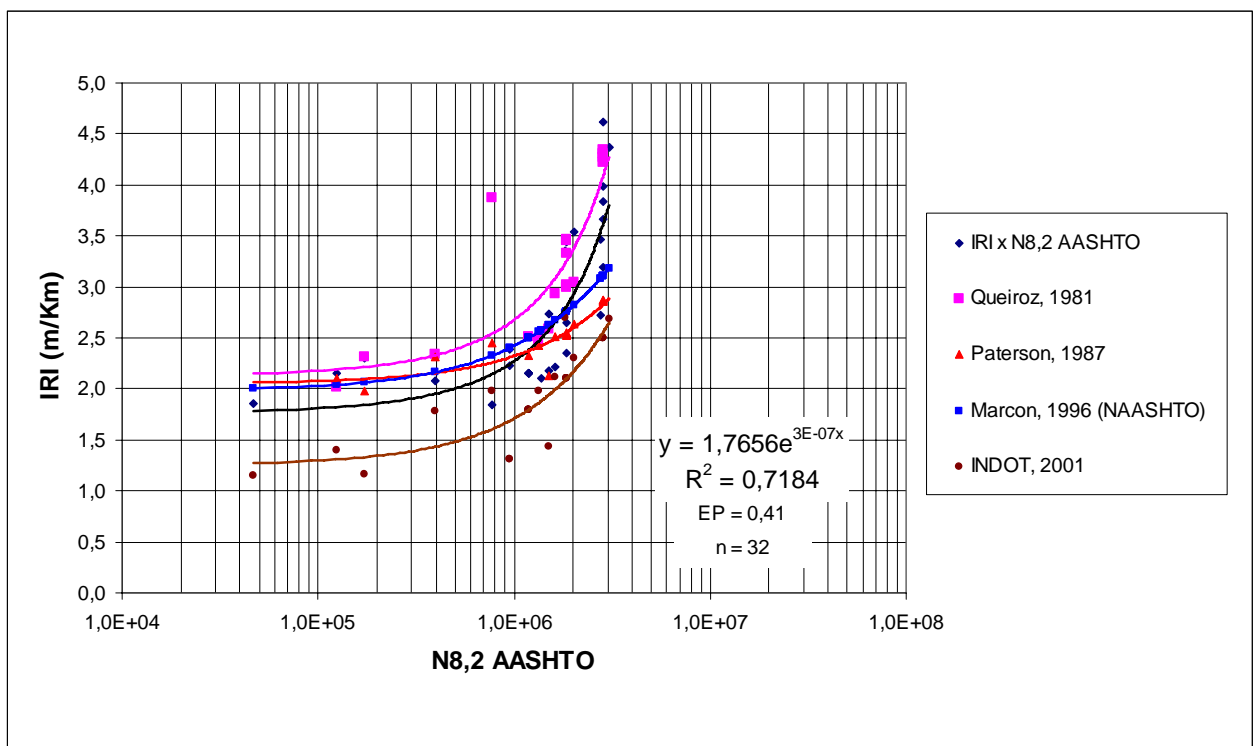
A análise proposta para este item obedece as considerações feitas anteriormente e se utiliza dos gráficos apresentados nas análises para a obtenção das linhas de tendência

definitivas apresentadas no Capítulo 5. Serão apresentados subseqüentemente os gráficos resultantes das análises comparativas bem como as correlações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  versus  $IRI_{LITERATURA}$  obtidas, ou seja, modelos de regressão que serviriam como fatores de correção para os modelos de literatura:

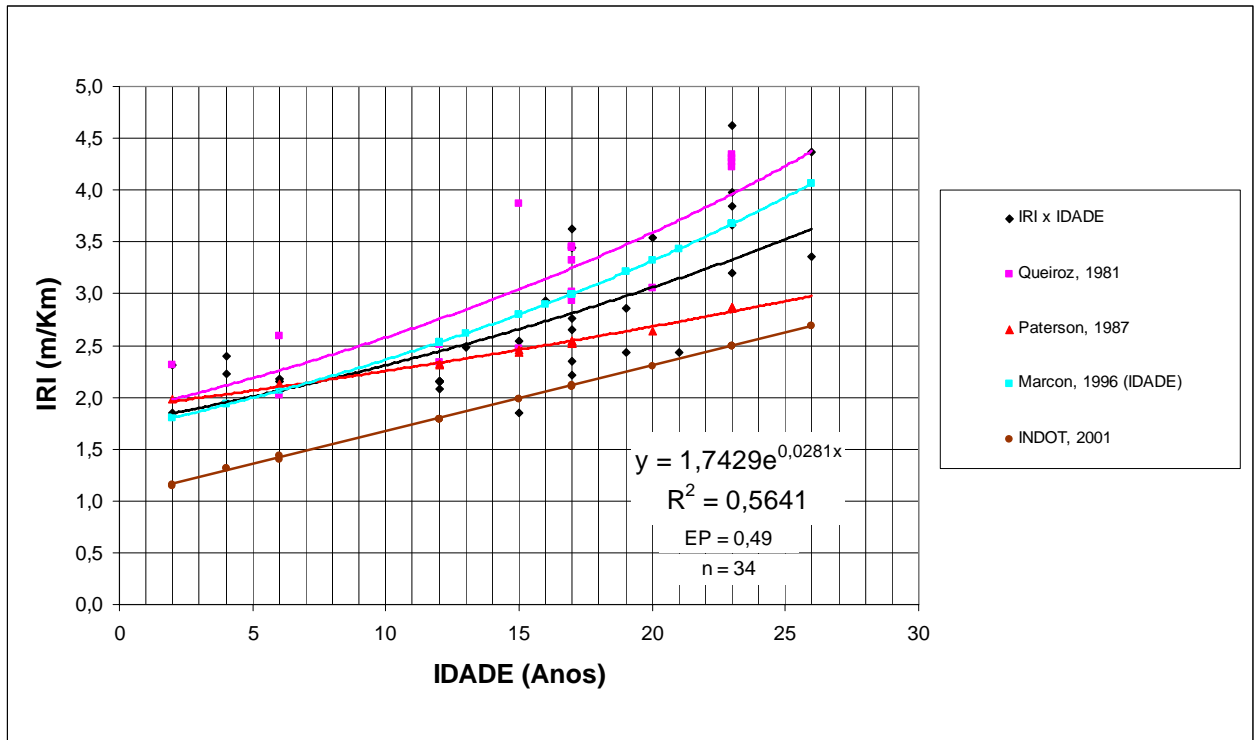
- **Família 1 Subfamília 1**

a) Comparação Antes da Restauração

A Figura 6.1 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI de literatura, bem como a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. Já a Figura 6.2 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.



**FIGURA 6.1** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  x  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S1 –  $N_{8,2t}$  AASHTO x IRI (m/km) – Antes da Restauração



**FIGURA 6.2** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração

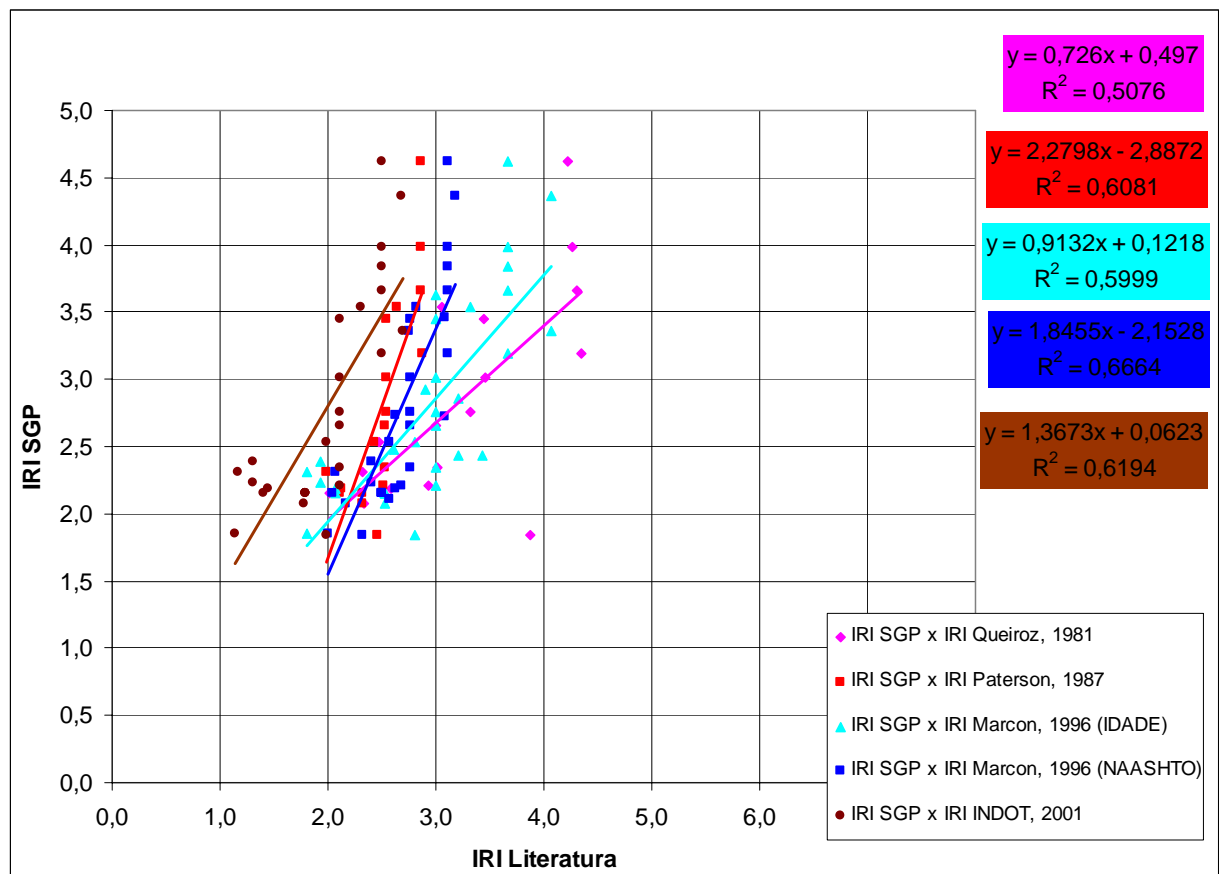
Segundo a Figura 6.1 para a variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO, nota-se que as equações de MARCON (1996) e de PATTERSON (1987) são as que mais se aproximam da linha de tendência obtida, com ligeira tendência de aceleração do IRI a partir de valores de  $N_{8,2t}$  iguais a  $10^6$ . Depois deste valor, tendem a proporcionar valores de IRI menos conservadores. Cabe ressaltar também que o fato da equação de MARCON (1996) ter sido obtida somente com os dados de 1990, o gráfico mostra que a extrapolação dos valores de IRI através desta equação, conduziria a valores de IRI menores. Em outras palavras, esta constatação faz com que se perceba a importância da atualização contínua dos modelos de previsão de desempenho locais e, em especial, do SGP - DEINFRA/SC.

O modelo de QUEIROZ (1981) apresenta simetria em relação a equação obtida, mas com tendência a obtenção de valores de IRI maiores, da ordem de 0,5 m/km até  $10^6$  repetições do eixo padrão. A partir daí as duas curvas tendem a apresentar valores cada vez mais próximos. Já a equação do INDOT (2001) apresenta comportamento inferior simetricamente á linha de tendência obtida na ordem de 1,0 m/km.

Segundo a Figura 6.2, para a variável IDADE, obteve-se para os modelos, tanto de MARCON (1996), quanto PATTERSON (1987), uma tendência muito próxima em

relação a linha de tendência obtida até o décimo ano. Logo após, o modelo de MARCON (1996) passa a proporcionar valores mais conservadores, ao contrário de PATTERSON (1987), que apresenta valores menos conservadores. As mesmas considerações com relação à variável  $N_{8,2t}$  AASHTO valem para os demais modelos comparados em relação à Figura 6.2.

Quanto à relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$ , a Figura 6.3 mostra, para cada modelo de literatura, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos pontos.



**FIGURA 6.3** - Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S1 – Antes da Restauração

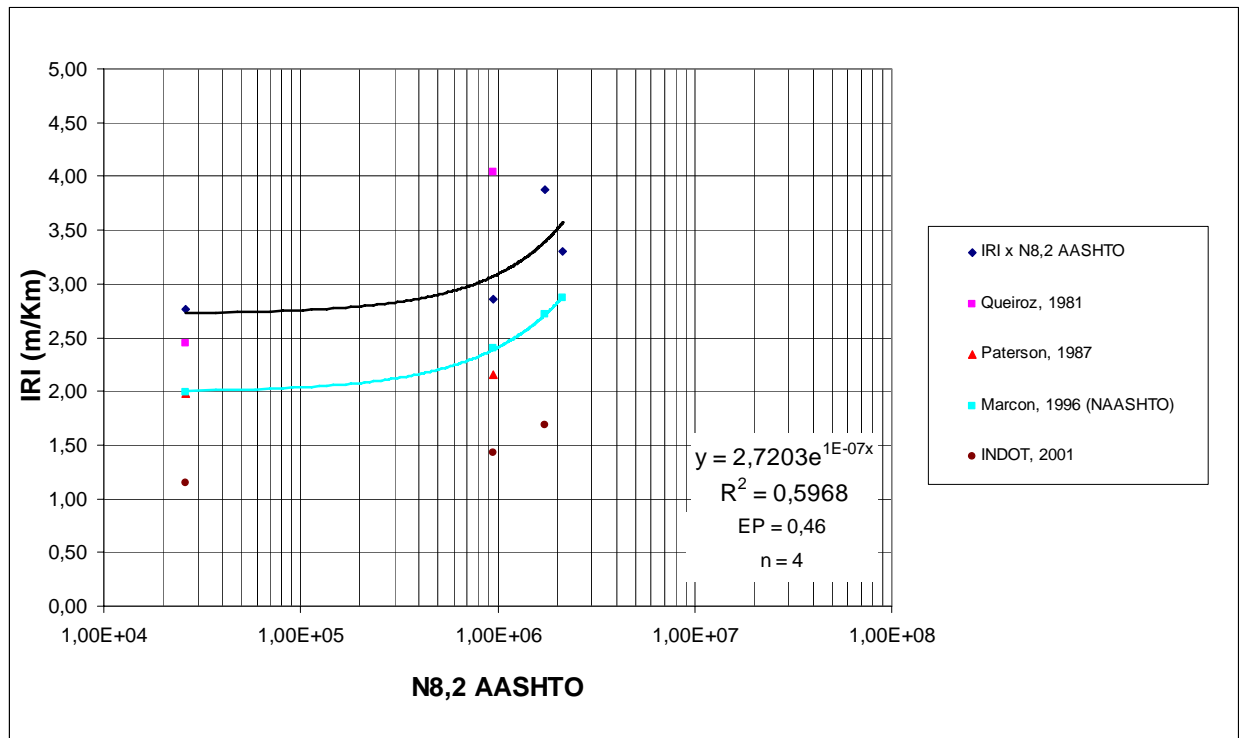
Observa-se, na Figura 6.3, que os coeficientes de correlação são da ordem de 0,50 e 0,66.

Ressalta-se que a análise comparativa para as linhas de tendência depois da restauração não foi efetuada pois apresenta menos de 4 pontos válidos, conforme consideração feita no item 6.3.3.

## - Família 1 Subfamília 2

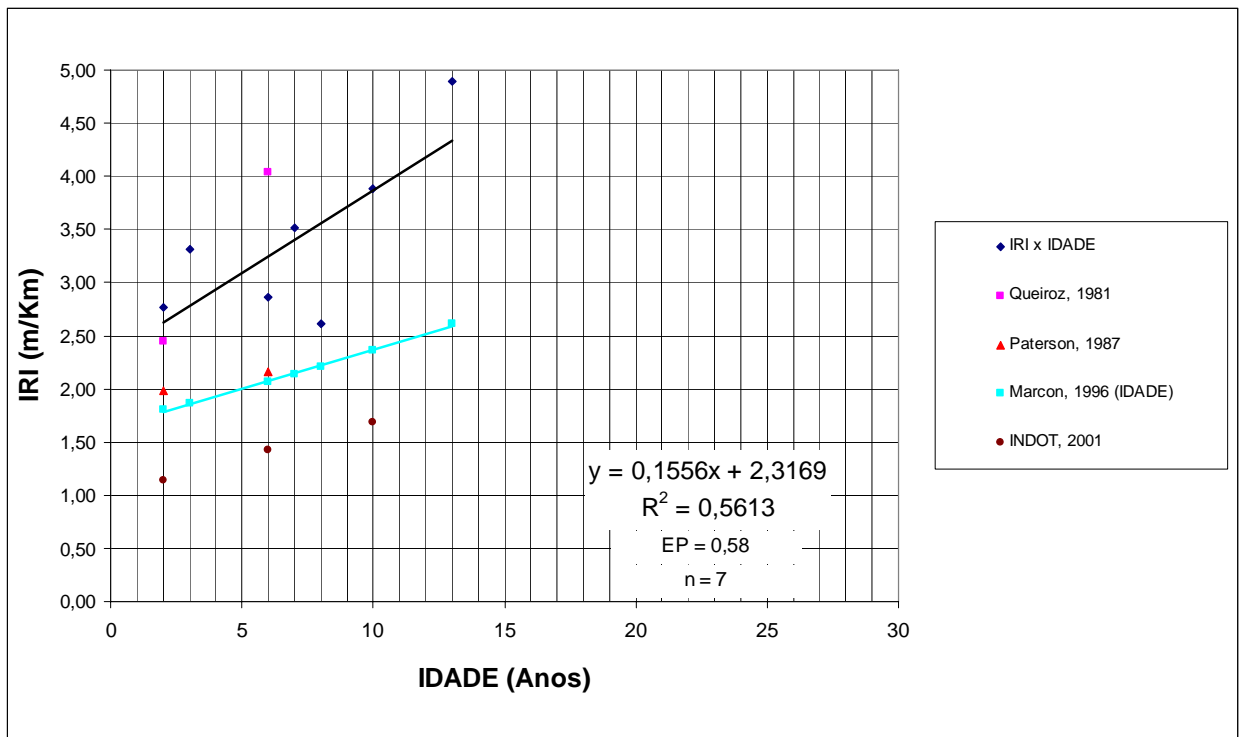
### a) Comparação Antes da Restauração

A Figura 6.4 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI de literatura, bem como a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. A Figura 6.5 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.



**FIGURA 6.4** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  x  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S2 -  $N_{8,2t}$  AASHTO x IRI (m/km) - Antes da Restauração

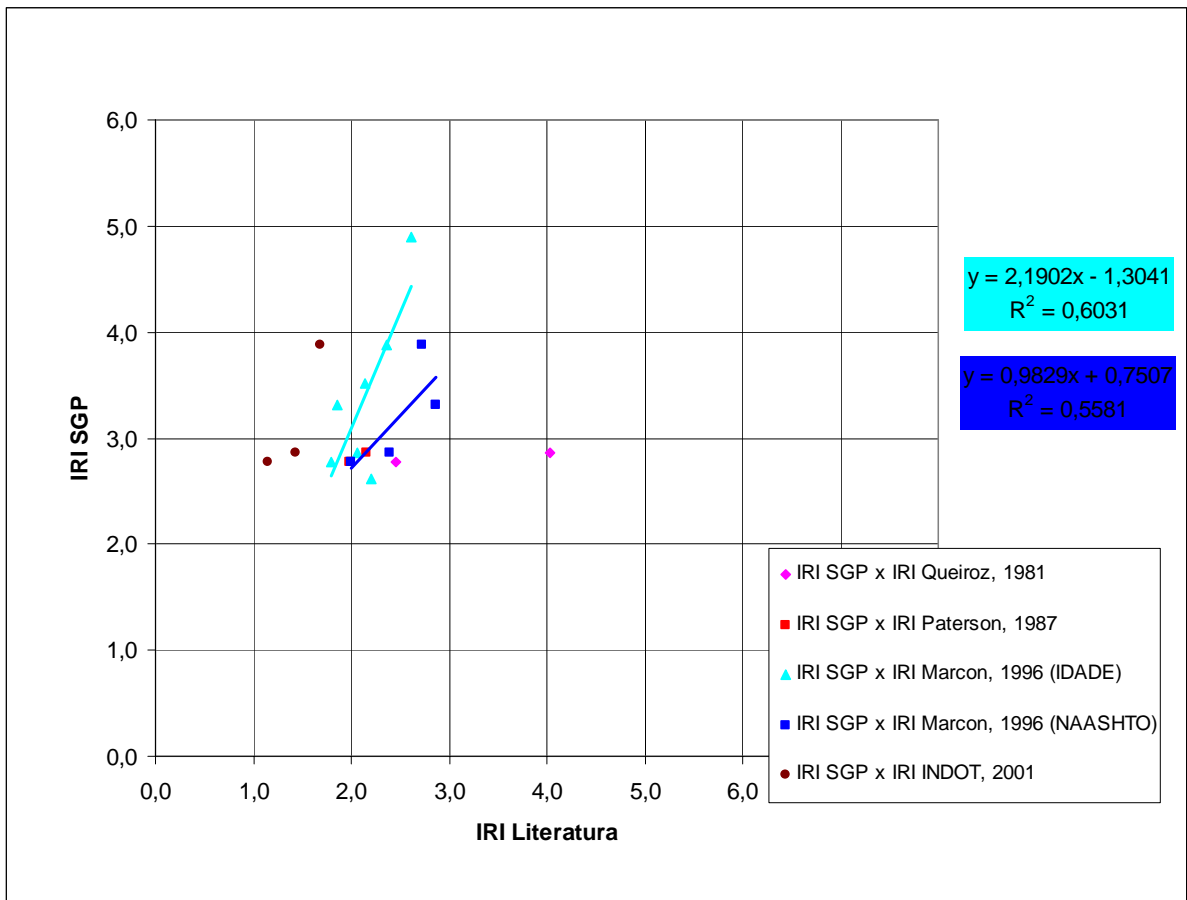
Observa-se na Figura 6.4, que o único modelo utilizado na comparação foi o de MARCON (1996), que de acordo com as considerações feitas nos itens anteriores, foi o único que obteve pelo menos 4 pontos válidos para o cálculo da Irregularidade estimada pelos modelos. Observa-se ainda que há simetria entre as duas curvas, sendo que a linha de tendência obtida nesta pesquisa apresenta dados mais conservadores.



**FIGURA 6.5** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S2 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração

Observa-se a mesma situação com relação à variável IDADE, ou seja, o único modelo da literatura comparável foi o de MARCON (1996). A curva resultante demonstra a mesma conclusão mostrada para a variável  $N_{8,2t}$  AASHTO, ou seja, resultados menos conservadores na extrapolação das Irregularidades calculadas por MARCON (1996).

Observa-se na Figura 6.6 que os coeficientes de correlação na relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$  estão em torno de 0,55 e 0,60, com destaque para o modelo de MARCON (1996) para a variável IDADE, que resultou na melhor correlação obtida.

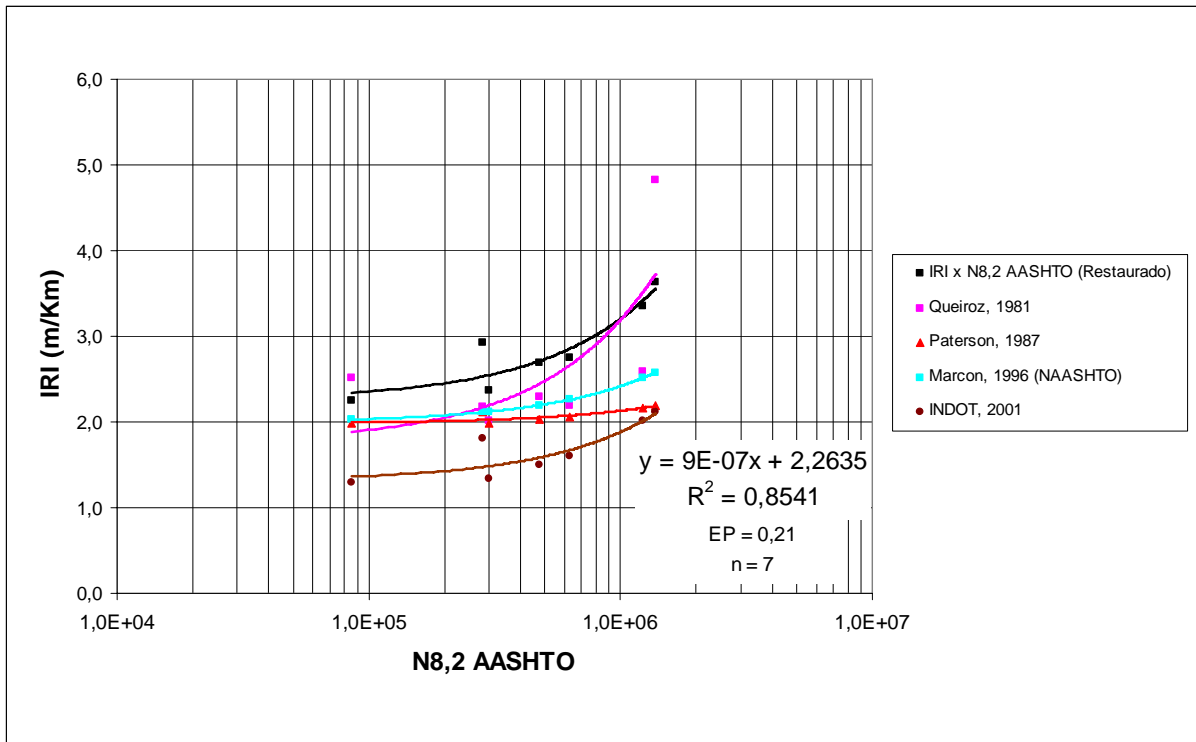


**FIGURA 6.6 -** Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S2 – Antes da Restauração

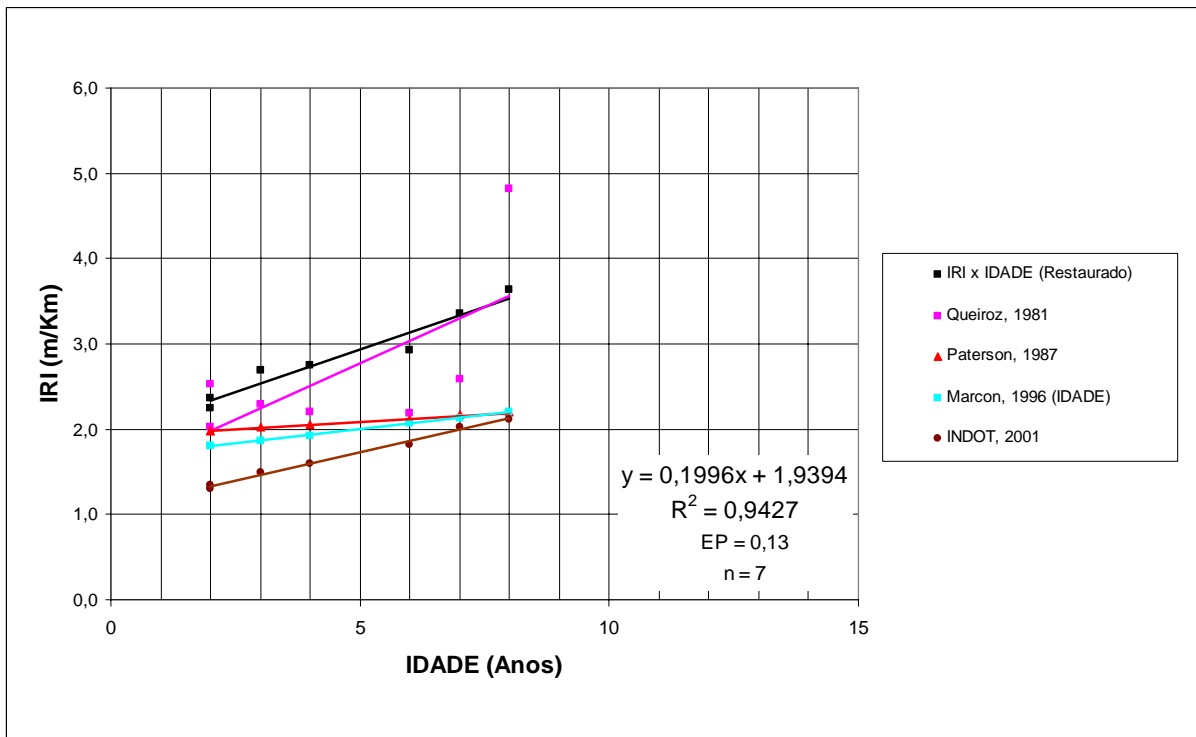
#### b) Comparação Após a Restauração

A Figura 6.7 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI de literatura, bem como a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. A Figura 6.8 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.

O único modelo da literatura que demonstra similaridade se comparado à linha de tendência obtida é o de QUEIROZ (1981), mas somente a partir de  $10^6$  repetições do eixo padrão. Tanto os modelos do INDOT (2001) quanto o de MARCON (1996), apresentam certo paralelismo, mas com valores mais baixos do que a linha de tendência definitiva obtida. A equação de PATERSON (1987) não apresenta qualquer semelhança, conduzindo a valores cada vez menores ao longo do tempo.



**FIGURA 6.7 -** Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC} \times IRI_{LITERATURA} - F1S2 - N_{8,2t} AASHTO \times IRI (m/km) - Ap\ os\ a\ Restaurac\ ao$



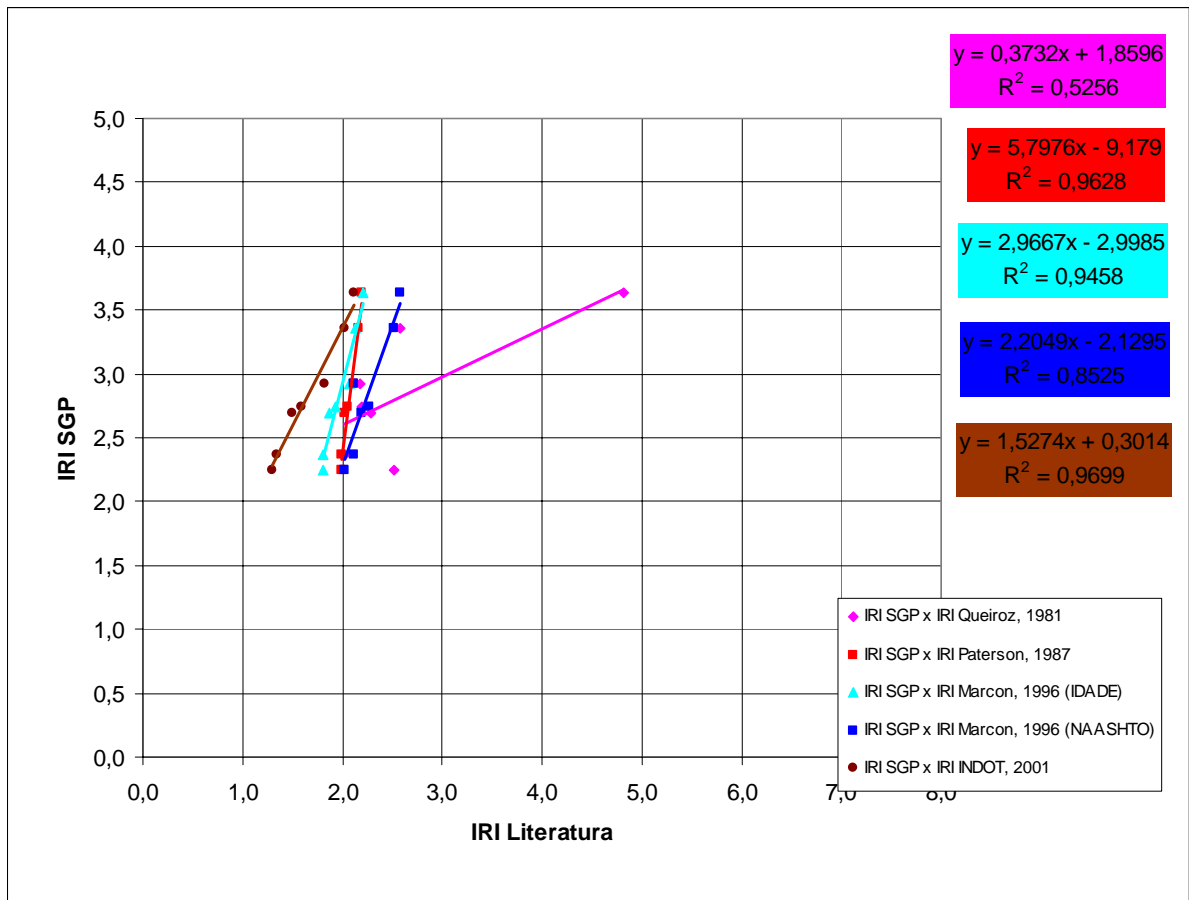
**FIGURA 6.8 -** Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC} \times IRI_{LITERATURA} - F1S2 - Idade (Anos) \times IRI (m/km) - Ap\ os\ a\ Restaurac\ ao$

Observando-se a Figura 6.8, nota-se certa semelhança com a Figura 6.7, ou seja, as curvas da literatura apresentam similarmente, tanto para a variável  $N_{8,2} AASHTO$  quanto



para a IDADE. Ressalta-se que a curva referente a QUEIROZ (1981), apresenta similaridade nos valores de IRI por volta do 7º ano de análise.

A Figura 6.9 mostra que os coeficientes de correlação na relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$  estão entre 0,52 e 0,97, com destaque para a equação do INDOT (2001), que resultou na melhor correlação obtida.

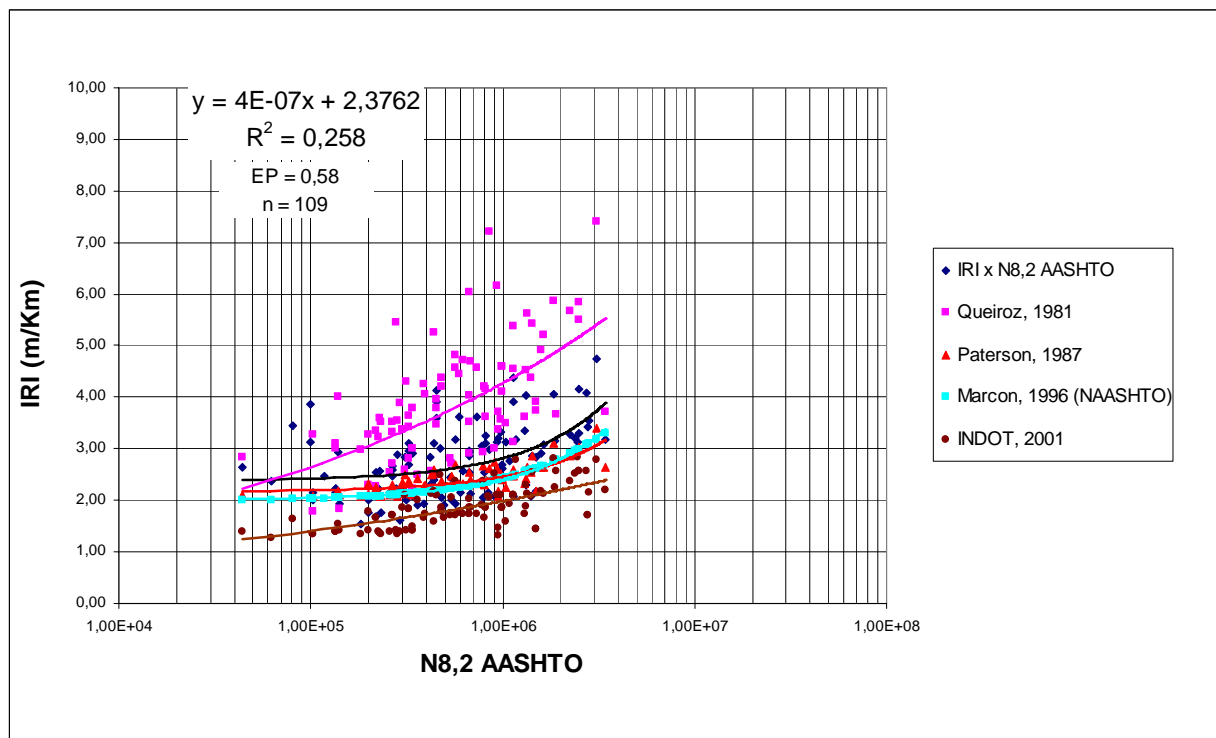


**FIGURA 6.9** - Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F1S2 – Após a Restauração

## - Família 2 Subfamília 1

### a) Comparação Antes da Restauração

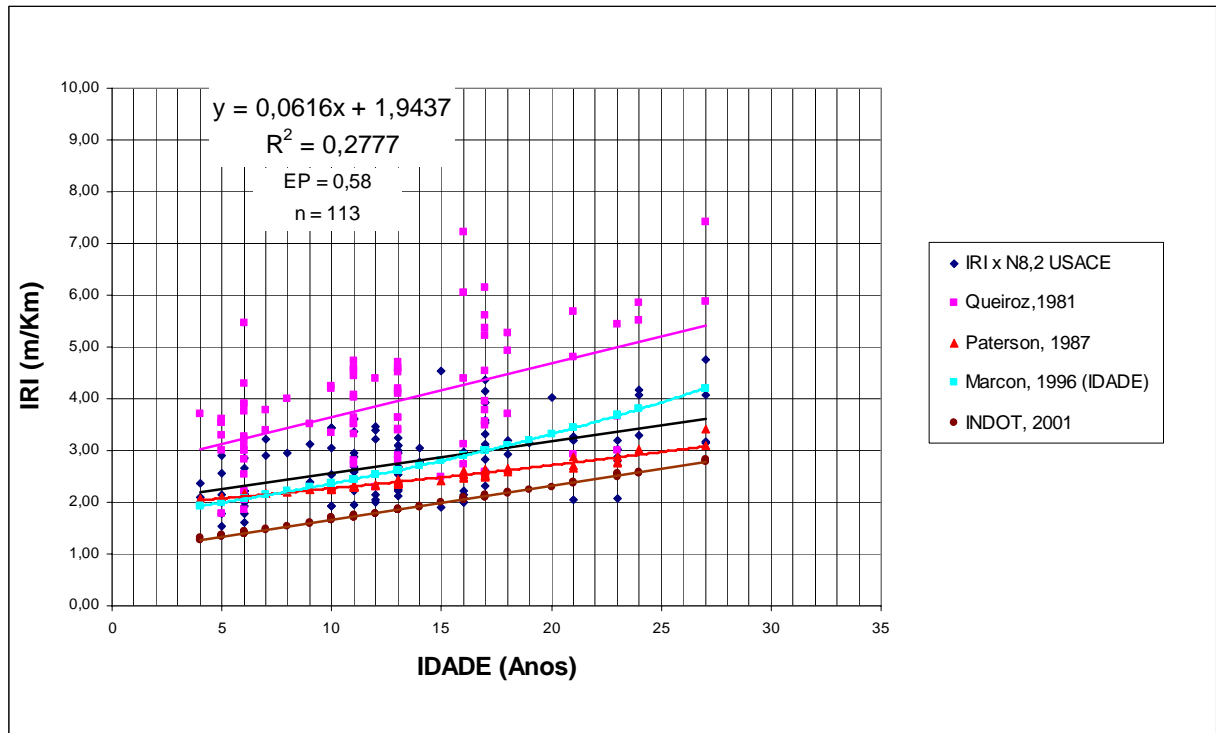
A Figura 6.10 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI de literatura e também a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. Já a Figura 6.11 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.



**FIGURA 6.10** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S1 -  $N_{8,2t}$  AASHTO X IRI (m/km) - Antes da Restauração

Observando a Figura 6.10, percebe-se que as curvas de literatura que mais se aproximam da linha de tendência obtida são as referentes a PATERSON (1987) e MARCON (1996). Estas duas curvas estão quase equivalentes, mas apresentam valores menos conservadores se comparados à linha de tendência obtida.

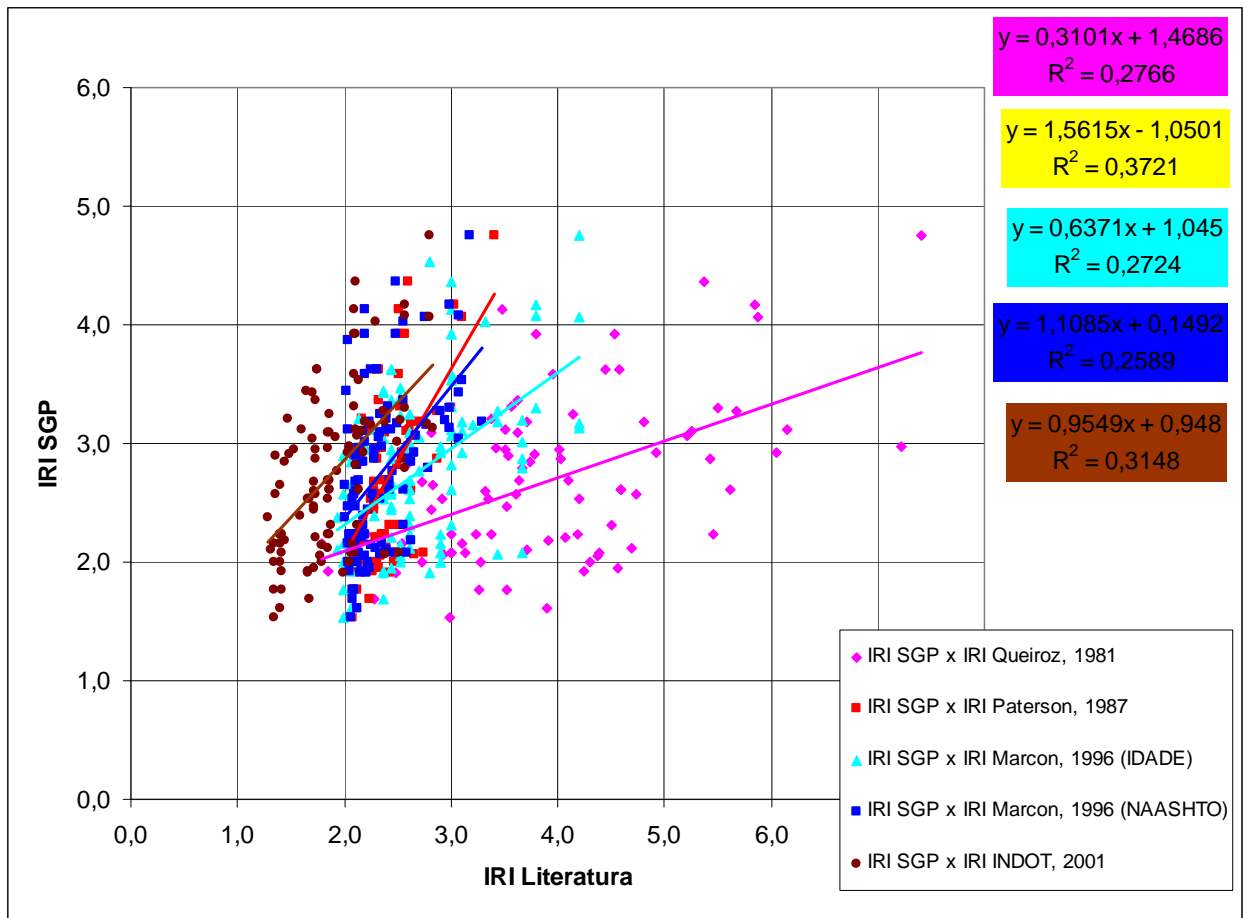
Já o modelo de QUEIROZ (1987) apresenta tendência de evolução muito maior, ao contrário do INDOT (2001), que apresenta evolução de IRI menor, da ordem de aproximadamente 1,3 m/km.



**FIGURA 6.11** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  x  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S1 – Idade (Anos) x IRI (m/km) - Antes da Restauração

Observando-se as comparações demonstradas na Figura 6.11, também se nota certa semelhança com relação às comparações apresentadas na Figura 6.10, ou seja, as curvas de literatura se comportam similarmente ao que foi exposto para a variável  $N_{8,2\ AASHTO}$ . Com exceção, levando-se em consideração somente as curvas de PATERSON (1987) e MARCON (1996), ainda se nota semelhança, mas à medida em que os anos se passam, apresentam tendência de evolução divergente.

A Figura 6.12 mostra que os coeficientes de determinação para relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$ . Os coeficientes de correlação desta análise entre o IRI estimado pelos modelos da literatura e os obtidos nesta pesquisa, devido a grande dispersão dos dados de Irregularidade, apresentam coeficientes baixos, e ficam entre 0,25 e 0,37, que correspondem respectivamente aos modelos de MARCON (1996) ( $N_{AASHTO}$ ) e PATERSON (1987).

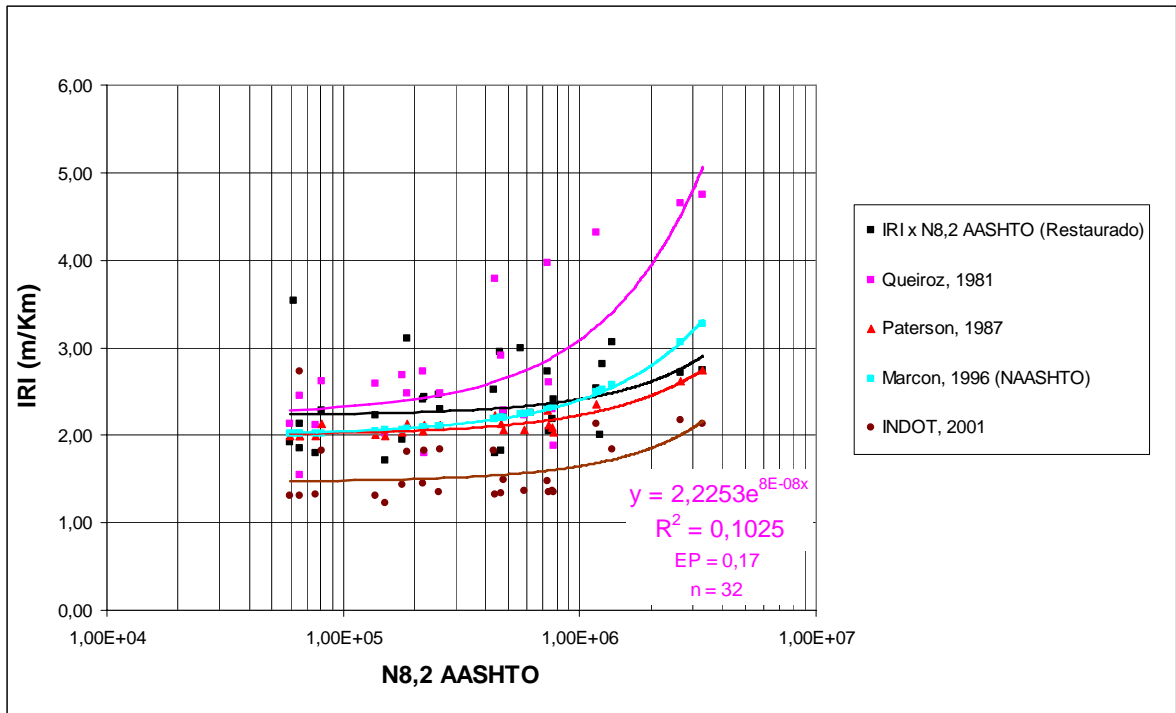


**FIGURA 6.12** - Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S1 – Antes da Restauração

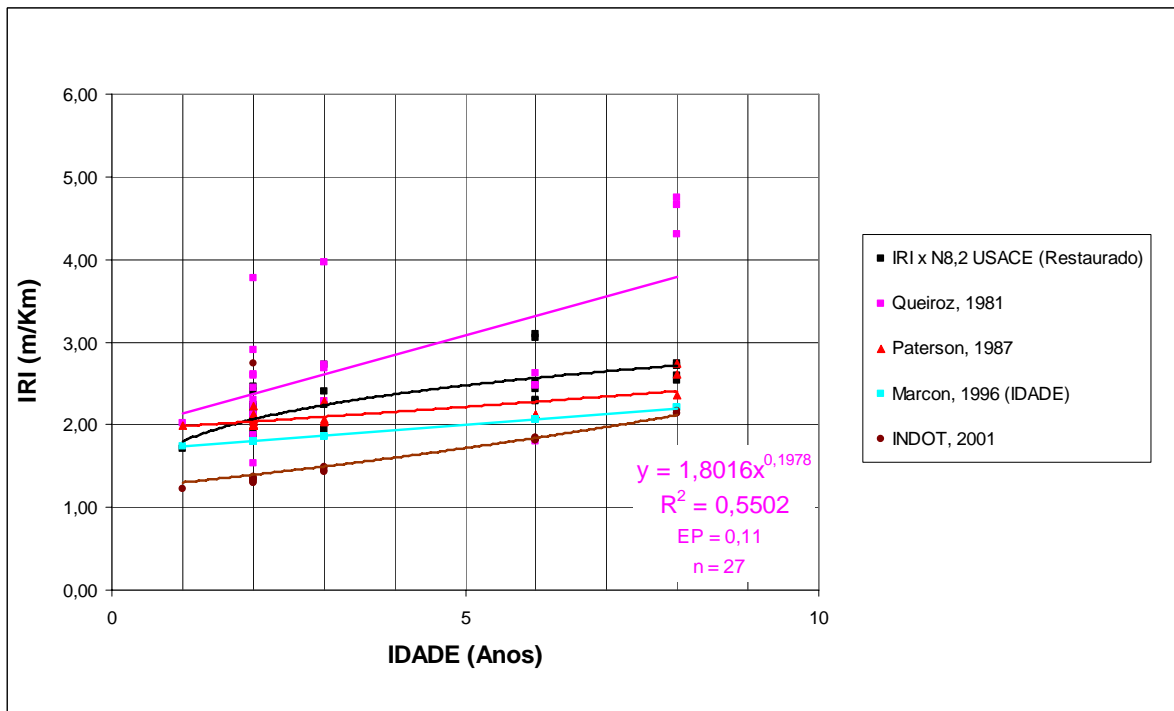
#### b) Comparação Após a Restauração

A Figura 6.13 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI estimado pelos modelos de literatura, bem como a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. Já a Figura 6.14 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.

Mesmo após a restauração, as comparações referentes à Figura 6.13 são muito semelhantes aquelas obtidas com os dados anteriores às intervenções de restauração. Destaca-se também, como no item anterior (antes da restauração), as equações de PATERSON (1987) e MARCON (1996) se assemelham muito à linha de tendência obtida, mesmo esta apresentando coeficiente de correlação bastante baixo.



**FIGURA 6.13** Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC} \times IRI_{LITERATURA} - F2S1 - N_{8,2t} AASHTO \times IRI (m/km) - \text{Após a Restauração}$

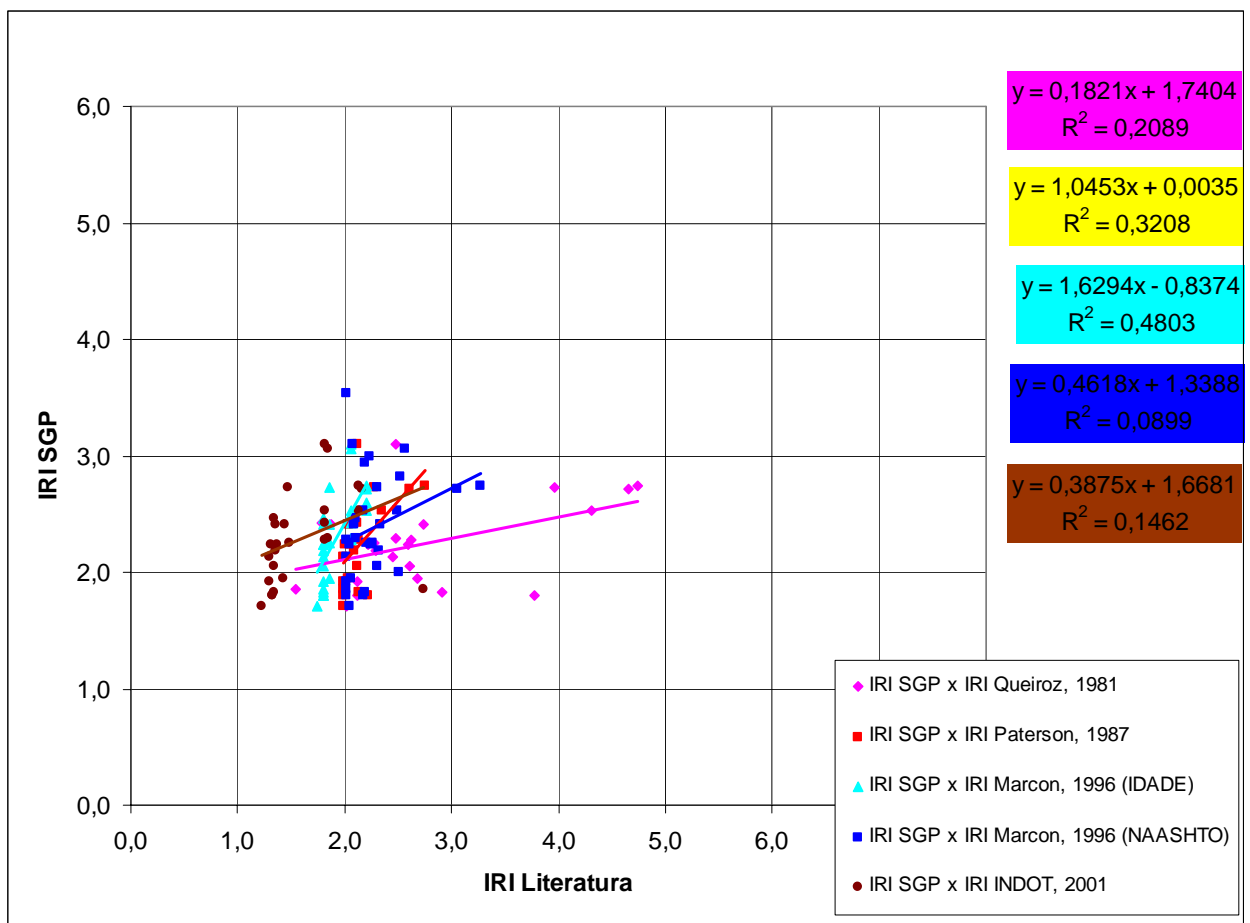


**FIGURA 6.14** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC} \times IRI_{LITERATURA} - F2S1 - \text{Idade (Anos)} \times IRI (m/km) - \text{Após a Restauração}$

Para a variável IDADE, Figura 6.14, comparando-se aos modelos de literatura, observa-se mais uma vez a semelhança das equações de PATERSON (1987) e MARCON (1996) com relação à linha de tendência obtida. Já a equação de QUEIROZ (1981) se apresenta

bem acima dos valores observados, ao contrário do INDOT (2001) que mais uma vez apresenta tendência de evolução equivalente, mas com valores de IRI mais baixos.

A Figura 6.15, como já apresentado anteriormente, mostra que os coeficientes de correlação na relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$  estão entre os valores de 0,08 e 0,48 que correspondem respectivamente às equações de MARCON (1996) (NAASHTO) e PATERSON (1987).

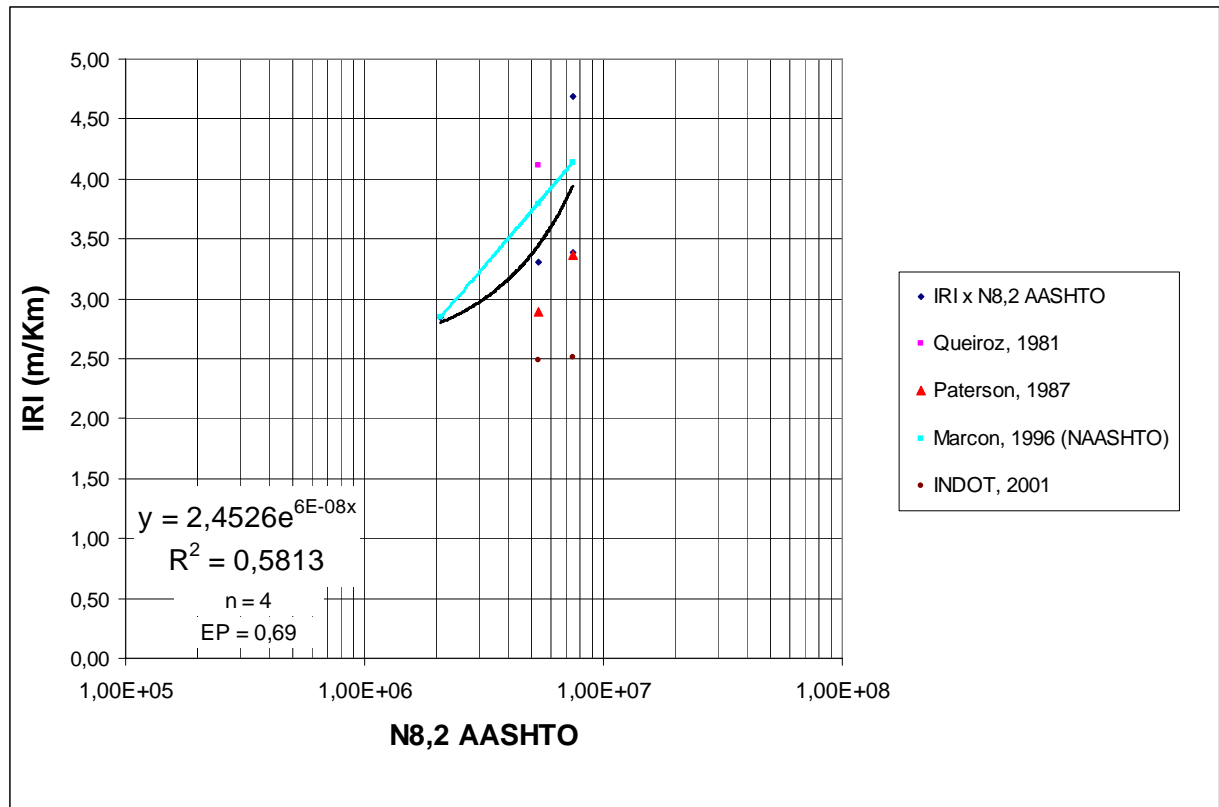


**FIGURA 6.15** - Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S1 – Após a Restauração

## - Família 2 Subfamília 2

### c) Comparação Antes da Restauração

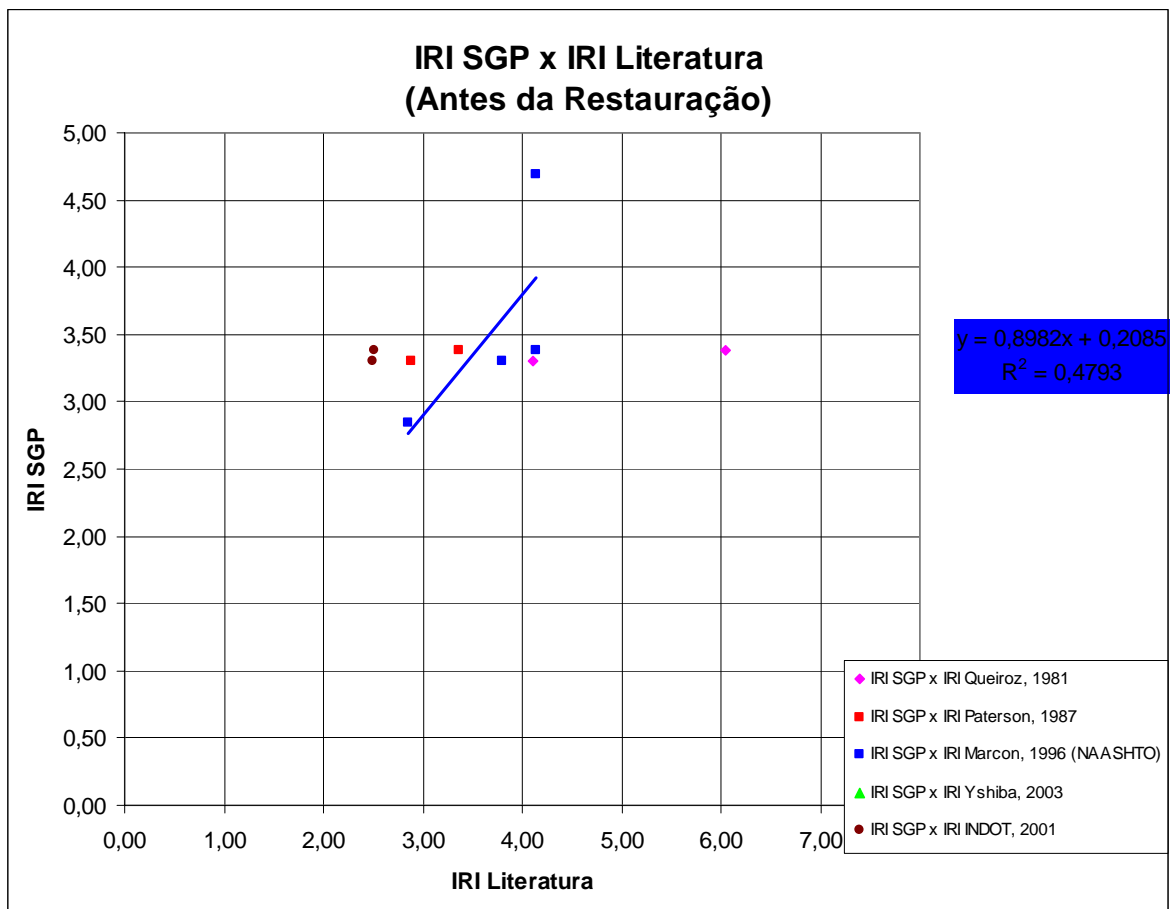
Esta família em particular apresenta o menor volume de dados se comparada às três anteriores. Analisando-se os dados válidos, nota-se que somente a variável independente  $N_{8,2t}$  AASHTO apresenta pelo menos 4 pontos válidos em condições de comparação. Sendo assim, a única equação comparável foi a de MARCON (1996) mostrada na Figura 6.16.



**FIGURA 6.16** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S2 -  $N_{8,2t}$  AASHTO X IRI (m/km) - Antes da Restauração

Nota-se que as duas curvas, tanto a de MARCON (1996) (NAASHTO) quanto a linha de tendência obtida, estão muito próximas, com a linha de tendência obtida tendendo a oferecer valores de IRI mais conservadores a partir de  $N_{8,2\ AASHTO}$  igual a  $9 \times 10^6$ .

A Figura 6.17 mostra que o coeficiente de correlação na relação entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  e  $IRI_{LITERATURA}$  para MARCON (1996) (NAASHTO) apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,48.



**FIGURA 6.17** - Relação Entre  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S2 – Antes da Restauração

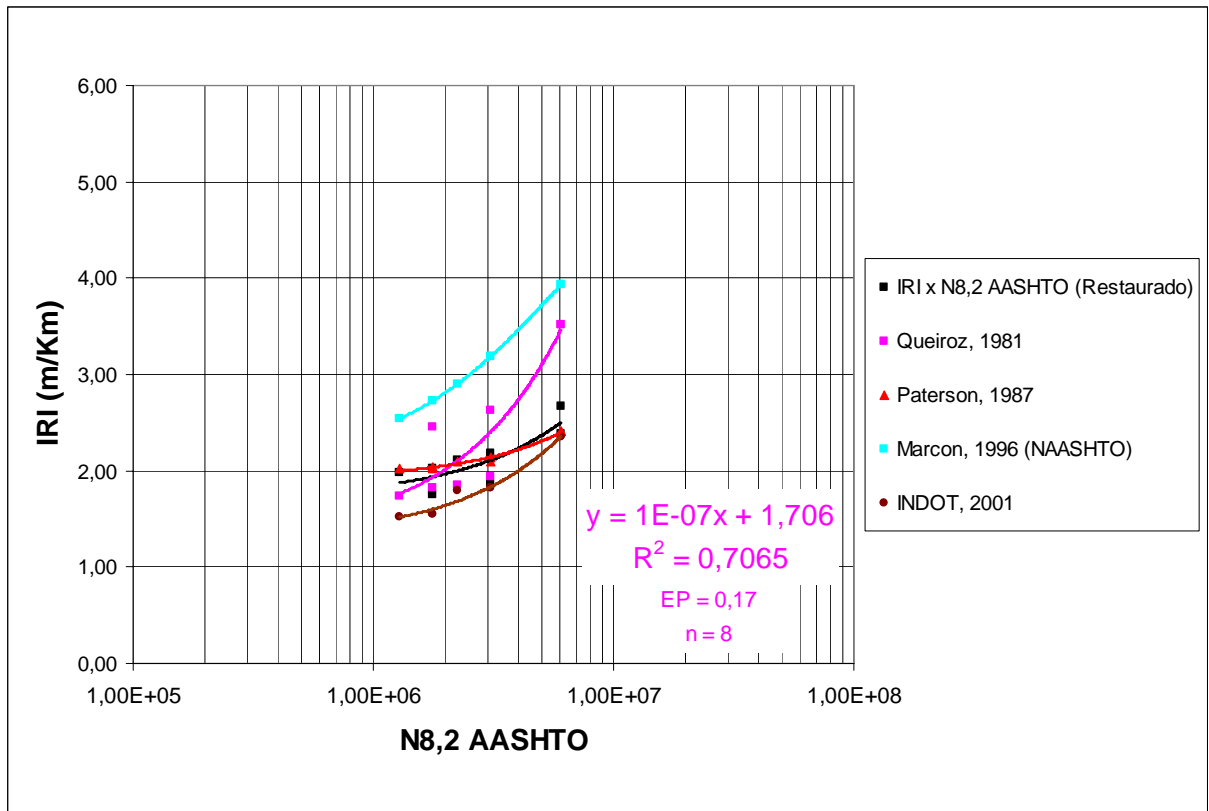
- Comparação Após a Restauração

A Figura 6.18 mostra as curvas referentes aos resultados obtidos nos cálculos do IRI de literatura, bem como a linha de tendência definitiva obtida para  $N_{8,2t}$  AASHTO. Já a Figura 6.19 mostra as comparações plotadas no gráfico cuja variável independente é a IDADE.

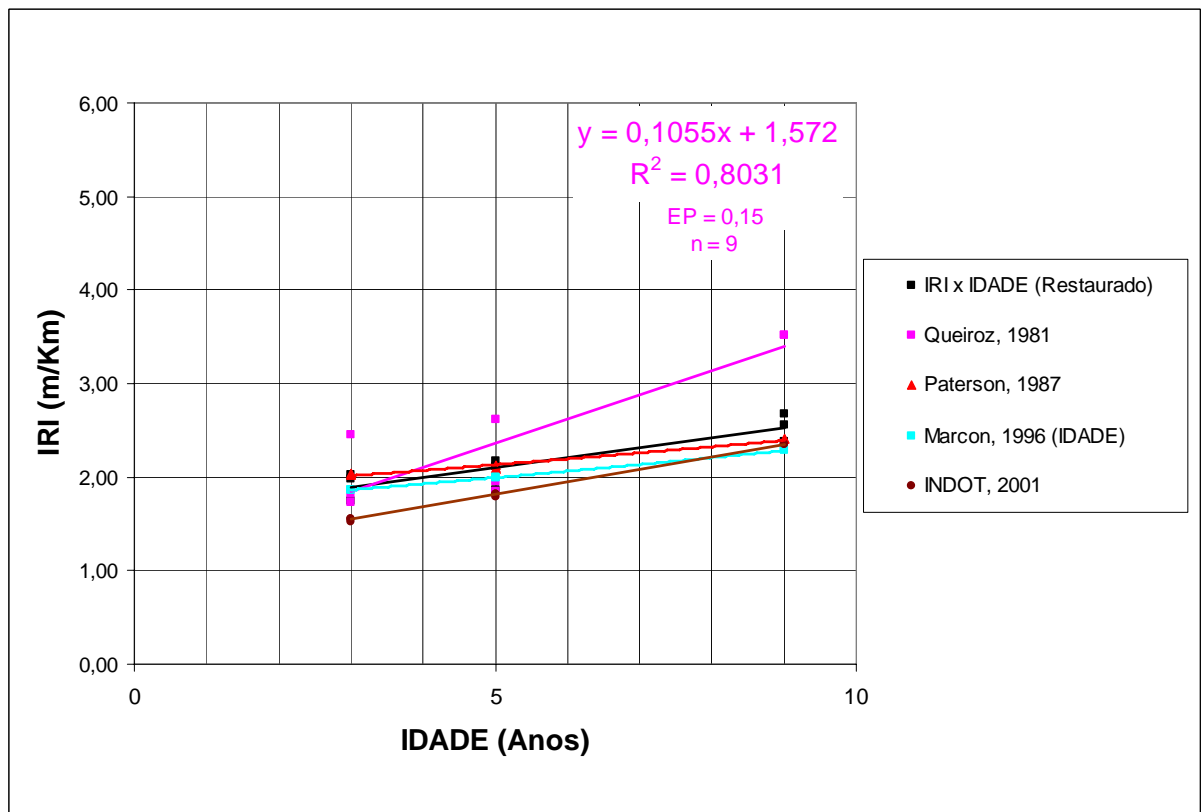
Considerando ainda a Figura 6.18, constata-se que novamente a equação de PATERSON (1987) obteve a maior aproximação em relação à linha de tendência obtida. Já a equação de MARCON (1996) não obteve semelhança considerável como nos casos anteriores, apresentando tendência mais conservadora.

O modelo de QUEIROZ (1981) apresenta um crescimento do IRI bem mais acentuado, se comparado aos modelos de PATERSON (1987), MARCON (1996) e INDOT (2001).





**FIGURA 6.18** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S2 -  $N_{8,2t}$  AASHTO X IRI (m/km) - Após a Restauração



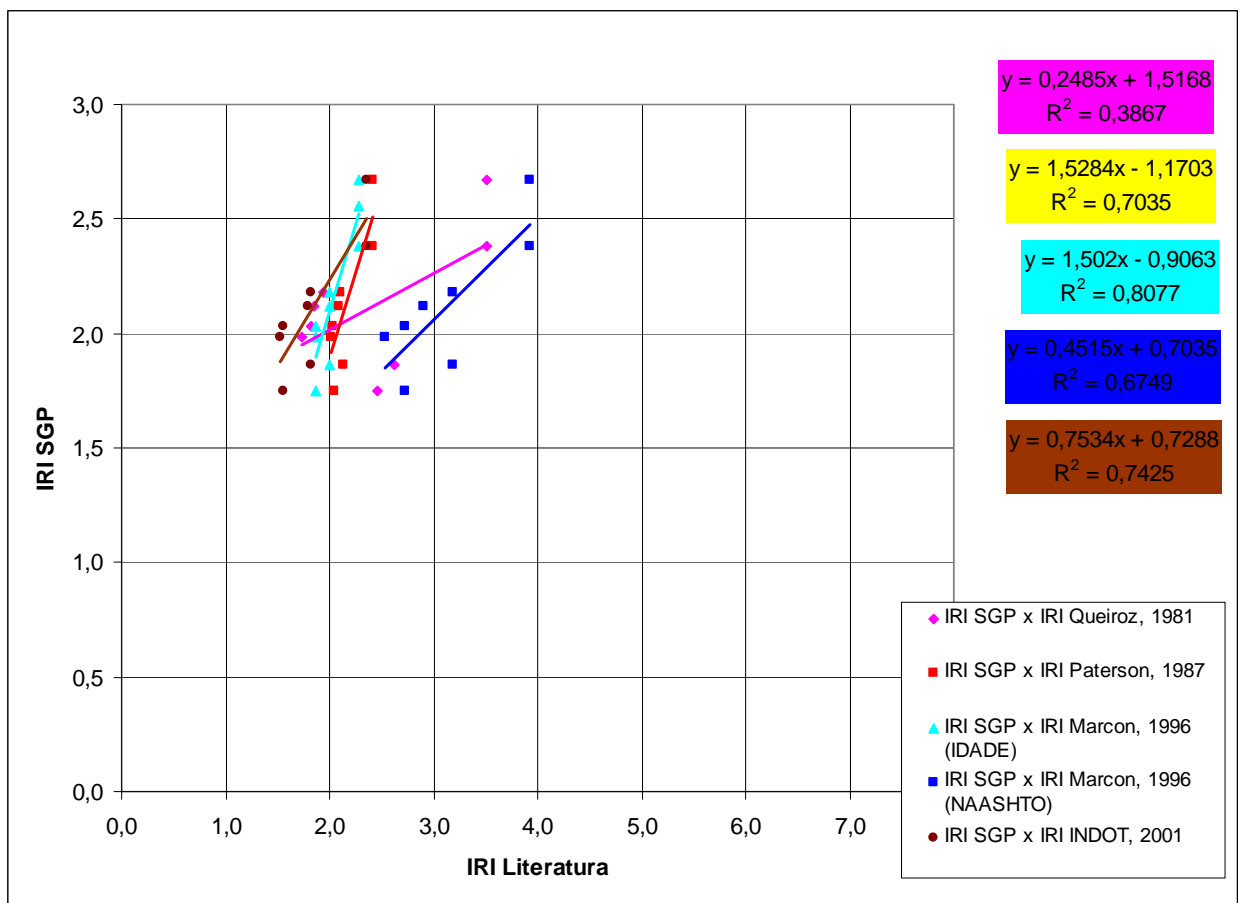
**FIGURA 6.19** - Comparações  $IRI_{SGP\ DEINFRA/SC}$  X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S2 – Idade (Anos) X IRI (m/km) – Após a Restauração

De acordo com a Figura 6.19, nota-se que o modelo de PATERSON (1987) está novamente apresentando grande semelhança com a linha de tendência obtida, porém do 7º (sétimo) ano em diante apresenta evolução menos conservadora. Um aspecto interessante é que as curvas obtidas tanto por PATERSON (1987) como por MARCON (1996) são praticamente paralelas.

A curva obtida pela equação do INDOT (2001) aparece um pouco mais abaixo, com irregularidades variando entre 1,53 e 2,36 m/km.

O modelo que apresentou tendência mais alta de evolução em relação à linha de tendência obtida foi a de QUEIROZ (1981).

A Figura 6.20 mostra ainda que os coeficientes de correlação na relação entre  $IRI_{SGP}$  DEINFRA/SC e  $IRI_{LITERATURA}$  estão entre os valores de 0,38 e 0,80 que correspondem respectivamente às equações de QUEIROZ (1981) e MARCON (1996) (IDADE).



**FIGURA 6.20** - Relação Entre  $IRI_{SGP}$  DEINFRA/SC X  $IRI_{LITERATURA}$  – F2S2 – Após a Restauração

## **CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

### **7.1. Conclusões**

Como conclusões obtidas, pode-se destacar os seguintes pontos:

- Houve muita dificuldade quanto a utilização dos dados constantes do SGP/DEINFRA/SC. Esta dificuldade diz respeito às informações e dados que fazem parte do banco de dados VISAGE, onde muitos trechos não apresentavam informações quanto à estrutura ou, quando apresentavam, estavam incompletos;
- Dos 867,18 km analisados, ou seja, 77,3% da extensão possui pavimentos construídos de concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ), apresentando espessuras em torno de 4 a 6 cm. Observou-se também que há a tendência de recapeamento através da utilização de camadas integradas (CAUQ + PMQ). A espessura do CAUQ gira em torno de 5 a 8 cm, e a camada de PMQ de 2 a 5 cm;
- Para a camada de base, verifica-se que 81,2% da extensão são constituídos de Brita Graduada, com espessuras em torno de 10 a 29;
- Com relação à sub-base, os pavimentos sem sub-base ou apenas com reforço do subleito representam 27,2% da extensão total analisada. As sub-bases constituídas de solo estabilizado representam 42,1% dos trechos. A solução em solo estabilizado ou pavimentos sem sub-base ou reforço do subleito é a mais utilizada na região geológica 1, onde predominam granitos e gnaisse;
- Com relação à condição do estado da superfície, notou-se que entre os levantamentos de 1995 e 1997, há uma concentração menor de trechos com trincamento total, sendo um dos indícios dos programas de restaurações, principalmente o PNMRE/SC – BIRD do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento. Com relação aos trechos restaurados, notou-se que estes sofreram intervenções provavelmente entre 25,8% e 43,0% de trincamento total. Das rodovias que sofreram intervenção entre os anos de 1995 e 1997, cerca de 80% dos trechos, segundo o Manual do Sistema de Gerência de Pavimentos do DEINFRA/SC deveriam ter sofrido intervenções entre 10% e 15% de trincamento, ao contrário do que foi constatado, 25,8% a 43,0%;

- Para o parâmetro Iregularidade, considerando-se os pavimentos em CAUQ e CAUQ+PMQ, constata-se que há um crescimento na proporção de aproximadamente 0,5 m/km a cada 5 anos de serviço dos pavimentos. Por outro lado, observou-se que os trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante; PMQ+Capa Selante, dentre os trechos não-restaurados, a maioria da extensão (70,22%) se encontra entre IRI's de 2,7 a 4,2 m/km ou seja, um crescimento de cerca de 1,0 m/km a cada 5 anos de serviço dos pavimentos.

Concluiu-se ainda que, segundo o Manual do SGP-DEINFRA/SC, tanto para o nível de usuário quanto de patrimônio, que as restaurações foram feitas, na sua maioria, em momento oportuno. Para o conjunto de trechos que já foram restaurados, dos constituídos em CAUQ ou CAUQ+PMQ, conclui-se que em aproximadamente 5 anos os pavimentos perdem a condição de rolamento apropriada. Para os trechos em PMF, PMQ, PMF+Capa Selante, PMQ+Capa Selante já restaurados, 39,02% em extensão já haviam ultrapassado, no ano de 2001, o limite de IRI igual 4,61 (indicativo de limite final de vida útil funcional de um pavimento segundo QUEIROZ, 1981). Notou-se também ao longo do processamento dos dados que o IRI é, das variáveis envolvidas no processo, a que apresenta a menor dispersão.

- Para o parâmetro Deflexão, notou-se que a maioria dos trechos apresentam deflexões máximas médias entre os valores de 60 e 94 x 10<sup>-2</sup>mm. Também se percebeu que há um aumento gradativo da deflexão ao longo dos três levantamentos até o valor de 77x10<sup>-2</sup>mm, apresentando queda principalmente no levantamento de 1995 a partir deste valor, reflexo das restaurações que ocorreram entre os anos de 1994 a 1998. Para os trechos ainda não-restaurados, a maior frequência dentre os três levantamentos, se dá entre os intervalos de 77 a 111x10<sup>-2</sup>mm. A Deflexão apresentou também Coeficiente de Variação, para os anos de 1995 e 2001 da ordem 30%, sendo considerado um parâmetro bastante heterogêneo;

- Para os dados do SGP - DEINFRA/SC analisados nesta pesquisa, observou-se uma quantidade considerável de discontinuidades entre as médias dos parâmetros de um levantamento para outro. Tentou-se buscar respostas para este problema através da atualização do histórico dos pavimentos, mas, ao contrário do que se tinha em mente, observou-se que as discontinuidades da evolução dos parâmetros individualmente para cada trecho não eram fruto destas intervenções e sim, provavelmente, de problemas

relacionados com as medidas de campo. Neste sentido, a inconsistência dos dados do SGP se evidenciou também, particularmente, nos dados dos levantamentos de defeitos através do equipamento Desyroute, que por vezes apresentavam exatamente os mesmos valores de um levantamento para outro, principalmente entre os anos de 1997 e 2001. É muito provável que tenham havido descuidos na inserção dos dados no banco de dados, acarretando assim sobreposições entre os levantamentos, com a conseqüente perda de dados em um determinado ano de auscultação, o que é péssimo em termos econômicos e sobretudo acadêmicos, dificultando o entendimento do desempenho dos pavimentos no estado.

- Analisando-se as linhas de tendência obtidas para a Deflexão Máxima Média, nota-se que para as análises anteriores às intervenções de restauração, a Família 1 Subfamília 1 foi a que apresentou melhores resultados estatísticos, seguida da Família 1 Subfamília 2. A Família 2 Subfamília 1, apesar de apresentar uma boa amostragem, apresentou os piores resultados estatísticos, mostrando uma alta dispersão entre os valores. Conclui-se, neste caso, que há uma grande variabilidade dos valores de deflexão para um mesmo  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade, ou seja, há trechos de pavimentos com as mesmas características estruturais e de  $N_{8,2}$  AASHTO ou Idade apresentando valores de deflexão com variações médias de  $\pm 25 \times 10^{-2}$  mm. Pode-se atribuir este fato aos materiais utilizados para a estrutura desta subfamília (F2S1), ou ainda por conta dos procedimentos de medição deste tipo de parâmetro que, segundo vários estudos já publicados, costuma apresentar grande variabilidade, principalmente se medido em diferentes condições ambientais. Em geral, a regressão linear múltipla apresentou melhora significativa para as análises anteriores à restauração em comparação aos resultados obtidos com apenas um regressor. Destaca-se ainda que a Família 2 Subfamília 2 não foi analisada na situação anterior à restauração por apresentar número insuficiente de elementos. Para a situação posterior às intervenções de restauração não houve possibilidade de análise para nenhuma das Subfamílias, pois não havia número suficiente de elementos para uma análise estatística confiável. Em geral, a regressão linear múltipla apresentou melhora significativa em comparação às análises efetuadas com apenas um regressor;

- Para a análise das Linhas de Tendência referentes ao International Roughness Index (IRI), na situação anterior à restauração, destaca-se novamente a Família 1 Subfamília 1,

que obteve novamente os melhores resultados estatísticos. A Família 1 Subfamília 2 foi a que apresentou melhores resultados depois da Família 1 Subfamília 1, mas, em contrapartida, não apresentou ganho significativo em termos de coeficiente de determinação, sendo analisada somente a configuração contendo dois regressores, não apresentando boa confiabilidade estatística. A Família 2 Subfamília 1, apesar de apresentar uma boa amostragem, não forneceu bons resultados estatísticos. Novamente, a Família 2 Subfamília 1 apresentou dispersão considerável nos elementos componentes da amostra. Esta constatação se dá na medida que os materiais utilizados para a estrutura desta subfamília, os procedimentos de medida ou ainda procedimentos construtivos não foram utilizados ou executados adequadamente. Para a regressão linear múltipla houve melhora considerável para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). A Família 2 Subfamília 2 foi analisada somente através de regressão simples e para a variável  $N_{8,2}$  AASHTO, onde não foram obtidos bons resultados estatísticos. As regressões lineares múltiplas também não foram analisadas em virtude da falta de elementos em quantidade mínima na amostra. Esta é uma subfamília que apresenta praticamente todos os trechos já restaurados.

Para a análise das Linhas de Tendência referentes à situação após à restauração, as linhas de tendência após a restauração não foram analisadas somente para a Família 1 Subfamília 1, sendo justamente a Subfamília que apresentou os melhores resultados para a análise antes da restauração. Isto denota, como já vem sendo observado, uma menor variabilidade e um melhor aproveitamento dos pavimentos pertencentes a esta Subfamília, tendo em vista que o número de restaurações é bastante baixo e, conseqüentemente, o número de elementos para a análise. Em geral, para o restante das Subfamílias analisadas, os resultados estatísticos foram melhores do que os obtidos anteriormente à restauração, tanto em termos de coeficiente de determinação como em termos de confiabilidade da Linhas de Tendência. Para as análises de regressão linear múltipla houve ganho significativo em termos de coeficiente de determinação, exceto para a Família 2 Subfamília 1 que não apresentou praticamente nenhuma melhora.

- Analisando-se as Linhas de Tendência obtidas para a análise do Trincamento Total, nota-se que para as análises anteriores às intervenções de restauração, a Família 1 Subfamília 1 apresentou coeficientes de determinação menores se comparados aos obtidos para os parâmetros Deflexão e IRI. As linhas de tendência obtiveram

confiabilidade de 100%, tanto para a variável  $N_{8,2}$  AASHTO quanto para a Idade. Para a regressão linear múltipla, obteve-se melhor coeficiente de correlação ( $R^2$ ) se comparado à regressão simples. A Família 1 Subfamília 2 não ofereceu resultados de coeficiente de correlação tão bons. O baixo número de elementos pode explicar a baixa confiabilidade das análises, principalmente para a variável Idade. Para a regressão linear múltipla, obteve-se um aumento enorme para os coeficientes de correlação, sendo refletido na confiabilidade, que também melhorou de forma significativa. A Família 2 Subfamília 1 apresentou, com relação ao Trincamento Total, resultados muito mais consistentes do que para os parâmetros Deflexão e IRI. As análises de regressão linear múltipla proporcionaram boa melhora para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As Linhas de Tendência obtiveram também ótima confiabilidade estatística. Para a Família 2 Subfamília 2, das análises feitas antes da restauração, foi a que ofereceu melhores resultados em termos de coeficiente de determinação e com ótima confiabilidade, apesar do número reduzido de elementos. A regressão linear múltipla foi analisada somente para a combinação de dois regressores não oferecendo ganho significativo em termos de coeficiente de correlação, mas em compensação a confiabilidade obteve queda significativa.

Para a análise das Linhas de Tendência referentes à situação após à restauração, considerando-se a Família 1 Subfamília 1, as linhas de tendência obtidas para o parâmetro Trincamento Total, assim como para a Deflexão, também não foram analisadas por falta de elementos suficientes. A Família 1 Subfamília 2 apresentou melhora significativa se comparada às regressões simples obtidas antes da restauração. De maneira geral não se obteve resultados estatísticos tão bons quanto para a análise dos parâmetros Deflexão e IRI. Houve também a constatação de boa confiabilidade para as regressões simples para ambas as variáveis ( $N_{8,2}$  AASHTO e Idade). Para a regressão linear múltipla houve um ganho significativo para o coeficiente de determinação. A confiabilidade, para as regressões lineares múltiplas, se houve bem somente para a combinação de 2 regressores. Para a Família 2 Subfamília 1, obteve-se melhores resultados estatísticos nas regressões simples do que para as variáveis Deflexão e IRI. Os resultados obtidos foram melhores do que aqueles obtidos para a situação anterior à restauração. A variabilidade dos dados foi considerada baixa, apresentando ainda

confiabilidade de 100% com 25 elementos analisados. A Família 2 Subfamília 2 não apresentou, em geral, bons resultados estatísticos. Detectou-se dispersão considerável dos dados, bem como pouca confiabilidade estatística dada a pouca quantidade de dados. Para a regressão linear múltipla foram obtidos ótimos resultados para a combinação de quatro regressores, com confiabilidade de 100%.

- Observa-se que nas análises estatísticas efetuadas para a obtenção das Linhas de Tendência, para todas as famílias analisadas, o parâmetro analisado que ofereceu maior quantidade de dados disponíveis foi o Trincamento Total. Com relação à Família 1 Subfamília 1, considerando-se os parâmetros Deflexão e IRI, o comportamento dos pavimentos após a restauração não foi analisado por não haver quantidade de pontos suficientes. Isto pode significar que os pavimentos compostos por subbase de materiais pétreos britados e revestimento em concreto asfáltico estão em um grupo que menos necessitou de intervenções de restauração. Em geral, observa-se também que os resultados estatísticos para as Linhas de Tendência após as restaurações se houberam melhores, induzindo à conclusão de que provavelmente o desvio padrão dos serviços de reabilitação executados foram melhores do que aqueles efetuados na ocasião da implantação dos trechos. Os pavimentos que se enquadram na Família 2 Subfamília 1 são os que possuem maior número de elementos para a pesquisa, mas, como já citado anteriormente, não apresentaram consistência suficiente para que proporcionassem bons resultados estatísticos, exceto para o Trincamento Total que apresentou um comportamento ligeiramente melhor, tanto para antes como também para depois da restauração.

- Com relação às comparações das linhas de tendência obtidas com os modelos da literatura, de maneira geral, observou-se um forte indício de que as curvas de PATERSON (1987) e do próprio MARCON (1996) seriam as mais indicadas para a previsão do desempenho dos pavimentos para o IRI. O modelo do INDOT (2001) apresentou, em todos os casos, tendência de evolução equivalente, ou seja, apresentou paralelismo em relação às curvas obtidas, mas com valores previstos menores que os demais.



## 7.2. Recomendações Para Futuras Pesquisas

a) Um dos fatores que mais chamaram a atenção nesta pesquisa, e que seria de suma importância para o SGP/DEINFRA/SC, é que o órgão tivesse a preocupação de manter o histórico dos pavimentos atualizado, sob pena de desmotivar ou até impossibilitar futuras pesquisas na área;

b) Assim como já havia sido recomendado por MARCON (1996), a questão do referenciamento das rodovias em campo é de suma importância. Neste sentido cabe ressaltar, para as futuras pesquisas, que se tome cuidado na identificação dos trechos do levantamento de 2007 em diante, pois com a implantação do novo referenciamento, pode-se estar cometendo erros de localização. Ainda, para que erros como este pudessem ser evitados, o novo referenciamento já deveria ter sido implantado no momento da consolidação efetiva do SGP/DEINFRA/SC.

c) Destaca-se a necessidade de se fazer pesquisas de tráfego em cada trecho da malha rodoviária do estado paralelamente a cada ano de auscultação. Recomenda-se ainda a utilização de Fatores de Veículo determinados através de pesquisas mais recentes e preferencialmente que tenham sido realizadas no próprio estado. Para que estas recomendações sejam possíveis, sugere-se a implantação de programas de contagem de tráfego, manuais ou mecanizadas, no sentido de se obter de forma mais acurada os vários tipos de veículos de carga, haja vista sua grande variação ao longo dos últimos anos. Um programa de pesagem móvel periódica dos veículos, pelo menos nos anos em que estejam sendo feitas as auscultações na malha também é de suma importância, para que se possa aferir os fatores de veículo utilizados.

d) Recomenda-se que para minimizar a dispersão dos dados observada na Família 2 Subfamília 1, dos pavimentos constituídos de subbase em solo estabilizado ou reforço do subleito, talvez se devesse tentar uma abordagem mais detalhada como a divisão dos trechos em faixas de espessura de sub-base (já que as espessuras do revestimento tem pouca variação), de número estrutural, ou ainda de faixas de CBR ou em termos de comportamento resiliente. Ainda neste sentido, poderia-se também dar mais atenção à realização das medidas efetuadas em campo no que diz respeito aos procedimentos adotados, bem como na aferição ou calibração de cada equipamento utilizado para os

levantamentos. Se possível, recomenda-se que sejam utilizados equipamentos ou aparelhos com as mesmas características técnicas daqueles utilizados nas medições anteriores. Neste sentido ainda se recomenda que o órgão deveria manter equipamentos próprios, além de equipes treinadas, pois a utilização de equipamentos e equipes diferentes, a cada levantamento contratado, conduzem, sem dúvida, a diferentes valores.

e) Utilizar as equações obtidas nesta pesquisa de forma indireta, como recomenda SHAHIN (1987). No caso da análise individual de um determinado trecho, deve-se desenhar uma curva individual paralelamente à curva de previsão da família a partir da situação presente deste, para que se obtenha a previsão de desempenho futuro para o segmento de pavimento investigado.

f) Continuar o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho a partir da inclusão de novos levantamentos, utilizando, de preferência, os conceitos sugeridos por SHAHIN et al. (1987), de MARCON (1996) e desta própria pesquisa, no intuito de se obter modelos cada vez mais acurados e confiáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1982a). **Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements T221-66**. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing - Part II. Methods of Sampling and Testing. Thirteenth Edition. Washington, DC/USA, p. 813-815.
- AASHTO (1982b). **Nonrepetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements - T 222-81**. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing - Part II. Methods of Sampling and Testing. Thirteenth Edition. Washington, DC/USA, p. 816-823.
- AASHTO (1987). **Maintenance Manual**. Washington, DC/USA, 59 p.
- AASHTO (1990). **AASHTO Guidelines for Pavement Systems**. Washington, DC/USA, 39 p.
- AASHTO (1993). **AASHTO Guide for Design of Pavement Structures**. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, DC/USA.
- ASA (2007). **Aeropuertos y Servicios Auxiliares**. México/DF. Disponível em: <<http://www.asa.gob.mx>>
- ARANOVICH, L. (1983). Avaliação de Pavimentos Flexíveis. In: 18ª. Reunião Anual de Pavimentação. Porto Alegre/RS, v. 1, p. 441-533.
- AUTRET, P., BROUSSE, J.L. (1991). **VIZIR - Méthode Assistée par Ordinateur pour l'Estimation des Besoins en Entretien d'un Réseau Routier**. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris/France, 63 p.
- BALBO, J. T. (1997). **Pavimentos Asfálticos – Patologias e Manutenção**. Editora Plêiade, São Paulo/SP, 103p.
- BARROS, R. (1991). **Assessing Composite Distress Evaluations**. In Transportation Research Record 1311. Transportation Research Board. Washington, DC/USA, p. 205-213

- BASÍLIO, R. (2002). **Análise do Comportamento de Pavimentos de Rodovias Estaduais de Goiás – Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- BAYOMY, F., SALEM, H. (2004). **Monitoring and Modeling Subgrade Soil Moisture for Pavement Design and Maintenance in Idaho**. National Institute for Advanced Transportation Technology University of Idaho, USA. Disponível em: <[http://www.esica.com/\\_docs/testimonials\\_idaho.pdf](http://www.esica.com/_docs/testimonials_idaho.pdf)>
- BENNETT, C. R., PATERSON, W. D. O. (2000). **HDM-4 Highway Development & Management - Volume Five**. A Guide to Calibration and Adaptation. The World Bank.
- BERTRAND, C., HARRISON, R., HUDSON, W. R. (1991). **Evaluation of a High-Resolution Profiling Instrument for Use in Road Roughness Calibration**. In: Transportation Research Record 1291. Transportation Research Board. Fifth International Conference on Low-Volume Roads. Washington, DC/USA, v. 2., p. 93-105.
- BODI, J., BALBO, J. T. (1998). **Modelos para Priorização de Serviços de Manutenção de Pavimentos Urbanos**. In: 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo/SP. Disponível em: <<http://www.ptr.poli.usp.br/lmp/download/Abpv98.PDF>>
- BOISSOUDY, A. B., GRAMSAMMER, J. C., KERYELL, P., PAILLARD, M. (1984). **Le Defléctographe 04**. In: Bulletin de Liaison de Laboratoire des Ponts et Chaussées 129. Paris/France, p. 81-98.
- BOLIVAR, O. G., ACHÚTEGUI, F. (1998). **Development of Tools for PMS in Spanish State Road Network**. 4th International Congress on Managing Pavement. Africa do Sul, CD-ROM.
- BORGES, C. B. S. (2001). **Estudo Comparativo Entre Medidas de Deflexão Com Viga Benkelman e FWD em Pavimentos da Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.

- BOTTURA, E. J. (1998). **Contribuição Para o Estudo da Calibração e Controle de Sistemas Medidores de Irregularidade Rodoviária Tipo Resposta**. Tese de Doutorado. São Paulo/SP.
- BOULET, M., SIFFERT, M. (1983). **Modernisation des Appareils d'Auscultation des Chaussées à Grand Rendement e des Procédures d'Exploitation**. **Bulletin de Liaison de Laboratoire des Ponts et Chaussées 128**. Paris/France, p. 76-98.
- BOUZIGUES, J. B., CAROFF, G., PEYRONNE, C. (1985) - **Les Systèmes de Gestion des Chaussées - I - Un Tour d'Horizon**. In Revue Générale des Routes et Aérodrômes 625. Paris/France.
- BRILLET, F., DUCROS, D. M. (1994). **Le Système MÉDOR**. In Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées - Spécial XVII. Paris/France, p. 103 - 112.
- CAMPOS, A. C. R. (2004). **Metodos De Previsão de Desempenho de Irregularidade Longitudinal Para Pavimentos Asfálticos: Aplicação e Proposição de Critérios de Ajuste**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP
- CARDOSO, S. H. (1991). **Implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos no Ministério da Aeronáutica. - Uma Necessidade Urgente**. Revista da DIRENG. Ano 1 - nº 1, Rio de Janeiro/RJ. p. 30-36.
- CARDOSO, S. H. (1992). **Avaliação Estrutural Não-Destrutiva de Pavimentos de Aeroportos: A Experiência Brasileira**. In: Seminários de Manutenção de Aeroportos. Organização de Aviação Civil Internacional (OACI). Diretoria de Engenharia da Aeronáutica (DIRENG). Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO). São Paulo/SP, 23 p.
- CARDOSO, S. H. (1995). **Faixas de Módulos Dinâmicos (Elásticos) Obtidos por Retroanálises Durante Sete Anos**. In: 29ª Reunião de Pavimentação. Cuiabá/MT, v. 2, p. 377-401.
- CARDOSO, S.H., ROCHA, G. M. P., MARCELLO, J. R., GARCIA, W. D., LARANJEIRA, J. R. L. (1993). **A Importância da Quantificação dos Efeitos do Fatores Ambientais e de Cargas em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. In: Anais da 27ª. Reunião Anual de Pavimentação. Teresina/PI, Suplemento, p. 113- 42.

- CARMICHAEL, R. W. (1987). **State-of-Practice of Roughness and Profile Measuring Technology**. In: Proceedings of Second North American Conference on Managing Pavements. Toronto, Ontario/Canada, v. 3, p. 3.259-3.272.
- CAROFF, G., LAYERLE, E., CAIGNEC, H., LEYCURE, P. (1993). **Système d'Information pour l'Entretien des Chaussées**. In: Proceedings XII IRF World Meeting. International Road Federation. Madrid/ Spain, p. 269-277.
- CENEK, P.D., PATRICK, J.E., McGUIRE, J.F., ROBERTSON, D.A. (1994). **New Zealand Experience in Comparing Manual and Automatic Pavement Condition Rating Systems**. In: Proceedings of Third International Conference on Managing Pavements. San Antonio, Texas/USA, v.2, p. 265-278.
- CHEN, et Al. (1993). **URMS: A Graphical Urban Roadway Management System at Network Level**. Transportation Research Record 1397, TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 103-111.
- CIBERMÉTRICA (2006). **Perfilômetro de Pavimentos à Laser**. Cibermétrica Equipamentos e Serviços Ltda. São Paulo/SP, Brasil. Disponível em: <http://www.cibermetrica.com.br/ciberlaser.htm>
- COSTA NETO, P. L. O. (1977). **Estatística**. Editora Edgard Blücher Ltda. - 3ª Reimpressão (1983) - São Paulo/SP - 264 p.
- CUNDILL, M. A. (1991). **MERLIN - A Low-Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries**. In: Transportation Research Record 1291. Transportation Research Board (TRB). Fifth International Conference on Low-Volume Roads. Washington-DC/USA, v. 2, p. 106-112.
- DEEN, R. C., YANCEY JR., M. L., COOK, W. D., SMITH, R. E., SCULLION, T., LYTTON, L. R. (1985). **Ranking Methodologies**. Workshop Summary - Topic 5 - In Proceedings North American Pavement Management Conference. Toronto/Canada, v. 3 - p. 5.19-5.26.
- DEINFRA/SC (2005). **Programa Rodoviário de Santa Catarina – Etapa IV (BID IV) – Relatórios Mensais**. Departamento Estadual de Infra-estrutura, DEINFRA/SC, Florianópolis-SC, 2001-2005.

- DEINFRA/SC (2006). **Programa Rodoviário de Santa Catarina Etapa-IV**. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Relatório Mensal nº48. Florianópolis/SC, 108 p.
- DER-SC (1985). **1º Programa de Estradas Alimentadoras – BID I – Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1991). **Avaliação Subjetiva e Objetiva com Levantamentos das Condições de Superfícies de Pavimentos, Serviços de Avaliação Estrutural de Pavimentos, Estudos de Alternativas de Proteção ou Restauração de Pavimentos e Estudos de Avaliação Econômica das Alternativas**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Sistema de Administração de Manutenção (SAM). Relatório Final Volumes I e II. DER/SC-APPE, Florianópolis-SC.
- DER-SC (1992). **2º Programa de Estradas Alimentadoras – BID II – Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1997a). **Sistema de Gerência de Pavimentos**. Manual de Procedimentos Volumes I, II, III, IV. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1997b). **Execução do Levantamento de Irregularidade Longitudinal de Superfície de Pavimentos nas Rodovias Estaduais - Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1997c). **Execução do Levantamento das Degradações de Superfície dos Pavimentos nas Rodovias Estaduais - Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1997d). **Execução do Levantamento de Irregularidade Longitudinal de Superfície de Pavimentos nas Rodovias Estaduais - Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DER-SC (1998). **Programa Nacional de Manutenção de Rodovias Estaduais – PNMRE - BIRD – Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.

- DER-SC (2000a). **Execução do Levantamento de Irregularidade Longitudinal de Superfície de Pavimentos em Rodovias Estaduais - Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.
- DER-SC (2000b). **Execução do Levantamento das Condições de Superfície dos Pavimentos da Rede Estadual Pavimentada - Relatório Preliminar**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.
- DER-SC (2001a). **Execução de Medição de Deflexões Recuperáveis com Equipamento Falling Weight Deflectometer (FWD) nas Rodovias Estaduais Pavimentadas - Relatório Preliminar**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC. Florianópolis/SC.
- DER-SC (2001b). **Programa de Corredores Rodoviários – BID III – Relatório Final**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DER-SC (2001c). **Anuário Estatístico de Trânsito**. Departamento de Estradas de Rodagem/SC.. Florianópolis/SC.
- DNER (1978a). **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis ou Semi-Rígidos - DNER-PRO 08/78**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro/RJ, 13 p.
- DNER (1978b). **Determinação das Deflexões no Pavimento pela Viga Benkelman - DNER-ME 24/78**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro/RJ, 6 p.
- DNER (1978c). **Determinação das Deflexões no Pavimento pelo Dynaflect -DNER-ME 39/88**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro/RJ, 4 p.
- DNER (1979a). **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis- Procedimento B - DNER-PRO 11/79**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro-RJ, 16 p.
- DNER (1979b). **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis. Departamento**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Rio de Janeiro/RJ, 34 p.



- DNER (1979c). **Delineamento da Linha de Influência Longitudinal da Bacia de Deformação por Intermédio da Viga Benkelman - DNER-ME 61/79.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 7 p.
- DNER (1979d). **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis - Procedimento A - DNER-PRO 10/79.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 30 p.
- DNER (1980). **Pavimentação Rodoviária – 2ª Edição.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro-RJ, v.1, 63 p
- DNER (1982). **Modelos de Desempenho de Pavimentos: Desenvolvimento e Aplicação.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro-RJ, 63 p.
- DNER (1983). **Levantamento da Condição de Superfície de Segmentos-Testemunha de Rodovias de Pavimento Flexível ou Semi-Rígido para Gerência de Pavimentos a Nível de Rede - DNER-ES 128/83.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ - 11 p.
- DNER (1985a). **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos - DNER - PRO 159/85.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 34 p.
- DNER (1985b). **Calibração e Controle de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Respostas - DNER - PRO 164/85.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 19 p.
- DNER (1986). **Método de Nível e Mira para Calibração de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta - DNER - ES - 173/86.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 15 p.
- DNER (1987). **Medição da Irregularidade de Superfície de Rodovias com Medidores Tipo Resposta - DNER - PRO 182/94.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 12 p.
- DNER (1988). **Tabela de Fatores de Veículos** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro-RJ, 194 p.

- DNER (1994). **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis - TECNAPAV - DNER-PRO 269/94**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Brasília/DF, 17 p.
- DNER/DYNATEST (1993). **Sistema de Gerência de Pavimentos**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Brasília/DF, v. 1 - 202 p.
- DNIT (2006a). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 310 p.
- DNIT (2006b). **Manual de Conservação Rodoviária**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 564 p.
- DNIT (2006c). **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 274 p.
- DNIT 006 – PRO (2003). **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**. Revisão da Norma DNER-ES 08/78. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 2003, 10 p.
- DNIT 007 – PRO (2003). **Levantamento para Avaliação da Condição de Superfície de Subtrecho Homogêneo de Rodovias de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos para Gerência de Pavimentos e Estudos e Projetos – Procedimento**. Revisão da Norma DNER-ES 128/83. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 2003, 11 p.
- DNIT ES 173 (1986). **Método De Nível E Mira Para Calibração De Sistemas Medidores De Irregularidade Tipo Resposta**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1986, 13 p.
- DNIT ME 024 (1994). **Determinação Das Deflexões Pela Viga Benkelman**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 6 p.
- DNIT ME 039 (1994). **Determinação Das Deflexões Pelo Dynaflect**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 3 p.

- DNIT ME 061 (1994). **Delimitação da Linha de Influência Longitudinal da Bacia De Deformação Por Intermédio da Viga Benkelman**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 8 p.
- DNIT PRO 010 (1979). **Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis - Procedimento "A"**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 31 p.
- DNIT PRO 011 (1979). **Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis - Procedimento "B"**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1979, 16 p.
- DNIT PRO 159 (1985). **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 31 p
- DNIT PRO 164 (1994). **Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter)**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 18 p
- DNIT PRO 182 (1994). **Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 9 p
- DNIT PRO 269 (1994). **Projeto de restauração de pavimentos flexíveis – TECNAPAV**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1994, 17 p
- DNIT PRO 273 (1996). **Determinação das Deflexões Utilizando o Deflectômetro de Impacto Tipo "Falling Weight Deflectometer" – FWD**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 1996, 4 p.
- DNIT TER 005 (2003). **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi- Rígidos Terminologia**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT, Rio de Janeiro-RJ, 12 p
- DNPM/CRM (1987). **Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina** - Publicação nº 1 - Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM)

do Ministério das Minas e Coordenadoria de Recursos Minerais (CRM) da Secretaria da Ciência, Tecnologia, Minas e Energia de Santa Catarina - 2 v.

DOMINGUES, F. A. A. (1991). **Avaliação funcional dos pavimentos: síntese sobre serventia e medição de irregularidade**. In: 25ª Reunião Anual de Pavimentação. Associação Brasileira de Pavimentação. São Paulo.

DOMINGUES, F. A. A. (1993). **MID – Manual de Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos**. São Paulo/SP, 963 p.

DOMINGUES, F. A. A., BOTTURA, E. J. (1998). **Considerações Sobre a Calibração e Controle de Sistemas Medidores de Irregularidade Rodoviária Tipo Resposta**. In: 1º Simpósio de Obras Rodoviárias – ABGE/DER. São Paulo/SP.

DOMINGUES, F. A. A., QUEIROZ, C. A. V. (1984). **Estado da Arte das Medições de Irregularidade das Rodovias no Brasil**. In: Proceedings of 10<sup>th</sup> World Meeting - International Road Federation. Rio de Janeiro/RJ. Volume: Road Construction and Maintenance Technology: Progress in Techniques, Equipment and Materials, p. 247-256.

ELKINS, G. E., UDDIN, W., HUDSON, W. R. (1987). **Side-by-Side Field Evaluation of Deflection Testing Devices**. In: Proceedings of Second North American Conference on Managing Pavements. Toronto/Canada, v. 3, p. 3.273-3.284.

EPPS, J. A., MONISNITH, C. L. (1986). **Equipment for Obtaining Pavement Condition and Traffic Loading Data**. National Cooperative Highway Research Program. Synthesis of Highway Practice 126. Transportation Research Board. Washington, DC/USA, 118 p.

FACE (2007). **Face Construction Technologies, Inc**. Norfolk, VA/USA. Disponível em: <<http://www.prestostore.com/cgi-bin/pro16.pl?ref=dipstick&pg=11386>>

FERNANDES, J. L (1996a). **Apostila do Curso de Atualização em Sistemas de Gerência de Pavimentos**. Escola de Engenharia de São Carlos, p. 23 - 50, São Carlos-SP.

- FERNANDES, J. L. (1996b). **Considerações Sobre a Importância do Treinamento e Pesquisa Para Implantação de Sistemas de Gerência de Pavimentos.** In: 30º Reunião Anual de Pavimentação. Salvador-BA, Vol. 4, p. 2115-2125.
- FRAENKEL, B. B. (1959). **Estradas de rodagem.** Rio de Janeiro/RJ.
- GEIPOT (1981). **Pesquisa sobre o Inter-relacionamento dos Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias.** Relatório Final. Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT). Brasília/DF, 12 v.
- GONTIJO, P. R. A., GUIMARÃES, F. H. R. (1995). **Método PARAGON para Avaliação e Diagnóstico de Pavimentos Rodoviários.** In: 29º Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá-MT, Vol. 4, p. 109-178,
- GONTIJO, P. R. A., GUIMARÃES, F. H. R., NOGUEIRA, C. L. (1994). **Método PARAGON - Uma Nova Metodologia para Auscultação de Pavimentos Rodoviários.** In: 28ª. Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte/MG, v. 1, p. 530-595.
- GORDON, R., KOSKY, C., LAINSON, L., PERTER, K. (1985). **Condition Rating Methods for Pavement Management Systems.** In Pavement Systems Management Workshop. Albany, NSW/Australia , p. 73 - 90.
- GRIVAS, D.A., SCHULTZ, B.C., WAITE, C.A. (1991a). **Distress Survey Methodology of the New York State Thruway Authority's Pavement Management System.** In Transportation Research Record 1311. Transportation Research Board (TRB). Washington - DC/USA, p. 166 - 172.
- GRIVAS, D. A., SHEN, Y. C., FROSCH, R. P., GARRABRANT, R. (1991b). **Functional Specifications of the Pavement Integrated Data Base System for Pavement Management.** In Transportation Research Record 1311. Transportation Research Board (TRB). Washington - DC/USA, p. 256 - 266.
- GULEN, S., ZHU, K., WEAVER, J., SHAN, J., FLORA, W. F. (2001). **Development of Improved Pavement Performance Prediction Models For The Indiana Pavement Management System.** Indiana Department of

- Transportation (INDOT). Program Development Division and Research Division. Indiana/USA. 11p.
- HAAS, R., HUDSON, W. R. (1978). **Pavement Management System**. McGraw-Hill Book Company, USA. 457 p.
- HAAS, R., HUDSON, W. R. (1987). **Futures Prospects for Pavement Management**. In Proceedings of Second North American Conference on Managing Pavements. Toronto, Ontario/Canada. v. 1, p. 1.3-1.14
- HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). **Modern Pavement Management**. Florida, EUA, Krieger Publishing Company. Malabar, Flórida/USA, 583 p.
- HAAS, R.; KAZMIEROWSKI, T. (1997). **Pavement Design and Management Guide**. Transportation Association of Canada. Ottawa, Ontario/Canada.
- HASS, R., HUDSON, W. R., QUEIROZ, C. A. V. (1989). **A Satrategic Approach to Pavement Rehabilitation Data Needs**. In Proceedings of 2nd Internacional Symposium on Pavement Evaluation and Overlay Design. Rio de Janeiro/RJ, v. 2 - p. 4.15.1-4.15.19.
- HENNING, T.F.P, MAHONEY, J.P, SADZIK, E.S., JACKSON, N.C. (1998). **Comparison of Pavement Management Systems in the Republic of South Africa and the United States**. 4th International Congress on Managing Pavement, Africa do Sul, CD-ROM.
- HEYN, A. T. (1987). **MERLIN - Equipamento Simples para Avaliação de Irregularidade Longitudinal**. In: Anais da 22ª Reunião Anual de Pavimentação. Maceió/AL, v. 2, p. 158-174.
- HEYN, A. T., KANIAK, V. L., ARANOVICH, L. A. S. (1988). **Estudo de Três Procedimentos para a Medição de Irregularidade Longitudinal em Pavimento**. In: Anais da 23ª Reunião de Pavimentação - Florianópolis/SC, v. 3, p. 1557-1575.
- HOFFMAN, M. S., THOMPSON, M. R. (1982). **Comparative Study of Selected Nondestructive Testing Devices**. In: Transportation Research Record 852. Transportation Research Board (TRB). Washington, DC/USA, p. 32 - 41.

- HUDSON, W. R, HAAS, R, PEDIGO, R. D. (1979). **Pavement Management System Development**. National Cooperative Highway Research Program Report 215 – Transportation Research Board. Washington-DC/USA, 32p.
- JUGO, A. (1986). **Development of a Rehabilitation Methodology Approach Hierarchy for Flexible Highway Pavements**. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Maryland/USA, 305 p.
- KERALI, H. G. R. (2000). **HDM-4 Highway Development & Management - Volume One**. Overview of HDM-4. The World Bank
- KERALI, H. G. R., McMULLEN, D., ODOKI, J. B. (2000). **HDM-4 Highway Development & Management - Volume Two**. Applications Guide. The World Bank.
- LEMAIRE, Y., NISSOUX, J.L. (1994). **VISAGE - Vers un Système Complet d'Aide à la Gestion de l'Entretien des Routes**. In Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées - Spécial XVII. Paris/France, p. 83 - 94.
- LIEBMAN, J. S. (1985). **Optimization Tools for Pavement Management**. In **Proceedings of North American Pavement Management Conference**. Toronto/Canada, v. 2 - p. 6.5-6.15.
- LISTER, N. W. (1979). **Pavement Evaluation and Structural Strengthening: The TRRL Method**. In: Proceedings of Internacional Symposium on Pavement Evaluation and Overlay. Rio de Janeiro/RJ, v. 1, 49 p.
- LIVNEH, M. (1994). **Repeatability and Reproducibility of Manual Pavement Distress Survey Methods**. In: Proceedings of Third International Conference on Managing Pavements. San Antonio, Texas/USA, p. 279-289.
- LYTTON, R. L. (1985). **From Ranking to True Optimization**. Moderator Report. On Proceedings of North American Pavement Management Conference. Toronto/Canada, v. 3, p. 5.3-5.18.
- LYTTON, R. L. (1987). **Concepts of Pavement Performance Prediction and Modeling**. Second North American Conference on Managing Pavements – Vol. 2. Toronto/Canada.

- MAGALHÃES, A. M. (2001). **Um Estudo dos Fatores Intervenientes no Desempenho de Pavimentos Flexíveis Executados com Solos Residuais Saprolíticos na Região Sul de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- MAHONEY, J. (1990). **Introduction to Prediction Models and Performance Curves**. Course Text. FHWA Advance Course on Pavement Management.
- MAJIDZADEH, K., VEDAIE, B., KENNEDT JR, J. R. (1990). Pavement Management System to Maximize Pavement Investment and Minimize Cost. Transportation Research Record, 1272, TRB. National Research Council. Washington, D.C., p. 65-73.
- MARCHIONNA, A, PAOLONI, G. (1998). **Development of a Pavement Management Systems for a Motorway Network**. 4th International Congress on Managing Pavement. Africa do Sul, CD-ROM.
- MARCON, A. F; (1996). **Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). São José dos Campos/SP.
- MARCON, A. F; (2000). **Notas de Aula da Disciplina Gerência e Avaliação de Pavimentos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- McCULLOGH, B. F. (1985). **The Pavement Management System Concept**. Proceedings of Pavement Systems Management Workshop. Albury, New South Wales/Australia. 36 p.
- MEDINA, J. (1997). **Mecânica dos Pavimentos**. Editora UFRJ. Rio de Janeiro/RJ, 380 p.
- MEDINA, J., MACÊDO, J. A. G., MOTTA, L. M. G., ALBERNAZ, C. A. V. (1994). **Utilização de Ensaio Defletométricos e de Laboratório para a Avaliação Estrutural de Pavimentos**. In: Anais da 28ª Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte/MG, v. 1, p. 595-625.



- MENEZES, E. S., SALES, E. P., PESSOA, L. L., COSTA, V. S. (1988). **Comentários e Avaliações sobre as Pesagens de Veículos em Pernambuco**. In Anais da 23ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis/SC - 3 v. - v. 3 - p. 1363-1382.
- MESNARD, R. (1994). **Exemples d'application de MÉDOR dans la Zone d'Action du CETE de l'Quest**. In Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées - Spécial XVII. Paris/France, p. 113 - 120.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER G. C.; (2003). **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. LTC Editora S.A.. Livros Técnicos e Científicos S.A, 476 p.
- MOTTA, L. M. G. (1999). **A Retroanálise Aplicada ao Projeto de Reforço de Pavimentos**. In: 3º Simpósio Internacional de Avaliação de Pavimentos e Projetos de Reforço. Belém/PA
- MYUNG S. J., LEE K. W., KOVACS W.D. (1994). **Seasonal Variation of Resilient Modulus of Subgrade Soils**. Journal of Transportation Engineering, Vol. 120, No. 4, p. 603–616. Disponível em: <<http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?9403870>> (artigo do final, comparações com modelos existentes, justificativa para a não utilização de trincamento e deflexão)
- NASCIMENTO, D. M. (2005). **Análise Comparativa de Modelos de Previsão de Desempenho de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). São Carlos/SP, 143 p.
- NASCIMENTO, D. M., KLEIN, F. C., YSHIBA, J. K., FERNANDES Jr, J. L. (2004). **Análise Comparativa de Modelos Para Previsão da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos**. In: 35ª Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro/RJ, 9p.
- NÓBREGA, E. S. (2003). **Comparação Entre Métodos de Retroanálise em Pavimentos Asfálticos**. Dissertação de Mestrado. Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro/RJ, 365 p.

- NOVAK JR., E. C., KUO, W. (1992). **Role of Pavement Management System Analysis in Preservation Program Development**. Transportation Research Record 1344, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- NUÑEZ, M. M., SHAHIN M. Y. (1986). **Pavement Condition Data Analysis and Modeling**. Transportation Research Record (TRR) 1070. Transport Research Board (TRR), p. 125-132.
- O'BRIEN D. E., KOHN S. D., SHAHIN M. Y. (1983). **Prediction of Pavement Performance by Using Nondestructive Test Results**. Transportation Research Record (TRR) 943. Transport Research Board (TRB), p. 13-17.
- ODOKI, J. B., KERALI, H. G. R. (2000). **HDM-4 Highway Development & Management -Volume Four**. Analytical Framework and Model Descriptions. The World Bank.
- OECD (1987). **Pavement Management System. Organization for Economic Co-Operation and Development**. Road Transport Research. Report prepared by an OECD Scientific Expert Group. Paris/France. 159 p.
- OLIVEIRA, A., TRICHÊS, G. (1999). **Contribuição à Caracterização do Comportamento Mecânico da Camada de Lastro de Pedra Pulmão "in situ"**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis/SC
- OLIVEIRA, M. E. D. (2002). **Estudo Comparativo Entre Medições de Irregularidade de Pavimentos Realizadas no Brasil e nos Estados Unidos**. Dissertação de Mestrado. São Paulo/2002.
- PATERSON, W. D. O (1987). **Road Deterioration and Maintenance Effects -Models for Planning and Management"**. World Bank, The Johns Hopkins University Press, Maryland/USA, 454 p..
- PEREIRA, A. M. (1972). **Um Método Expedito de Avaliação de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos**. In: 2ª Reunião das Organizações Rodoviárias e Reunião da International Road Federation. Brasília/DF, 29 p.

- PINTO, S. (1991). **Estudo do Comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na Avaliação Estrutural de Pavimentos**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ
- PRAKASH, A., SHARMA. B. N., KAZMIEROWSKI, T. J. (1993). **Management and Preservation of Pavements**. In Proceedings of XII IRF World Meeting. Madrid/Spain, p. 107-116.
- PRUDÊNCIO, L. R (1999). **Métodos Estatísticos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- QUEIROZ, C. A. V. (1981). **Performance Prediction Models for Pavement Management in Brazil**. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. The University of Texas at Austin. Texas/USA, 317 p.
- QUEIROZ, C. A. V. (1982). **Modelos de Desempenho de Pavimentos: Desenvolvimento e Aplicação**. Publicação 692/50. Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Rio de Janeiro/RJ, 66 p.
- QUEIROZ, C. A. V. (1984). **Modelos de Previsão do Desempenho para a Gerência de Pavimentos no Brasil**. Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) - Traduzido por Wanda Trigo de Loureiro - Traduzido de: "Performance Predictions Models for Pavement Management in Brazil".
- QUEIROZ, C. A. V., COELHO, P. S. M., MAGALHÃES, J. P., ROBERTSON, N. F. (1987). **An Optimal Design Method To Rehabilitate Low-Volume Asphaltic Roads**. Transportation Research Record (TRR) 1106. Transport Research Board (TRR), p. 244-251. (Trabalho de Gerenciamento)
- QUEIROZ, C. A. V., DOMINGUES, F. A. A. (1985). **O Integrador IPR/USP para Medição de Irregularidade de Estradas e Aeroportos**. In: Anais da 20ª Reunião Anual de Pavimentação. Fortaleza/CE, v. 1, p. 255-268.
- QUEIROZ, C., HUDSON, W. R., HAAS, R. (1992). **Standardization of Pavement Management Systems in Brazil an Other Developing Countries**. In Transportation

- Research Record 1344. Transportation Research Board. Washington DC/USA, p. 31-37.
- ROCHA, N. R., RODRIGUES, R. M. (1998a). **Estudo de Correlação entre as Medidas com a Viga Benkelman e com o Falling Weight Deflectometer**. In: 31º Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo/SP, Vol. 2, p. 741-750.
- ROCHA, N. R., RODRIGUES, R. M. (1998b). **Levantamentos Deflectométricos: Fatores que Influenciam na Previsão do Desempenho dos Pavimentos**. In: 31º Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo/SP, Vol. 2, p. 751-767.
- RTAC (1977). **Guia de Gerência de Pavimentos**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER.. Traduzido de “Pavement Management Guide”, 431 p.
- SARAF, C. L., MAJIDZADEH, K., (1992). **Distress Prediction Models for a Network Level Pavement Management System**. Transportation Research Board 1344, p. 38-48, Washington-DC/USA.
- SAYERS, M. W., GILLESPIE, T. D., PATERSON, W. D. O. (1986). **Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank Technical Paper Number 46**. Washington, DC/USA, 87 p.
- SESTINI, V. M, SORIA, M.H. A.; QUEIROZ, C. (1998). **Previsão do IRI: Adaptação do HDM à Região Centro de São Paulo**. 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo. Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv.
- SETRA (1995). **VISAGE - Système d'Aide à la Gestion Routière - Manuel de Référence - Version 1.2**. Service d'Etudes Techniques de Routes et Autoroute. France, 16 p.
- SHAHIN, M. Y. (1998). **Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots**. Kluwer Academic Publishers. Third Printing. Boston/Dordrecht/London, 450 p.
- SHAHIN, M. Y., NUÑEZ, M. M., BROTON, M. R., CARPENTER, S. H., SAMEH, A. (1987). **New Techniques for Modeling Pavement Deterioration**. Transportation Research Record 1123 - Transportation Research Board, Washington-DC/USA.

- SHAHIN, M. Y., WALTHER, J. A. (1990). **Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System**. USACERL Technical Report M - 90/05 - US Army Corps of Engineers, USA. 280 p.
- SHAHIN, M. Y.; (1994). **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. New York, USA. Ed. Chapman & Hall, 223 p.
- SHAHIN, M.Y., KOHN, S.D. (1979). **Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Road, Streets and Parking Lots - Condition Rating Procedure**. Volume I - Technical Report M-268. United States Army Corps of Engineers. Illinois/USA, 87 p.
- SHRP (1993). **Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project. Publication SHRP - P - 338**. Strategic Highway Research Program. National Research Council. Washington, DC/USA, 147 p.
- SMITH, R. E., FALLAHA, K. M. (1992). **Developing an Interface Between Network and Project-Level Pavement Management Systems for Local Agencies**. Transportation Research Record 1344 (TRB). National Research Council. Washington, D.C.
- SMITH, R. E., LYTTON, R. L. (1985). **Operating Characteristics and User Satisfaction of Commercially Available NDT Equipment..** In: Transportation Research Record 1007. Transportation Research Board. Washington, DC/USA, p. 1-10.
- SOLMINIHAC, H., ROPER, H. (1991). **Using Strip Films to Record Pavement Distress in the Strategic Highway Research Program: Long-Term Pavement Performance Study**. In: Transportation Research Record 1311. Transportation Research Board (TRB). Washington, DC/USA, p. 180-187.
- SOLMINIHAC, H., SALSILLI, R., KÖHLER, E., BENGOA, E. (2003). **Analysis of Pavement Serviceability for the Aashto Design Method – The Chilean Case**. In: The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 28, Number 2B. Santiago, Chile.
- SOLOTEST S.A. (2002). Disponível em: <[http://www.solotest.com/VIGA Eletrônica.htm](http://www.solotest.com/VIGA_Eletrônica.htm)>

- SOUZA, R. O., FARIS, M. M., SHIMOISHI, J. M. (2001). **Estado da Arte Sobre Medição da Irregularidade Longitudinal em Pavimentos Asfálticos**. In: 33<sup>a</sup> Reunião Anual de Pavimentação. Associação Brasileira de Pavimentação. Florianópolis/SC.
- TAGLE, A., TOSTICARELLI, J., PETRONI, E. (1982). **Premières Expériences d'Utilisation des Défectographes Lacroix en Argentine**. Bulletin de Liaison de Laboratoire des Ponts et Chaussées 121. Paris/France, p. 41-59.
- TANIGUCHI, S., YOSHIDA, T. (2003). **Calibrating HDM-4 Rutting Model on National Highways in Japan**. Road Technology Research Group. Public Research Institute. Japan, 10 p.. Disponível em: <<http://www.pwri.go.jp/eng/kokusai/reports/taniguchi031017.pdf>>
- TAVACOLI, A., LAPIN, M. S., FIGUEROA, J. L. (1992). **Pavement Management System for Small Communities**. Journal of Transportation Engineering. Cleaveland – Ohio/USA, Vol. 118, nº 2.
- TECTRAN (1999). Tecnicos em Transportes. **Avaliação do Programa de Concessões de Rodovias de Estado de Sao Paulo**. Brasil: Associacao Brasileira de Concessionarias de Rodovias (ABCR).
- TEIXEIRA, V. H. (1993). **Considerações Geotécnicas sobre os Solos e Rochas do Estado de Santa Catarina**. Apostila da Disciplina Geologia de Engenharia - Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- THADKAMALLA, G. B., GEORGE, K.P. (1995). **Characterization Of Subgrade Soils At Simulated Field Moisture**. Transportation Research Board Business Office. Washington/DC,USA. Disponível em: <<http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=451599>>.
- THOMPSON, M.R., ROBNETT, Q.L. (1979). **Resilient Properties of Subgrade Soils**. Transportation Engineering Journal, Vol. 105, No. 1, p. 71 – 89. Disponível em: <<http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?5014293>>.
- ULLIDTZ, P. (1987). **Pavement Analysis**. Elsevier Science Publishers B. V.. The Netherlands, 318 p.

- ULLIDTZ, P., SIMONSEN, P., LENTZ, G. (1987). **The Analytical-Empirical Method Used in a Pavement Management System**. In Proceedings of 6th International Conference on the Structural Design on Asphalt Pavements. Ann Arbor, Michigan/USA. p. 795-806.
- UTTERBACK, P., GRILLEY, V., HICKS, R. G. (1991). **Implementation of a Pavement Management System on Forest Service Low-Volume Roads**. In Transportation Research Record 1291. Transportation Research Board - Fifth International Conference on Low-Volume Roads. USA, v. 1, p. 257-264.
- VILLELA, A. R. A. (1999). **Análise da Base de Dados de um Grupo de Rodovias Para Aplicação em Projetos de Reabilitação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC.
- VISCONTI, T. S. (2000). **O Sistema Gerencial de Pavimentos do DNER**. Departamento Nacional De Estradas De Rodagem (DNER). Instituto De Pesquisas Rodoviárias (IPR) - Divisão De Apoio Tecnológico. Rio de Janeiro/RJ.
- WATANATADA, T., PATERSON, W. D. O., BHANDARI, A. (1987). **The Highway Design and Maintenance Standards Model Volume 01**. Description of the HDM III Model. World Bank. The Johns Hopkins University Press. Maryland/USA.
- WIGHTMAN, D. C., STANNARD, E. E., DAKIN, J. M. (2000). **HDM-4 Highway Development & Management - Volume Three**. Software User's Guide. The World Bank.
- WITCZAK, M. W. (1989). **Uses and Misuses of Pavement Deflection Data**. In: Second International Symposium on Pavement Evaluation and Overlay Design. Rio de Janeiro/RJ, 53 p.
- WOODSTROM, J. H. (1990). **Measurements, Specifications and Achievement of Smoothness for Pavement Construction**. National Cooperative Highway Research Program. Synthesis of Highway Practice 167. Transportation Research Board (TRB). Washington, DC/USA, 34 p.
- YANG, S. R., HUANG, W. H., TAI, Y. T. (2005). **Variation of Resilient Modulus with Soil Suction for Compacted Subgrade Soils**. Transportation Research Board

Business Office.Washington/DC,USA. Disponível em:  
<<http://pubsindex.trb.org/document/view/default.asp?lbid=767439>>

YODER, E.J., WITCZAK, M.W. (1975). **Principles of Pavement Design**. John Wiley & Sons, Inc.. Second Edition. USA , 711 p.

YSHIBA, J. K. (2003). **Modelos de Desempenho de Pavimentos: Estudo de Rodovias do Estado do Paraná**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Transportes. Universidade de São Paulo (USP), 222 p.

ZANIEWSKI, J. P., PEREIRA, R. W., MAMLOUK, M. S. (1990). **Feedback of Pavement Management Performance Data for Pavement Design**. Transportation Research Record 1272 (TRB). National Research Council. Washington, D.C., p. 74-79.

ZOLTAN, G., SIDESS, A., BONJACK, H. (1992). **Rational Method for Selecting Maintenance Treatment Alternatives on the Basis of Distress Structural Capacity and Roughness**. In Transportation Research Record 1344. Transportation Research Board. Washington - DC/USA, p. 91 - 98.



**ANEXO A - ANÁLISE INDIVIDUAL DE CADA TRECHO PARA  
OS PARÂMETROS DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA (DEFM),  
IRREGULARIDADE (IRI), TRINCAMENTO TOTAL (TRINCA)  
E NÚMERO ESTRUTURAL CORRIGIDO (SNC)**

QUADRO A1 - Análise Individual de Cada Trecho Para os Parâmetros Deflexão Máxima Média (DEFM)

Nº de Ordem	DER-SC/APPE, 1991	Levantamentos Deflexão Máxima Média 1995 - Dados Deprados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA										Levantamentos Deflexão Máxima Média 2001 - Dados Deprados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA									
	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 Nº de Observações	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Desvio Padrão (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Coeficiente de Variação (%) Viga Benkelman	1995 Nº de Observações	1995 Maior Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Menor Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Intervalo Confiança Limite Superior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Intervalo Confiança Limite Inferior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	Correlação FWD x Viga Benkelman (Borges, 2001)*	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Desvio Padrão (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Coeficiente de Variação (%)	2001 Nº de Observações	2001 Maior Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Menor Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Intervalo Confiança Limite Superior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Intervalo Confiança Limite Inferior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	Correlação FWD x Viga Benkelman (Borges, 2001)*	
1											89	29	33	84	165	35	176	1	8		
2											75	29	38	107	161	30	161	-11	4		
3			90	41	46	44	202	33	214	-34	132	50	37	44	248	60	281	-16	5		
4	92	5	112	38	34	44	192	37	226	-2	147	51	35	50	249	52	300	-6	2		
5	78	6	102	35	34	79	168	23	208	-4	130	44	34	78	251	47	263	-3	2		
6	99	20	105	34	32	100	192	47	207	3	128	44	35	103	236	48	260	-5	2		
7	124	32	85	18	21	59	125	28	138	33	67	14	21	59	108	35	109	25	3		
8	75	15	59	24	41	37	126	22	131	-14	48	24	51	36	115	16	121	-26	5		
9	40	8	52	14	28	30	69	19	96	9	56	12	20	40	90	32	91	22	1		
10	45	14	66	22	33	24	125	39	133	0	5	24	18	25	98	48	121	35	5		
11	45	14	63	19	31	28	110	33	121	5	5	79	21	27	131	37	143	15	5		
12	45	14	67	12	18	10	89	51	96	37	5	105	27	25	10	147	52	171	38	5	
13	45	14	54	14	26	35	92	27	96	12	5	80	22	27	35	134	37	146	15	5	
14	45	14	55	16	29	34	92	24	102	7	5	81	38	47	38	181	40	194	-33	5	
15	135	30	114	35	30	41	197	45	218	10	3	103	33	32	42	176	39	202	5	7	
16	67	17	64	22	34	35	126	12	128	-1	3	88	34	39	40	180	37	190	-14	3	
17	33	4	108	48	45	10	179	41	228	-13	3	112	47	42	10	165	12	228	-5	3	
18	61	10									73	22	30	25	133	47	139	7	7		
19	84	1	59	9	16	2	65	52	87	30	3										
20	26	1																			
21	29	1	52	8	16	25	65	32	76	27	3	56	6	11	25	68	44	75	37	3	
22	91	7	132	43	33	24	237	77	261	3	2	132	40	31	24	185	40	252	11	2	
23	35	2																			
24	28	2	46	6	13	26	62	37	63	28	2	45	4	8	25	52	39	56	34	2	
25	44	9	48	10	21	43	69	28	79	17	2	65	14	22	45	100	36	108	22	2	
26												124	37	30	64	218	61	234	13	3	
27			91	18	20	45	143	53	145	37	3	103	19	19	46	147	62	161	45	3	
28	46	3	79	19	24	25	132	52	136	22	3	95	19	20	23	148	64	152	39	3	
29	73	3	92	37	41	35	178	47	203	-20	2	112	47	42	35	249	49	252	-28	2	
30	63	2	86	18	21	14	128	65	131	40	3	89	16	19	15	122	53	130	47	3	
31	68	2	80	20	25	25	123	43	140	19	3	84	21	25	24	121	49	146	22	3	
32	43	3	61	20	33	25	120	28	120	1	2	76	17	28	22	25	111	53	127	25	2
33	124	43	96	20	20	105	153	56	155	37	7	75	21	27	106	133	40	137	13	7	
34			94	14	15	32	128	62	137	51	3	102	17	17	32	147	74	155	50	3	
35			104	26	25	21	157	57	181	27	3	107	22	20	20	157	76	172	43	3	
36	79	8	118	54	46	31	269	30	280	-44	2	73	25	35	32	129	31	149	-3	6	
37	93	17	58	15	26	47	97	34	103	13	2	45	11	25	47	74	25	79	12	6	
38	105	26	41	12	30	47	78	23	78	4	6	39	12	30	47	72	21	75	3	6	
39	99	36	63	14	22	85	96	27	103	22	7	60	16	28	84	99	21	109	10	7	
40	114	9	72	18	25	24	118	40	126	18	7	62	20	32	24	107	25	122	3	7	
41												93	31	34	108	176	32	186	-1	1	
42												112	4	4	2	115	109	116	107	5	
43												64	16	25	31	100	31	112	16	5	
44			77	16	21	37	122	48	125	29	1	74	16	22	16	105	47	121	26	1	
45			87	25	29	19	137	32	148	25	3	111	24	21	18	152	65	171	52	3	
46			70	24	34	11	117	45	129	11	1	77	22	29	31	117	43	143	11	1	
47												117	39	33	17	187	56	214	19	3	
48												128	37	29	74	229	52	240	15	1	
49	134	3										137	35	25	50	224	46	240	33	7	
50												126	52	42	8	240	82	256	-5	7	
51	85	3	97	29	30	26	150	43	184	10	3	133	38	29	30	218	57	248	19	3	
52	96	36										95	25	27	66	151	52	171	19	7	
53	77	13	107	29	27	62	186	45	195	20	4	112	25	23	63	174	61	189	36	4	
54	142	17	151	51	33	42	257	79	303	-1	3	162	53	33	3	275	47	322	1	3	
55	33	7										71	15	20	64	111	46	115	28	7	
56	77	6										34	14	39	19	62	18	68	1	6	
57	115	6										64	15	23	17	94	38	101	27	7	
58	33	15										47	9	19	71	70	28	74	20	6	
59	92	8										84	25	30	27	151	47	160	9	6	
60	85	26										79	23	29	61	147	30	148	11	7	
61	89	13										111	43	39	27	214	36	241	-19	3	
62	100	31										110	64	58	59	276	37	301	-81	7	
63	100	31										77	28	36	20	131	10	160	-6	3	
64	62	32	73	25	34	42	126	23	149	-2	3	62	26	42	39	114	11	140	-17	7	
65	55	12	85	6	7	51	100	81	102	67	4	60	17	28	52	102	30	111	10	8	

**QUADRO A1 - Análise Individual de Cada Trecho Para os Parâmetros Deflexão Máxima Média (DEFM)**

Nº de Ordem	DER-SC/APPE, 1991		Levantamentos Deflexão Máxima Média 1995 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA									Levantamentos Deflexão Máxima Média 2001 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA								
	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 Nº de Observações	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Desvio Padrão (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Coeficiente de Variação (%) Viga Benkelman	1995 Nº de Observações	1995 Maior Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Menor Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Intervalo Confiança Limite Superior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Intervalo Confiança Limite Inferior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	Correlação FWD x Viga Benkelman (Borges, 2001)*	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Desvio Padrão (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Coeficiente de Variação (%)	2001 Nº de Observações	2001 Maior Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Menor Valor (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Intervalo Confiança Limite Superior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Intervalo Confiança Limite Inferior (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	Correlação FWD x Viga Benkelman (Borges, 2001)*
66											50	14	28	57	85	29	92	7	4	
67	81	5	60	17	29	59	101	24	112	8	3	73	24	33	62	121	144	2	3	
68	84	1										100	33	33	14	158	56	183	17	1
69												43	16	37	37	85	20	91	-5	1
70	42	2										83	24	29	13	118	45	144	22	4
71	45	25	52	16	30	44	92	30	100	5	4	67	22	32	45	130	34	132	2	4
72	95	15	106	52	49	49	235	43	262	-50	3	109	43	39	49	215	44	239	-20	3
73	69	26	43	14	34	51	65	15	86	0	7	43	16	36	51	80	11	90	-4	7
74	106	31	62	22	35	54	120	24	128	-4	7	76	28	36	54	153	25	159	-7	7
75	73	14	41	14	33	24	76	20	82	0	7	41	14	34	25	70	18	84	-1	7
76	119	53	49	20	41	129	108	15	109	-11	6	44	23	52	130	112	3	114	-25	6
77	108	18										135	45	33	46	249	63	269	1	7
78												106	37	35	54	203	47	218	-6	1
79	85	64	62	23	37	119	123	21	131	-7	6	51	22	43	136	115	8	118	-15	6
80			73	17	24	60	117	50	124	21	3	76	23	30	61	140	42	146	7	3
81												73	19	26	10	109	50	120	25	3
82												87	25	28	16	131	50	150	25	3
83												88	28	31	27	162	49	172	5	1

\* Equações Referentes à Tabela 3.11 (Capítulo 3)



**QUADRO A2 - Análise Individual de Cada Trecho Para os Parâmetros Irregularidade Média (IRI)**

Nº de Ordem	DER-SC/APPE	Levantamentos IRI Médio 1995 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA								Levantamentos IRI Médio 1997 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA								Levantamentos IRI Médio 2001 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA								
		1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Desvio Padrão (m/Km) Bump Integrator	1995 Coeficiente de Variação (%)	1995 Nº de Observações	1995 Maior Valor (m/Km) Bump Integrator	1995 Menor Valor (m/Km) Bump Integrator	1995 Intervalo Confiança Limite Superior (m/Km) Bump Integrator	1995 Intervalo Confiança Limite Inferior (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 Desvio Padrão (m/Km) Bump Integrator	1997 Coeficiente de Variação (%)	1997 Nº de Observações	1997 Maior Valor (m/Km) Bump Integrator	1997 Menor Valor (m/Km) Bump Integrator	1997 Intervalo Confiança Limite Superior (m/Km) Bump Integrator	1997 Intervalo Confiança Limite Inferior (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Desvio Padrão (m/Km) Bump Integrator	2001 Coeficiente de Variação (%)	2001 Nº de Observações	2001 Maior Valor (m/Km) Bump Integrator	2001 Menor Valor (m/Km) Bump Integrator	2001 Intervalo Confiança Limite Superior (m/Km) Bump Integrator	2001 Intervalo Confiança Limite Inferior (m/Km) Bump Integrator
68		1,85								2,11	0,59	28	11	3,30	1,20	3,58	0,64	3,36	1,20	36	14	5,80	2,10	6,35	0,36	
69										2,08	0,34	16	36	2,80	1,50	3,10	1,05	2,93	0,63	22	41	4,60	1,70	4,82	1,04	
70		2,15								2,48	0,60	24	14	3,10	1,50	3,97	0,99	3,63	1,14	32	15	5,70	1,60	6,48	0,77	
71		2,77								2,21	0,29	13	42	2,80	1,60	3,07	1,36	2,44	0,77	32	42	4,40	1,10	4,76	0,12	
72		2,54								3,07	0,87	28	47	5,60	1,80	5,68	0,46	3,27	0,73	22	46	4,80	1,90	5,46	1,08	
73		4,69	2,03	0,34	17	51	3,00	1,50	3,05	1,01	2,18	0,39	18	51	3,30	1,50	3,33	1,02	2,67	0,67	25	51	4,40	1,40	4,69	0,65
74		3,38	1,75	0,33	19	50	2,60	1,20	2,74	0,76	1,86	0,35	19	48	2,70	1,20	2,90	0,82	2,38	0,67	28	51	4,20	0,80	4,39	0,37
75		3,31	1,98	0,31	16	22	2,60	1,40	2,91	1,06	2,12	0,45	21	24	3,10	1,20	3,48	0,76	2,56	0,74	29	24	4,60	1,30	4,78	0,34
76		3,46	2,41	0,33	14	126	3,30	1,70	3,40	1,42	2,20	0,38	17	128	3,20	1,10	3,34	1,06	2,74	0,57	21	125	4,10	1,40	4,45	1,03
77		2,00	2,58	0,41	16	45	3,80	1,90	3,81	1,34	2,23	0,45	20	48	3,10	1,50	3,57	0,89	2,53	0,49	19	46	3,60	1,50	4,00	1,06
78										2,31	0,42	18	54	3,70	1,70	3,58	1,04	2,71	0,81	30	54	4,20	1,00	5,13	0,28	
79		3,54	2,24	0,39	17	139	3,30	1,50	3,41	1,07	2,00	0,38	19	130	3,10	1,00	3,16	0,85	2,71	0,97	36	139	5,60	0,80	5,63	-0,21
80			2,47	0,52	21	60	4,00	1,60	4,02	0,92	2,47	0,51	21	63	3,70	1,60	3,99	0,94	3,21	0,62	19	61	4,90	1,90	5,08	1,34
81																			3,12	0,41	13	9	3,80	2,60	4,14	2,10
82																			3,88	0,85	22	16	5,10	2,20	5,99	1,76
83																			3,46	0,78	22	27	5,20	2,20	5,78	1,13



**QUADRO A3 - Análise Individual de Cada Trecho Para os Parâmetros Trincamento Total (TRINCA)**

Nº de Ordem	DER-SC/APPE, 1991							Levantamentos TRINCAMENTO TOTAL 1995 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA					Levantamentos TRINCAMENTO TOTAL 1997 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA					Levantamentos TRINCAMENTO TOTAL 2001 - Dados Depurados e Tratados Estatisticamente SGP/DEINFRA				
	1990 FC1 Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 FC2 Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 FC3 Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 REMENDOS Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 PANELAS Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 FC2 + FC3 Média Marcon, 1996 (%) DNER PRO 128/83	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 FC1 Média SGP (%) DesyRoute	1995 FC2 Média SGP (%) DesyRoute	1995 FC3 Média SGP (%) DesyRoute	1995 FC2 + FC3 Média SGP (%) DesyRoute	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 FC1 Média SGP (%) DesyRoute	1997 FC2 Média SGP (%) DesyRoute	1997 FC3 Média SGP (%) DesyRoute	1997 FC2 + FC3 Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 FC1 Média SGP (%) DesyRoute	2001 FC2 Média SGP (%) DesyRoute	2001 FC3 Média SGP (%) DesyRoute	2001 FC2 + FC3 Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
	68	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,60	0,00	0,60	0,66	0,00	0,84	3,06	3,89
69							s	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,03	0,49	0,00	0,49	0,52	0,02	0,40	0,32	0,71	0,74
70	0	0	0	0	0	0	0	0,03	16,02	0,03	16,06	16,09	0,00	18,32	1,11	19,42	19,42	0,00	0,00	27,36	27,36	27,36
71	0	0,1	2	0	1,3	3,4	3,4	0,21	1,31	0,10	1,40	1,62	0,16	2,83	0,12	2,95	3,11	0,10	0,67	5,18	5,85	5,95
72	0	0	4,3	0	0,8	5,1	5,1	0,13	27,59	3,86	31,44	31,57	0,07	36,57	7,67	44,24	44,31	0,07	3,25	64,35	67,60	67,65
73	2,9	0,3	18,3	0,1	17,8	36,5	39,4						0,63	1,77	0,53	2,30	2,94	0,52	1,53	4,48	6,00	6,52
74	2,6	13,3	24,2	0,4	10	47,9	50,5						1,75	28,48	0,70	29,18	30,93	0,09	4,06	28,69	32,75	32,84
75	1,3	2,4	21,9	0	0,8	25,1	26,4						1,77	8,04	0,19	8,23	10,01	0,54	3,75	7,62	11,37	11,91
76	0	1,3	41,2	0,3	5,4	48,2	48,2						0,31	2,01	0,17	2,18	2,49	0,30	2,42	2,46	4,88	5,18
77	0	0	1,1	0	0	1,1	1,1	0,08	15,98	6,49	22,47	22,55					0,24	0,77	18,10	18,86	19,11	
78													0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	1,03	0,98	2,01	2,04
79	0,1	0	45,2	0,5	12,6	58,3	58,4						0,37	1,47	0,31	1,78	2,15	0,78	0,21	6,06	6,26	7,04
80													0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,23	0,16	0,15	0,30	0,53
81																		0,00	0,00	1,67	1,67	1,67
82																		0,00	0,21	37,10	37,31	37,31
83																		0,00	0,04	2,21	2,25	2,25

Nº de Ordem	SNC = 3,2 x DVB <sup>0,63</sup> (Patterson, 1987 e Watanatada et al., 1987)		
	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC
1			3,45
2			3,83
3			2,68
4	3,37	3,41	2,51
5	3,74	2,98	2,71
6	3,22	3,16	2,74
7	2,79	3,10	4,12
8	3,84	3,54	5,11
9	5,70	4,48	4,59
10	5,29	4,81	3,73
11	5,29	4,14	3,71
12	5,29	4,28	3,11
13	5,29	4,13	3,68
14	5,29	4,73	3,66
15	2,65	4,69	3,14
16	4,12	2,95	3,48
17	6,43	4,25	2,99
18	4,37	3,05	3,89
19	3,57	4,48	
20	7,48		
21	6,98	4,86	4,61
22	3,40	2,69	2,69
23	6,20		
24	7,14	5,23	5,27
25	5,37	5,09	4,20
26			2,80
27		3,40	3,13
28	5,22	3,72	3,30
29	3,90	3,38	2,98
30	4,28	3,53	3,45
31	4,08	3,69	3,57
32	5,45	4,39	3,81
33	2,79	3,29	3,83
34		3,32	3,15
35		3,12	3,06
36	3,71	2,88	3,90
37	3,35	4,52	5,28
38	3,10	5,60	5,79
39	3,22	4,30	4,43
40	2,95	3,94	4,31
41			3,35
42			2,99
43			4,24
44		3,76	3,87
45		3,50	2,99
46		4,01	3,78
47			2,91
48			2,74
49	2,66		2,63
50			2,77
51	3,54	3,26	2,67
52	3,28		3,30
53	3,77	3,06	2,97
54	2,57	2,47	2,36
55	6,43		3,97
56	3,77		6,26
57	2,93		4,24
58	6,43		5,15
59	3,37		3,56
60	3,54		3,70
61	3,44		3,00
62	3,20		3,01
63	3,20		3,77
64	4,32	3,89	4,33
65	4,66	3,55	4,39
66			4,97
67	3,65	4,42	3,90
68	3,57		3,19
69			5,44
70	5,53		3,60
71	5,29	4,81	4,11
72	3,31	3,09	3,02
73	4,04	5,46	5,45
74	3,08	4,32	3,80
75	3,90	5,61	5,58
76	2,87	5,01	5,36
77	3,05		2,65
78			3,09
79	3,54	4,33	4,87
80		3,91	3,79
81			3,91
82			3,48
83			3,46

LEGENDA:

DVB - Deflexão máxima média do pavimento medida com a viga Benkelman, em mm  
 SNC - Número estrutural corrigido



**ANEXO B - DADOS REFERENTES À CADA SUBFAMÍLIA,  
CONTENDO OS DADOS DE DEFLEXÃO MÁXIMA MÉDIA, IRI,  
SNC E TRINCAMENTO TOTAL**

**QUADRO B1 - Dados Referentes à Subfamília F1S1 - Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total**

Nº de Ordem	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
2			3,83			75			2,28	2,37			4,12	9,55
9	5,70	4,81	4,59	40	52	56	2,54	3,54	3,19	4,37	1,5	2,67	3,49	10,69
10	5,29	4,14	3,73	45	66	78	2,15	3,44	3,31	4,62	5,2	30,30	22,02	53,04
11	5,29	4,28	3,71	45	63	79	2,15	2,76	2,85	3,98	5,2	21,60	28,34	59,82
12	5,29	4,13	3,11	45	67	105	2,15	3,01	2,62	3,84	5,2	27,52	40,00	66,34
13	5,29	4,73	3,68	45	54	80	2,15	2,65	2,56	3,67	5,2	15,91	20,28	42,37
14	5,29	4,69	3,66	45	55	81	2,15	2,35	2,43	3,20	5,2	7,87	7,27	18,90
42			2,99			112		1,80	2,85	3,55			24,37	29,07
44		3,76	3,87		77	74		2,23	2,18	2,72			1,07	2,69
46		4,01	3,78		70	77		2,39	2,74	3,46			1,47	2,58
48			2,74			128				1,85				0,05
68	3,57		3,19	84		100	1,85		2,11	3,36	0	0,00	0,66	3,89
69			5,44			43			2,08	2,93		0,13	0,52	0,74
70	5,53		3,60	42		83	2,15		2,48	3,63	0	16,09	19,42	27,36
71	5,29	4,81	4,11	45	52	67	2,77		2,21	2,44	3,4	1,62	3,11	5,95
78			3,09			106			2,31	2,71			0,00	2,04
83			3,46			88				3,46				2,25

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações

**QUADRO B2 - Dados Referentes à Subfamília F1S2 - Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total**

Nº de Ordem	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
1			3,45			89				5,44				56,40
3		3,41	2,68		90	132				2,61			15,12	24,63
8	3,84	4,48	5,11	75	59	48	3,31	2,36	2,75	3,63	9,4	0,05	3,51	9,63
41			3,35			93			2,86	3,88			2,24	7,20
43			4,24			64			2,69	3,35			0,13	0,55
53	3,77	3,06	2,97	77	107	112	2,77	3,51	3,18	4,90	0,3	8,33	40,65	84,80
65	4,66	3,55	4,39	55	85	60	3,31		2,25	2,92	0,0	7,43	0,23	0,48
66			4,97			50			2,48	3,19		0,24	0,24	0,84

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações

**QUADRO B3 - Dados Referentes à Subfamília F2S1 - Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total**

Nº de Ordem	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>-2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	
4	3,37	2,98	2,51	92	112	147	1,77	1,91	2,14	2,98	0	6,40	23,11	41,85	
5	3,74	3,16	2,71	78	102	130	1,54	1,92	2,06	2,93	0,4	14,85	30,48	40,99	
6	3,22	3,10	2,74	99	105	128	1,62	1,94	2,12	3,12	0,9	11,34	33,75	35,02	
7	2,79	3,54	4,12	124	85	67	3,69		2,51	3,25	52,6	0,00	0,04	1,38	
16	4,12	4,25	3,48	67	64	88	2,85	3,12	3,36	4,53	0,7	7,49	9,33	28,43	
17	6,43	3,05	2,99	33	108	112	2,15		2,87	4,07	7,8	23,07	38,15	40,66	
18	4,37		3,89	61		73	2,08		2,80	3,14	4,1	16,55	29,53	7,68	
19	3,57	4,48		84	59		2,00				4,6	0,69	18,20		
20	7,48			26			2,23				0,1		7,35		
21	6,98	4,86	4,61	29	52	56	2,00	2,06	2,07	3,17	2,4		6,38	8,94	
22	3,40	2,69	2,69	91	132	132	2,08		3,19	4,75	3,9	23,29	46,11	52,13	
23	6,20			35			2,54				0				
24	7,14	5,23	5,27	28	46	45	1,69	1,91	2,31	3,18	0	0,27	0,76	2,57	
25	5,37	5,09	4,20	44	48	65	2,00	2,82	2,70	3,02	0	1,33	1,90	8,46	
26			2,80			124				2,65	3,44		0,02	0,32	0,99
27		3,40	3,13		91	103		2,89	1,99	3,62		0,19	0,40	1,31	
28	5,22	3,72	3,30	46	79	95	2,23	2,95	3,10	3,92	0	4,32		13,89	
29	3,90	3,38	2,98	73	92	112	2,08	2,87	3,24	4,37	0	13,56		26,85	
30	4,28	3,53	3,45	63	86	89	2,15	2,46	2,69	3,59	0,8	1,48	3,68	9,86	
31	4,08	3,69	3,57	68	80	84	2,23	2,60	2,96	3,92	0,1	2,95	8,19	15,12	
32	5,45	4,39	3,81	43	61	76	2,23	2,68	3,10	4,13	0	7,81	9,29	28,56	
33	2,79	3,29	3,83	124	96	75	2,77	2,46	2,20	2,53	56,2	9,13	13,26	9,07	
34		3,32	3,15		94	102		2,57	2,91	3,62		0,42	0,46	1,76	
35		3,12	3,06		104	107			2,37	2,94		0,45	1,21	0,39	
36	3,71	2,88	3,90	79	118	73	2,23	3,10	1,92	3,10	0,30		0,39	1,49	
37	3,35	4,52	5,28	93	58	45	2,38	3,19	1,83	3,38	6,3	2,89	0,00	2,94	
38	3,10	5,60	5,79	105	41	39	3,00	2,47	1,80	3,06	0	3,02	3,94	3,60	
39	3,22	4,30	4,43	99	63	60	3,23	2,18	2,13	2,59	51,2		5,23	9,41	
40	2,95	3,94	4,31	114	72	62	3,38	2,05	2,00	2,16	79,9		3,46	15,24	
45		3,50	2,99		87	111		2,11	2,18	3,43			15,78	27,33	
47			2,91			117			2,84	3,04			10,00	12,50	
49	2,66		2,63	134		137	2,23		2,40	2,99	0,6	0,52	1,28	1,08	
50			2,77			126	2,23		1,94	2,94	0		0,45	12,66	
51	3,54	3,26	2,67	85	97	133	1,77	2,21	2,24	1,92	0		21,39	24,45	

**QUADRO B3 - Dados Referentes à Subfamília F2S1 - Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total**

Nº de Ordem	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC	1990 Deflexão Máxima Média (Marcon, 1996) (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
52	3,28		3,30	96		95	2,31		2,25	2,05	10,2		20,89	39,83
54	2,57	2,47	2,36	142	151	162	2,38	3,06	2,66	4,02	0,6	12,56	15,92	55,83
55	6,43		3,97	33		71	1,92	1,46	1,80	2,29	0	0,75	0,03	3,29
56	3,77		6,26	77		34	5,23	3,53	3,23	4,57	45,2	0,29	0,65	6,25
57	2,93		4,24	115		64	2,62	1,71	2,25	2,82	20,5	0,00	0,09	25,41
58	6,43		5,15	33		47	2,15		1,85	2,43	0	0,41	0,01	1,36
59	3,37		3,56	92		84	2,00		2,13	2,28	0	10,27	0,00	0,28
61	3,44		3,00	89		111	2,69			5,00	12,9	46,25	0,00	16,56
62	3,20		3,01	100		110	2,62			4,17	4,9	60,27		1,78
63	3,20		3,77	100		77	2,62	2,92	2,92	3,30	4,9		7,61	20,62
64	4,32	3,89	4,33	62	73	62	3,15	4,08	3,67	2,73	27,5	17,84	32,64	0,00
67	3,65	4,42	3,90	81	60	73	2,15	2,44	2,54	3,32	0	0,35	0,48	1,05
72	3,31	3,09	3,02	95	106	109	2,54		3,07	3,27	5,1	31,57	44,31	67,65
76	2,87	5,01	5,36	119	49	44	3,46	2,41	2,20	2,74	48,2		2,49	5,18
77	3,05		2,65	108		135	2,00	2,58	2,23	2,53	1,1	22,55		19,11
79	3,54	4,33	4,87	85	62	51	3,54	2,24	2,00	2,71	58,4		2,15	7,04
80		3,91	3,79		73	76		2,473	2,465	3,21			0,03	0,53
81			3,91			73				3,12				1,67
82			3,48			87				3,88				37,31

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações

**QUADRO B4 - Dados Referentes à Subfamília F2S2 -Deflexão Máxima Média, IRI, SNC e Trincamento Total**

Nº de Ordem	1990 SNC	1995 SNC	2001 SNC	1990 Deflexão Máxima Média Marcon, 1990 (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1995 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	2001 Deflexão Máxima Média (x10 <sup>2</sup> mm) Viga Benkelman	1990 IRI Médio (Marcon, 1996) (m/Km) Bump Integrator	1995 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1997 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	2001 IRI Médio (m/Km) Bump Integrator	1990 TRINCAMENTO TOTAL Média Marcon, 1996 (%) PRO 128/83	1995 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	1997 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute	2001 TRINCAMENTO TOTAL Média SGP (%) DesyRoute
15	2,65	2,95	3,14	135	114	103	2,85	3,80	2,91	3,32	19,4	71,32	74,51	32,79
60	3,54		3,70	85		79	2,23	3,32	2,90	2,37	23,8	46,47	51,73	0,23
73	4,04	5,46	5,45	69	43	43	4,69	2,03	2,18	2,67	39,4		2,94	6,52
74	3,08	4,32	3,80	106	62	76	3,38	1,75	1,86	2,38	50,5		30,93	32,84
75	3,90	5,61	5,58	73	41	41	3,31	1,98	2,12	2,56	26,4		10,01	11,91

\*Valores em Vermelho: Excluídos a partir da Filtragem de Erros Entre Auscultações