



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA  
CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE – CTA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARCELO RAMOS NETTO**

**ESTUDO DE CASO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM DETERMINADOS PONTOS  
DA ZONA URBANA DE ALEGRETE – RS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Alegrete/RS**

**2013**

**MARCELO RAMOS NETTO**

**ESTUDO DE CASO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM DETERMINADOS PONTOS  
DA ZONA URBANA DE ALEGRETE – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Felipe Ferreira de Ferreira

**Alegrete/RS**

**2013**

**MARCELO RAMOS NETTO**

**ESTUDO DE CASO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL EM DETERMINADOS PONTOS  
DA ZONA URBANA DE ALEGRETE – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 01 de outubro de 2013.

Banca examinadora:

---

Prof. Me. Felipe Ferreira de Ferreira

Orientador

Engenharia Civil – UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Roberlaine Ribeiro Jorge

Engenharia Agrícola – UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco

Engenharia Agrícola – UNIPAMPA

Dedico este trabalho a meus pais,  
Jesus e Ivete e a meu irmão Filipe

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, por me dar saúde e disposição ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, por sempre me apoiarem no que fosse preciso para meus estudos.

Ao meu irmão, Filipe Ramos Netto, pelo auxílio em minhas pesquisas quando necessário.

Agradeço aos amigos por estarem por perto tanto nos momentos de diversão como nos momentos difíceis.

Aos colegas e colaboradores Aldo Temp, Carlos da Conceição, Eduarda Lacerda, Fabiano Pereira, Henrique Rodrigues, Raul Godoy, Ricardo Rodrigues e Rodrigo Klamt que ajudaram quando necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a meu orientador Felipe Ferreira pelo auxílio no desenvolvimento do meu projeto de graduação.

Aos professores que ao longo desses anos passaram seus conhecimentos técnicos.

A Universidade Federal do Pampa - Unipampa, à qual sinto orgulho de fazer parte.

“Todo o homem morre, mas nem todo homem vive”

William Wallace

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso dos defeitos do pavimento flexível em algumas vias urbanas do município de Alegrete. A metodologia utilizada compreendeu dois métodos de avaliação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte para pavimentos rodoviários: Avaliação Objetiva de Superfície, para determinação do Índice de Gravidade Global; e a Avaliação Subjetiva de Superfície, para obtenção do Valor de Serventia Atual. A pesquisa foi realizada nas seguintes vias: Av. Assis Brasil, Av. Dr. Lauro Dornelles, Rua dos Andradas, Rua Barão do Amazonas e Rua Bento Manoel. Essas vias foram escolhidas por sua representatividade na zona urbana de Alegrete, e no total, a extensão analisada foi de 4,56 km. Foi realizado um levantamento fotográfico para a caracterização das patologias encontradas com o objetivo de identificar as possíveis causas e soluções. Com base no levantamento qualitativo da degradação, atribuiu-se um conceito para o pavimento analisado em função do IGG. Quanto ao conforto ao rolamento, foram atribuídas notas por 6 avaliadores escolhidos para as vias estudadas, chegando-se a uma média para a classificação do nível de serventia das mesmas. As soluções apresentadas nesta pesquisa foram de dois tipos de manutenção: preventiva e corretiva. As preventivas são relacionadas a evitar futuro aparecimento de patologias enquanto as corretivas estão relacionadas a sanar as patologias existentes. Finalmente, o trabalho relata a importância do planejamento e da gerência dos serviços de manutenção nas vias urbanas.

**Palavra-chave:** patologias, pavimentos flexíveis, índice de gravidade global, valor de serventia atual.

## ABSTRACT

This paper presents a case study of the flaws of flexible pavement in some urban roads in the municipality of Alegrete. The methodology was based on two evaluation methods of the Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte for road pavements: Objective Evaluation of surface, to determine the Global Severity Index, and the Subjective Evaluation of surface, for obtaining the Current Value of Usefulness. The research was conducted in the following way: Av. Assis Brasil, Av. Dr. Lauro Dornelles, Rua dos Andradas, Rua Barão do Amazonas e Rua Bento Manoel. These roads have been selected for their representativeness in urban Alegrete, and in total, the extension of 4.56 km was analyzed. We carried out a photographic survey for the characterization of pathologies found in order to identify possible causes and solutions. Based on qualitative survey degradation, attributed a concept for pavement considered in the light of the IGG. As for comfort to the bearing, grades were attributed according for 6 evaluators chosen for routes studied, reaching an average for the classification of the level of usefulness of the same. The solutions presented in this study were of two types of maintenance: preventive and corrective. The preventative is related to avoid future occurrence of pathologies while corrective measures are related to remedy the disorders. Finally, the paper reports the importance of planning and management of maintenance on urban roads.

**Keywords:** pathologies, flexible pavements, global severity index, value of current usefulness.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Camadas do pavimento .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2 – Perfilógrafo do departamento de transportes de Illinóis (1962) .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 3 – Perfilômetro da AASHO empregado inicialmente na avaliação de suas pistas experimentais .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 4 – Medida com viga benkelman em campo .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5 – Vista geral do FWD Dynatest .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6 – Afundamento local .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 7 – Afundamento em trilha de roda .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 8 – Ondulação .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 9 – Exsudação de asfalto .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 10 – Desgaste .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 11 – Panela/Buraco .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 12 – Escorregamento do revestimento betuminoso .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 13 – Trinca interligada tipo jacaré .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 14 – Trinca isolada transversal .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 15 – Trinca isolada longitudinal .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 16 – Trinca Interligada Tipo Bloco .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 17 – Etapas para elaboração do diagnóstico de um pavimento .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 18 – Treliça para medição de flechas da trilha de roda .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 19 – Instrumentos utilizados para verificação das patologias .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 20 – Demarcação de áreas para inventário de patologias .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 21 – Placa com os horários para circulação dos variados PBTs .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 22 – Extensão total da Av. Assis Brasil .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 23 – Trecho analisado da Av. Assis Brasil .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 24 – Desgaste encontrado na Rua Assis Brasil .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 25 – Painelas encontradas na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 26 – Afundamento local na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 27 – Falta de acabamento em torno do PV .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 28 – Surgimento de trincas interligadas em torno do PV .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 29 – Percentual de contribuição das patologias na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 30 – Aspecto da Av. Assis Brasil em um dia chuvoso .....</b>	<b>82</b>

<b>Figura 31 – Problemas de escoamento advindo do desnível pista/acostamento</b>	82
<b>Figura 32 – Extensão Total da Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	91
<b>Figura 33 – Trecho analisado da Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	91
<b>Figura 34 – Desgaste encontrado na Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	95
<b>Figura 35 – Trincas isoladas encontradas na Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	96
<b>Figura 36 – Distribuição das patologias na Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	96
<b>Figura 37 – Formação de lâminas d’água na pista da Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	97
<b>Figura 38 – Escoamento adequado nos pontos referentes ao acostamento</b>	97
<b>Figura 39 – Operação tapa-buraco realizada na Rua dos Andradas</b>	102
<b>Figura 40 – Aspecto da Rua dos Andradas logo após manutenção</b>	103
<b>Figura 41 – Rua dos Andradas no período da noite pós-manutenção</b>	103
<b>Figura 42 – Extensão Total da Rua dos Andradas</b>	104
<b>Figura 43 – Trecho analisado da Rua dos Andradas</b>	104
<b>Figura 44 – Panela encontrada na Rua dos Andradas</b>	107
<b>Figura 45 – Desgaste encontrado na Rua dos Andradas</b>	108
<b>Figura 46 – Defeitos diversos encontrados na Rua dos Andradas</b>	109
<b>Figura 47 – Distribuição das patologias na Rua dos Andradas</b>	109
<b>Figura 48 – Aspecto da Rua dos Andradas em um dia chuvoso</b>	110
<b>Figura 49 – Extensão e trecho total analisado da Rua Barão do Amazonas</b>	114
<b>Figura 50 – Panela encontrada na Rua Barão do Amazonas</b>	116
<b>Figura 51 – Exsudação encontrada na Rua Barão do Amazonas</b>	117
<b>Figura 52 – Remendo encontrado na Rua Barão do Amazonas</b>	118
<b>Figura 53 – Marcas de retroescavadeira no pavimento asfálticos</b>	119
<b>Figura 54 – Desnivelamento entre a tampa do PV e o pavimento asfáltico</b>	119
<b>Figura 55 – Recalque Diferencial verificado na Rua Barão do Amazonas</b>	120
<b>Figura 56 – Percentual de patologias na Rua Barão do Amazonas</b>	121
<b>Figura 57 – Aspecto da Rua Barão do Amazonas em um dia chuvoso</b>	122
<b>Figura 58 – Problemas relacionados ao desnível pista/acostamento</b>	122
<b>Figura 59 – Extensão total da Rua Bento Manoel</b>	128
<b>Figura 60 – Trecho analisado da Rua Bento Manoel</b>	128
<b>Figura 61 – Trinca Isolada encontrada na Rua Bento Manoel</b>	132
<b>Figura 62 – Panela encontrada na Rua Bento Manoel</b>	132

<b>Figura 63 – Ondulação encontrada na Rua Bento Manoel .....</b>	<b>133</b>
<b>Figura 64 – Remendos de manutenção da drenagem na Rua Bento Manoel...</b>	<b>134</b>
<b>Figura 65 – Percentual de patologias encontradas na Rua Bento Manoel .....</b>	<b>134</b>
<b>Figura 66 – Aspecto da Rua Bento Manoel em um dia chuvoso .....</b>	<b>135</b>
<b>Figura 67 – Acúmulo de água em pontos entre pista/acostamento .....</b>	<b>135</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Valor do fator de ponderação .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabela 2 – Conceitos de degradação do pavimento em função do pavimento..</b>	<b>62</b>
<b>Tabela 3 – Contagens realizadas na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabela 4 – Contagens realizadas na Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>157</b>
<b>Tabela 5 – Contagens realizadas na Rua dos Andradas .....</b>	<b>158</b>
<b>Tabela 6 – Contagens realizadas na Barão do Amazonas .....</b>	<b>159</b>
<b>Tabela 7 – Contagens realizadas na Rua Bento Manoel .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabela 8 – Frota veicular de Alegrete .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 9 – Níveis de serventia .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 10 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 11 – Seções 1 à 8: Av. Assis Brasil .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 12 – Seções 9 à 16: Av. Assis Brasil .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabela 13 – Seções 17 à 20: Av. Assis Brasil .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 14 – Seções 21 à 25: Av. Assis Brasil .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabela 15 – Planilha de Cálculo do IGG para Av. Assis Brasil .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 16 – Notas atribuídas a Av. Assis Brasil referente ao VSA .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabela 17 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>90</b>
<b>Tabela 18 – Seções 1 à 8: Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabela 19 – Seções 9 à 16: Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabela 20 – Seções 17 à 20: Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>93</b>
<b>Tabela 21 – Planilha de Cálculo do IGG para Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabela 22 – Notas atribuídas a Av. Dr. Lauro Dornelles referente ao VSA .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabela 23 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua dos Andradas .....</b>	<b>102</b>
<b>Tabela 24 – Seções 1 à 8: Rua dos Andradas .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 25 – Seções 9 à 16: Rua dos Andradas .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabela 26 – Seções 17 à 20: Rua dos Andradas .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabela 27 – Planilha de Cálculo do IGG para Rua dos Andradas .....</b>	<b>107</b>
<b>Tabela 28 – Notas atribuídas a Rua dos Andradas referente ao VSA .....</b>	<b>110</b>

<b>Tabela 29 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>113</b>
<b>Tabela 30 – Seções 1 à 8: Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>114</b>
<b>Tabela 31 – Seções 9 à 16: Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabela 32 – Seções 17 à 24: Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>115</b>
<b>Tabela 33 – Planilha de Cálculo do IGG para Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>116</b>
<b>Tabela 34 – Notas atribuídas a Rua Barão do Amazonas referente ao VSA ....</b>	<b>123</b>
<b>Tabela 35 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua Bento Manoel .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabela 36 – Seções 1 à 8: Rua Bento Manoel .....</b>	<b>129</b>
<b>Tabela 37 – Seções 9 à 16: Rua Bento Manoel .....</b>	<b>129</b>
<b>Tabela 38 – Seções 17 à 20: Rua Bento Manoel .....</b>	<b>130</b>
<b>Tabela 39 – Seções 17 à 25: Rua Bento Manoel .....</b>	<b>130</b>
<b>Tabela 40 – Planilha de Cálculo do IGG para Rua Bento Manoel .....</b>	<b>131</b>
<b>Tabela 41 – Notas atribuídas a Rua Bento Manoel referente ao VSA .....</b>	<b>136</b>
<b>Tabela 42 – Traço utilizado no CBUQ .....</b>	<b>140</b>
<b>Tabela 43 – Traço utilizado na reperfilagem .....</b>	<b>140</b>
<b>Tabela 44 – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) - Classificação por penetração .....</b>	<b>141</b>
<b>Tabela 45 – Comparação entre IGG e VSA na Av. Assis Brasil .....</b>	<b>143</b>
<b>Tabela 46– Comparação entre IGG e VSA na Av. Dr. Lauro Dornelles .....</b>	<b>144</b>
<b>Tabela 47 – Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabela 48 – Comparação entre IGG e VSA na Rua Barão do Amazonas .....</b>	<b>145</b>
<b>Tabela 49 – Comparação entre IGG e VSA na Rua Bento Manoel .....</b>	<b>146</b>
<b>Tabela 50 – Comparação entre IGG e VSA nas vias analisadas .....</b>	<b>146</b>

## LISTA DE SIGLAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials  
ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás e Energia  
ATR – Afundamentos em trilha de roda  
BGTC – Brita graduada tratada com cimento  
CA – Concreto asfáltico  
CAP – Concreto asfáltico de petróleo  
CBUQ – Concreto betuminoso usinado a quente  
CBR – California Bearing Ratio  
CDH – California Division of Highways  
CNT – Confederação nacional dos transportes  
DNER – Departamento nacional de estradas de rodagem  
DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes  
FC 1– Fendas classe 1  
FC 2– Fendas classe 2  
FC 3– Fendas classe 3  
FRN – Fundo rodoviário nacional  
FWD – Falling weight deflectometer  
IGG – Índice de gravidade global  
IGI – Índice de gravidade individual  
INMET – Instituto nacional de meteorologia  
IPI – Imposto sobre produtos industrializados  
IRI – Índice de irregularidade internacional  
N – Número equivalente  
PBT – Peso bruto total  
PER – Procedimento executivo de recuperação  
PMF – Pré-misturado a frio  
PSR – Present servicenbility ratio  
PV – Poço de visita  
QI – Quociente de irregularidade  
SMA – Stone masticue asphalt  
STH – Subtrecho homogêneo

TSD – Tratamento superficial duplo

TSS – Tratamento superficial simples

TST – Tratamento superficial triplo

UNIPAMPA – Universidade federal do pampa

VSA – Valor de serventia atual

## LISTA DE SÍMBOLOS

fa – Frequência absoluta

fp – Fator de ponderação

fr – Frequência relativa

n – Número de estações inventariadas

$\Sigma X$  – Somatório de valores de serventia atual individuais

N – Número de membros do grupo de avaliação

Vv – Volume de Vazios

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 Contextualização do tema de pesquisa .....	21
1.2 Definição do problema e tema de pesquisa .....	22
1.3 Objetivos .....	24
1.3.1 Objetivo Geral .....	24
1.3.2 Objetivos específicos .....	24
1.4 Justificativa .....	25
1.5 Estrutura do trabalho .....	25
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
2.1 Breve histórico .....	27
2.2 Pavimento rodoviário .....	27
2.2.1 Funções do pavimento .....	28
2.2.2 Classificação do pavimento .....	29
2.2.3 Camadas do pavimento .....	30
2.2.4 Funções das camadas .....	31
2.2.5 Dimensionamento do pavimento .....	32
2.3 Revestimento asfáltico .....	34
2.3.1 Tipos de revestimentos asfálticos .....	35
2.3.2 Misturas usinadas .....	35
2.3.3 Mistura <i>in situ</i> em usinas móveis .....	36
2.3.4 Misturas asfálticas recicladas .....	36
2.3.5 Tratamentos superficiais .....	37
2.4 Cimento asfáltico de petróleo (CAP) .....	38
2.5 Índice de gravidade global (IGG) .....	38
2.6 Serventia .....	39
2.7 Índice de suporte californiano (ISC) ou <i>Califórnia bearing ratio (CBR)</i> .....	39
2.8 Drenagem de pavimentos .....	40
2.9 Deterioração dos pavimentos asfálticos .....	41
2.10 Irregularidade longitudinal .....	41
2.11 Medidas de deflexões .....	43
2.11.1 Viga de Benkelman .....	43

2.11.2 Defletômetro de Impacto ( <i>Falling weight deflectometer – FWD</i> ) .....	44
2.12 Patologias em pavimentos com comportamento flexível .....	45
2.13 Manutenção de rodovia .....	55
2.13.1 Procedimentos e técnicas de recuperação .....	56
2.13.1.1 Preparo Total de Revestimento Asfáltico .....	56
2.13.1.2 Selagem de fissura em revestimento asfáltico .....	57
2.14 Avaliação econômica .....	57
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>58</b>
3.1 Elaboração de um diagnóstico de um pavimento .....	58
3.2 Método de avaliação proposto .....	59
3.2.1 Avaliação objetiva de superfície: IGG .....	60
3.2.1.1 Levantamento de dados .....	63
3.2.1.2 Critério para coleta de dados .....	64
3.2.1.3 Seleção das vias .....	65
3.2.2 Avaliação subjetiva de superfície .....	69
3.2.2.1 Condições específicas .....	70
3.2.2.2 Processo de avaliação .....	70
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>72</b>
4.1 Análise da Av. Assis Brasil .....	73
4.1.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Av. Assis Brasil .....	83
4.1.2 Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Av. Assis Brasil .....	85
4.1.2.1 Técnicas para reabilitação das painéis .....	85
4.1.2.2 Técnicas para reabilitação dos desgastes .....	86
4.1.2.3 Técnicas para reabilitação de trincas isoladas .....	86
4.1.2.4 Técnicas para reabilitação dos afundamentos .....	88
4.1.2.5 Técnicas para reabilitação dos PVs .....	89
4.2 Análise da Av. Dr. Lauro Dornelles .....	90
4.2.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Av. Dr. Lauro Dornelles .....	98
4.2.2 Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Av. Dr. Lauro Dornelles .....	100
4.2.2.1 Técnicas para reabilitação das painéis .....	100

4.2.2.2	Técnicas para reabilitação dos desgastes .....	100
4.2.2.3	Técnicas para reabilitação de trincas isoladas .....	100
4.3	Análise da Rua dos Andradas .....	101
4.3.1	Prováveis causas das patologias com maior incidência na Rua dos Andradas .....	111
4.3.2	Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Rua dos Andradas .....	112
4.4	Análise da Rua Barão do Amazonas .....	113
4.4.1	Prováveis causas das patologias com maior incidência na Rua Barão do Amazonas .....	123
4.4.2	Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Rua Barão do Amazonas .....	125
4.4.2.1	Técnicas para reabilitação das exsudações .....	125
4.4.2.2	Técnicas para reabilitação das painéis .....	126
4.4.2.3	Técnicas para reabilitação de desgastes .....	126
4.4.2.4	Técnicas para reabilitação de trincas isoladas .....	126
4.4.2.5	Técnicas para reabilitação dos PVs .....	126
4.5	Análise da Rua Bento Manoel .....	127
4.5.1	Prováveis causas das patologias com maior incidência na Rua Bento Manoel .....	136
4.5.2	Técnicas de manutenção para as patologias com maior incidência na Rua Bento Manoel .....	138
4.5.2.1	Técnicas para reabilitação de desgastes .....	138
4.5.2.2	Técnicas para reabilitação das painéis .....	138
4.5.2.3	Técnicas para reabilitação das trincas couro de jacaré e trincas bloco .....	138
4.5.2.4	Técnicas para reabilitação das corrugações/ondulações .....	139
4.6	Especificações do CAP – 50 .....	140
4.7	Materiais utilizados nas vias analisadas .....	142
4.7.1	Paralelepípedo .....	142
4.7.2	Pré-misturado à frio (PMF) .....	142
4.7.3	Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) .....	143
4.8	Comparação de resultados entre as avaliações objetiva e subjetiva (IGG e VSA) .....	143

<b>4.8.1</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA na Av. Assis Brasil</b>	<b>143</b>
<b>4.8.2</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA na Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	<b>144</b>
<b>4.8.3</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas</b>	<b>144</b>
<b>4.8.4</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA na Rua Barão do Amazonas</b>	<b>145</b>
<b>4.8.5</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA na Rua Bento Manoel</b>	<b>145</b>
<b>4.8.6</b>	<b>Comparação entre IGG e VSA nas vias analisadas</b>	<b>146</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>147</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES</b>	<b>149</b>
	<b>Referências</b>	<b>150</b>
	<b>Anexo A – Ficha de Contagem Volumétrica I</b>	<b>154</b>
	<b>Apêndice A – Planilha de levantamento</b>	<b>155</b>
	<b>Apêndice B – Contagens volumétricas realizadas nas 5 vias analisadas</b>	<b>156</b>
	<b>Apêndice C – Condições específicas do teste de serventia</b>	<b>161</b>
	<b>Apêndice D – Ficha de Avaliação de Serventia</b>	<b>162</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do tema de pesquisa

Buscando a melhoria nas condições de trafegabilidade com soluções que não sejam tão custosas, diversos têm sido os estudos com relação à condição da pavimentação rodoviária no Brasil, tais como os realizados por Gonçalves (1999); Souza (2004); Lee (2005); Figueiredo (2010); Rocha (2010).

A pavimentação rodoviária é parte essencial na infraestrutura de um país e está ligada a sua capacidade de crescimento. Neste contexto, sabe-se que vários fatores comprometem a condição destes pavimentos, como por exemplo, a idade dos pavimentos, a grande solicitação do tráfego e a falta de reparo ou manutenção constante destes. A rodovia, especialmente o pavimento, até pela razão da importância do transporte na atividade socioeconômica, dentro de uma perspectiva de longo prazo (de ordem de grandeza, por exemplo, secular) tem de apresentar desempenho satisfatório, permanentemente. O desempenho satisfatório é traduzido na oferta, ao usuário, de condições de tráfego seguras, confortáveis e econômicas – atendendo, assim, ao preceito de otimização do custo total de transporte (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Cada tipo de pavimento apresenta, no decorrer de sua vida de serviço, diversas manifestações de defeitos, relacionados não somente com os tipos de materiais empregados, mas também com os tipos de resposta mecânica na estrutura em questão. A partir daí, conforme observa Balbo (2007), não só os tipos de materiais, mas também o comportamento estrutural do pavimento fornecem, em conjunto, informações úteis aos engenheiros, para que eles entendam os problemas técnicos de pavimentação e as mais adequadas formas de manutenção.

No Brasil, tem destaque, em 1937, à criação, pelo presidente Getúlio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas, atual Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Já na década de 1940, foi possível observar o avanço na pavimentação, fruto da tecnologia que foi desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial, além do crescimento obtido graças ao *boom* automobilístico, ocorrido nessa década.

Em 1942, os engenheiros brasileiros tiveram contato com engenheiros norte-americanos que construíram estradas de acesso e pistas de aeroportos, durante a

guerra, utilizando o ensaio denominado de *California Bearing Ratio* (CBR), que há pouco tempo havia sido criado. Nesse mesmo ano, no Brasil, havia apenas 1300 km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina. Entre 1940 e 1950 houve impulso na construção rodoviária brasileira, graças à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN), em 1946, oriundo do imposto sobre combustíveis líquidos. Nas décadas de 50 a 70 houve grande avanço do setor rodoviário, contudo a partir de meados da década de 70 ocorreu o esvaziamento do FRN (distribuição dos recursos tributários) e acarretou em recursos escassos para o setor rodoviário, uma vez que esses passaram a ser disputados por outras áreas (educação, saúde, entre outros). Com a promulgação da vigente Constituição Federal em 1988 houve o desmonte do modelo antes utilizado, vedando a vinculação de impostos (exceto para educação), resultando assim, na falta de recursos para manutenção em rodovias existentes (Federais, Estaduais e Municipais), primando pela construção de novas rodovias (BERNUCCI et al., 2006; LEE, 2005).

## **1.2 Definição do Problema e Questão de Pesquisa**

O constante aumento dos volumes e de cargas, no tráfego rodoviário, faz com que as metodologias de projeto, de seleção de materiais e os métodos construtivos sejam, cada vez mais, melhorados.

A idade dos pavimentos e a intensa solicitação do tráfego, em especial nas rodovias federais, onde grande parte da malha já superou a vida útil dos projetos originais, aliado aos investimentos insuficientes destinados a este setor, tornaram o sistema rodoviário vulnerável (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Os pavimentos rodoviários, uma vez construídos, vão se degradando ao longo do tempo, sob a ação do tráfego e das condições climáticas, devendo ser previstas manutenções ao longo de sua vida útil. As variadas degradações têm uma relação entre si, que influenciam o respectivo modo e a velocidade de evolução, e, geralmente, estão relacionadas com a falta de manutenção correta (BRANCO et al., 2006).

Assim, fica evidente a necessidade de organizações de interesse público e social, como o próprio Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social, de discutirem a questão da cidadania vinculada à recuperação e à manutenção do sistema rodoviário, e exigirem atitudes concretas. Com estradas inadequadas, o país

continua a ser uma região fora do espectro das nações desenvolvidas e também demonstra ser um país que não oferece acesso aos bens para sua população (BALBO, 2007).

Vários fatores podem alterar o desempenho de um pavimento, dentre os quais destacam-se: o número e a magnitude das cargas do tráfego, a natureza do solo do subleito, a frequência e as práticas de manutenção aplicadas ao longo do trecho, as condições de drenagem e os aspectos ambientais. No Brasil, o principal responsável pela ruptura dos pavimentos flexíveis é a fadiga do revestimento asfáltico, que sofre a ação de cargas repetidas de tráfego (GONÇALVES, 1999).

Além do desgaste natural sofrido por um pavimento, os defeitos podem surgir pela má execução, crescimento da frota veicular e intempéries. Defeitos esses que podem gerar altos custos para os usuários, em relação a custos operacionais e de combustível, aumentando, também, o tempo de deslocamento (FIGUEIREDO, 2010).

O pavimento flexível, contemporaneamente, tem sido bastante executado, tanto em vias urbanas, quanto em rodovias rurais. Por tal motivo, a aplicação dos métodos de conservação, para se prevenir problemas futuros, tem se mostrado útil. Uma vez que o sistema rodoviário brasileiro é considerado um valioso patrimônio, com considerável representatividade no desenvolvimento do país e na manutenção do crescimento da economia, é de grande importância a sua conservação. Nos últimos anos, porém, os pavimentos flexíveis tiveram os métodos de manutenção simplificados, ou praticamente abandonados, tornando a técnica ineficiente (SOUZA, 2004).

No Brasil, a imprensa, constantemente retoma a questão rodoviária como assunto em destaque, mas, ao menos aparentemente, sem ter uma solução a propor. Pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT), em 2005, mostrou que mais de 70% do nosso sistema é considerado deficiente (BALBO, 2007).

Em Alegrete, na qual foi utilizado, em algumas ruas, o pavimento flexível, conforme informação obtida em conversa informal com o engenheiro responsável pela pavimentação asfáltica do município, pelo fato da cidade não possuir laboratório para asfalto, a execução de asfalto, é realizada por uma empresa, que faz a prestação de serviço e que utiliza Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ) como tipo de revestimento asfáltico.

Ademais, é possível perceber, visualmente, o aumento da frota de veículos que circulam nesta cidade, seja pela criação da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), que trouxe a cidade uma maior circulação de pessoas, seja pela redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), proporcionada pelo governo federal, na qual possibilitou a sociedade facilidades na aquisição de veículos novos.

Diante disso, como os pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete precisam de atenção, principalmente quanto à existência de patologias, pois é dever do município executar ações de restauração e de reparo, para manter seu patrimônio em condições de trafegabilidade, destacam-se as seguintes questões de pesquisa: os pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete apresentam algum tipo de patologia? E quais as medidas que podem ser adotadas para corrigir e evitar este tipo de problema?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Investigar os pavimentos flexíveis da zona urbana de Alegrete no que se refere à existência de patologias e propor recomendações para restauração e reparo destas.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- verificar as patologias que existem no pavimento flexível na zona urbana de Alegrete;
- apontar as causas das patologias encontradas no pavimento flexível na zona urbana de Alegrete;
- elencar as melhores soluções para cada tipo de patologia encontrada;
- verificar se a Prefeitura possui um programa de planejamento quanto a manutenção do pavimento flexível;
- verificar junto a Prefeitura os dados referentes a manutenção recente e volume de tráfego nas vias analisadas.

#### **1.4 Justificativa**

Conforme a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT), publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias, principalmente no que diz respeito ao desempenho de: trafegabilidade, segurança e economia. Em 2004, a pesquisa mostrou um índice de 74,7% das estradas brasileiras sendo classificadas como deficientes/ruis/péssimas. Para os três quesitos avaliados, pavimento, sinalização e geometria da via, a pior classificação ficou com o último item, apresentando 80,7% das vias em estado deficiente/ruim/péssimo, seguido dos outros itens, respectivamente, com 65,4% e 56,1% (BERNUCCI et al., 2006).

De posse das informações referentes aos materiais empregados no pavimento, tipo de pavimentação asfáltica empregada e as solicitações que este estará sofrendo, é possível identificar as patologias que irão aparecer no pavimento flexível na zona urbana na cidade de Alegrete, o que pode ser verificado por meio de ensaios e também por análise visual.

Desta forma, a condição dos pavimentos asfálticos é um assunto importante tanto social, quanto economicamente, pois afeta toda sociedade, quando suas funções não estão atendendo de maneira correta em relação a um tráfego confortável e seguro. Vários são os problemas envolvendo os custos operacionais para o usuário, tais como: defeitos nos veículos, aumento no tempo de percurso, maior consumo de combustível, entre outros. Nesse sentido, têm-se visto, em todo Brasil, várias estradas em condições não adequadas de trafegabilidade, pelos mais variados motivos, envolvendo: projetos mal elaborados, materiais de qualidade duvidosa, falta de manutenção, entre outros fatores, o que justifica a realização do presente estudo.

#### **1.5 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho foi elaborado em quatro capítulos, no intuito de alcançar todos os objetivos inicialmente propostos.

No capítulo um, foram apresentados à contextualização do tema de pesquisa, a definição do problema e a questão de pesquisa, os objetivos (geral e específico), e a justificativa.

No capítulo dois, foi mostrada a revisão bibliográfica do trabalho, composta desde os conceitos sobre o pavimento rodoviário, suas classificações, camadas,

deteriorações, patologias, ensaios e manutenção, até chegarmos á avaliação econômica.

No capítulo três, foram analisados os procedimentos metodológicos, e houve a definição do método escolhido para análise do estudo de caso.

No capítulo quatro, são realizadas as análises e discussões pertinentes ao tema abordado.

No capítulo 5, são realizadas as conclusões sobre o tema estudado.

No capítulo 6, são colocadas algumas sugestões para possíveis trabalhos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Breve histórico**

Ao percorrer a história da pavimentação voltamos à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, intercâmbio comercial, cultural e religioso, conquistas territoriais, urbanização e desenvolvimento. Assim como os pavimentos, a história também é constituída por camadas e, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí o motivo de ser uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas (BERNUCCI et al., 2006).

Já no final do século XIX, o crescente uso das vias pelos veículos tracionados mecanicamente trouxe à tona as deficiências da utilização pura e simples de camadas granulares em pavimentos, como era proposto pelos franceses e ingleses cem anos antes. Em 1890, os pavimentos de concreto começaram a ter seu uso com frequência na Alemanha e, a partir de 1909, nos Estados Unidos, sendo que, neste país, já se contava, desde o início do século XX, com uma produção significativa de asfalto derivado de petróleo por refinamento, para aplicação em pavimentos.

Em meados da década de 1920, o aparecimento da Mecânica dos Solos deu impulso às pesquisas aplicadas à pavimentação, em especial por pesquisadores ligados a universidades e a agências viárias, americanas (BALBO, 2007).

Com o pouco desenvolvimento da malha viária na época do império, o Brasil teve o desenvolvimento no setor a partir do século XX, com a chegada do automóvel. Em 1928, foi inaugurada a Rodovia Rio-São Paulo, que veio a se chamar, posteriormente, Rodovia Presidente Dutra, em 1949 (FIGUEIREDO, 2010).

### **2.2 Pavimento rodoviário**

O pavimento é uma estrutura não perene, sendo composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender de maneira estrutural e operacional ao tráfego, de forma durável e com mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, que são obrigatórios (BALBO, 2007).

Entende-se por pavimento a estrutura construída sobre o subleito (terreno de fundação), a qual terá de resistir à ação de cargas de roda dos veículos e às ações do tempo – (variação térmica e higrométrica) (SILVA, 2008).

Em uma rodovia o pavimento é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, colocadas sobre um semiespaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou subleito (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

A estrutura do pavimento é gerada, em seu sentido estrutural, para receber e transmitir esforços de maneira a aliviar pressões sobre as camadas inferiores, que geralmente são menos resistentes, embora isso não seja usado como regra geral (BALBO, 2007).

O pavimento é uma estrutura com múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada econômica e tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e oferecer aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com segurança, economia e conforto (BERNUCCI et al., 2006).

O pavimento rodoviário tem seu comportamento determinado pelas ações climáticas e de tráfego que atuam sobre ele, pela sua constituição, ou seja, pelo número de camadas e suas espessuras, pelas características dos materiais e por último pelas características da fundação. Há de se exigir de um pavimento dois tipos de qualidades: a qualidade funcional e a estrutural. A qualidade funcional está relacionada com as exigências dos usuários – conforto e segurança de circulação. A qualidade estrutural está ligada a capacidade de um pavimento suportar as cargas dos veículos sem sofrer alterações além de determinados valores limites (BRANCO et al., 2006).

### **2.2.1 Funções do pavimento**

Pavimentar uma via de circulação de veículos, antes de tudo, é uma obra civil que procura a melhoria operacional para o tráfego. No momento que é criada, busca-se uma superfície mais regular – garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo, uma superfície mais aderente – garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada e uma superfície menos ruidosa – urbana e rural (BALBO, 2007). Tal condição deve ser garantida durante

um determinado período – a vida do pavimento, sob a ação dos carregamentos do tráfego, e nas condições climáticas que estarão expostas (BRANCO et al., 2006).

A meta da pavimentação é propiciar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a um mínimo custo, buscando, se possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, garantindo, assim, um bom desempenho no que se refere aos custos operacionais e de manutenção, ao longo dos anos de serviço de infraestrutura (BALBO, 2007; GONÇALVES, 1999).

### **2.2.2 Classificação do pavimento**

Tradicionalmente, o pavimento rodoviário classifica-se em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Contemporaneamente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento. As cargas de superfície nos pavimentos rígidos são distribuídas por uma grande área em relação às demais camadas, já nos pavimentos flexíveis as tensões são compartilhadas nas diversas camadas, proporcionalmente à rigidez, e as cargas de superfície são distribuídas numa área menor (BERNUCCI et al., 2006).

O pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, com isso, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Um exemplo é o pavimento constituído por uma base de brita – (brita graduada, macadame) – ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

No pavimento flexível a camada de revestimento é asfáltica, a base é de material granular e a sub-base é de material granular ou solo (SILVA, 2008).

Para que um pavimento flexível seja dimensionado, há de se ter uma definição sobre a determinação das espessuras das suas várias camadas em função da capacidade de suporte (CBR) do material do subleito, reforço e sub-base – (se existirem estas duas últimas camadas), ter uma definição dos materiais que serão utilizados e do número de solicitações do eixo padrão de 8,2 toneladas.

Em geral, os pavimentos flexíveis são associados aos pavimentos asfálticos, sendo compostos por camada superficial asfáltica – (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais

granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes (BERNUCCI et al., 2006).

O pavimento flexível pode ser descrito como aquele em que até certo limite, as deformações não levam ao rompimento e, em geral, o revestimento é betuminoso. Comparado aos pavimentos rígidos, ele tem uma menor condição de distribuir as pressões ao subleito, sendo assim torna-se importante, no dimensionamento, a busca de materiais para as camadas de reforço de subleito e sub-base (SENÇO, 2007).

### **2.2.3 Camadas do pavimento**

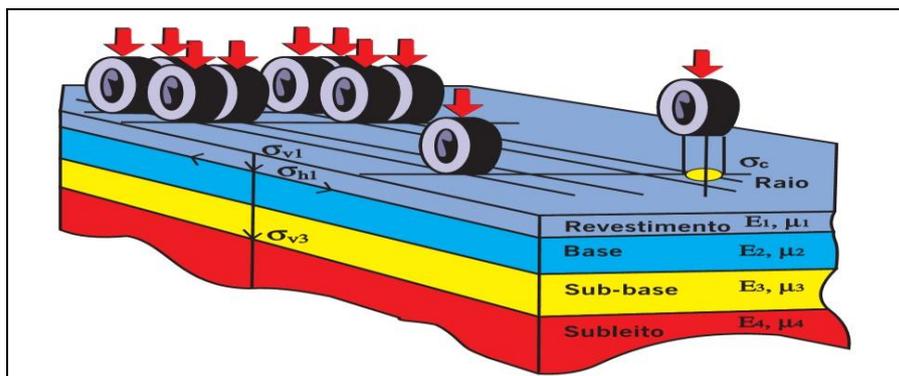
Respeitando uma terminologia coerente, da forma mais completa possível, o pavimento possui as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo o último a fundação e parte integrante da estrutura. Dependendo do caso, o pavimento poderá não ter camada de sub-base ou de reforço, mas a existência do revestimento, nem que seja primário, e do subleito são condições mínimas para que esta estrutura seja chamada de pavimento, como pode ser visto na Figura 1 (BALBO, 2007; SILVA, 2008).

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos compõe o revestimento. São formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI et al., 2006).

Todas as camadas do pavimento possuem uma ou mais funções específicas, que devem oferecer aos veículos as condições adequadas de suporte e rolamento, qualquer que seja a condição climática. As cargas aplicadas na superfície do pavimento acabam gerando determinado estado de tensões na estrutura, que dependerá do comportamento mecânico de cada uma das camadas e dos conjuntos desta (BALBO, 2007).

Para o pavimento flexível, a capacidade de suporte está relacionada com as características de distribuição das cargas pelas camadas granulares superpostas, onde as que estão mais próximas da superfície possuem melhor qualidade, no entanto, no ponto de vista estrutural, a base é a camada de maior importância (FIGUEIREDO, 2010).

Figura 1 – Camadas do pavimento



Fonte: Bernucci (2006, p.10)

### 2.2.4 Funções das camadas

A camada de revestimento deverá, além de outras funções, receber as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação; necessita, portanto, ser composta de materiais bem aglutinados ou dispostos de forma que evitem a movimentação horizontal (BALBO, 2007).

A camada de revestimento é, tanto quanto possível, impermeável e recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, de forma a resistir ao desgaste, com comodidade e segurança (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006). Ademais, esta camada tem a função de “impermeabilizar” o pavimento, aumentar a resistência à derrapagem, resistir aos esforços causados tanto pelo intemperismo como pelo tráfego e melhorar o conforto ao rolamento e a resistência à derrapagem (SILVA, 2008; ROCHA, 2010).

O terreno de fundação do pavimento é a camada conhecida como subleito. Os esforços impostos sobre a superfície do subleito serão aliviados em sua profundidade (normalmente há dispersão no primeiro metro). O subleito é composto de material natural e compactado, por exemplo, nos cortes do corpo estradal, ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Ocasionalmente, será, também, aterro sobre corte de características insignificantes para subleito (BALBO, 2007; MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

O reforço do subleito é uma camada com espessura constante, colocada por circunstâncias técnico-econômicas, sobre a regularização, com características

geotécnicas inferiores ao material usado na camada acima, porém, melhores que o material do subleito (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

Admitindo-se um dado subleito composto de solo com pequena ou medíocre resistência aos esforços verticais (de cisalhamento) que ocorreram sobre sua superfície, nesse caso, é preciso pensar em se executar sobre o subleito uma camada de solo com uma melhor qualidade, que sirva como um reforço sobre sua superfície, de maneira que a fundação subjacente a esse reforço receba pressões de menor intensidade, compatíveis com sua resistência. Não é obrigatório o emprego de camada de reforço de subleito, em tese, poderiam aliviar as pressões sobre um subleito medíocre. No entanto, por razões econômicas, procura-se utilizá-los, pois subleitos de resistência baixa exigiriam, para alguns tipos de pavimentos (em especial os flexíveis), do ponto de vista de projeto, camadas mais espessas, tanto para base, como para sub-base (BALBO, 2007).

A camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e a qual se constrói o revestimento é a base. Já a camada complementar à base é a sub-base, que é construída quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

Nas bases e sub-bases, os esforços verticais transmitidos ao subleito devem ser compatíveis com sua capacidade de resistir. As camadas de base e sub-base surgem para aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores, e, também podem desempenhar papel importante na drenagem superficial dos pavimentos. É na base que ocorre a tensão máxima de cisalhamento, logo, ela deverá ser constituída de material de ótima qualidade e ser muito bem construída. Quando a camada de base é muito espessa, procura-se, por razões de natureza econômicas e construtivas, dividi-la em duas camadas, assim, criando uma sub-base, geralmente de menor custo. A finalidade da camada de sub-base é proteger o subleito e reduzir a espessura da base – (a qual é composta de materiais mais nobres) (BALBO, 2007; SILVA, 2008).

### **2.2.5 Dimensionamento do pavimento**

O dimensionamento do pavimento deve ser elaborado para o tráfego previsto no período de projeto e para as condições climáticas a que estará sujeito. Uma vez

que a estrutura esteja bem construída e projetada para as cargas que atuarão, essas cargas gerarão deslocamentos que não serão capazes de provocar ruptura ou deformação excessiva após uma única passada de roda ou algumas poucas solicitações. Para que possam resistir a numerosas solicitações de carga, dentro do período de projeto, sem que ocorram danos estruturais fora do aceitável e previsto é que as estruturas de pavimento são projetadas (BERNUCCI et al., 2006).

Para o dimensionamento do pavimento, define-se a sua composição – (espessura das camadas e materiais) de modo que evite que, para o número de carregamentos previsto durante a vida do pavimento, as degradações ultrapassem os valores limites consideradas aceitáveis. A temperatura das camadas betuminosas condiciona a sua rigidez e com isso o seu comportamento como elemento da estrutura do pavimento, por esse motivo é levada em conta para dimensionar o pavimento (BRANCO et al., 2006).

Um dimensionamento correto consiste em determinar as camadas de modo que sejam suficientes para transmitir, resistir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que estas camadas sofram rupturas, deformações apreciáveis ou desgastes excessivos. No dimensionamento do pavimento parte-se do ponto que as cargas aplicadas são estáticas, porém, ele é submetido a cargas repetidas, e por causa dessa repetição sofre deformações permanentes e elásticas, que serão maiores, quanto maior for número de solicitações (SENÇO, 2007).

É essencial, na obra de pavimentação, a pesquisa dos materiais disponíveis nas proximidades, comercializados ou não, considerando sua dificuldade de exploração e de transporte. Devem ser ponderados estes fatores, na análise de alternativas de materiais de pavimentação, com os demais fatores técnicos relevantes, o que foge, evidentemente, de soluções de projeto pré-concebidas, exigindo-se, assim, maturidade para que seja feito um estudo local profundo sobre as melhores disponibilidades e alternativas de materiais de construção (BALBO, 2007).

Para o dimensionamento dos pavimentos flexíveis, tem-se utilizado métodos empíricos, como o Método DNER (1981) e o Guia da *American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO* (1986), para a definição da espessura necessária das camadas de subleito e de reforço de subleito, para que elas estejam protegidas contra o excesso de deformações plásticas, ao mesmo

tempo, que estipulam as espessuras mínimas das demais camadas, com base no tráfego de projeto (GONÇALVES, 1999).

No que se refere ao tráfego, em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto escolhido, é dimensionado o pavimento (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

Os veículos que efetivamente interessam para situações de dimensionamento e análise de pavimentos são os veículos comerciais rodoviários (caminhões e ônibus), haja vista que os danos causados pelos veículos leves são insignificantes às estruturas se comparados aos demais. Partindo do conceito que os efeitos destrutivos ocasionados ao longo do tempo, por diferentes veículos, são desiguais, é realizado um comparativo entre veículos, que é a equivalência entre cargas de veículos. Com isso o eixo simples com de rodas duplas (ESRD) com 80 KN sobre si, foi estabelecido como padrão pela AASHO Road Test (BALBO, 2007).

### 2.3 Revestimento asfáltico

O revestimento asfáltico é a camada superior e tem como funções: resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento – (conforto e segurança). A constituição do revestimento asfáltico é feita por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais: por mistura ou por penetração (BERNUCCI et al., 2006).

Um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem é o asfalto. Os seguintes conceitos são empregados com referência ao material:

- **Betume:** normalmente é definido como uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono;
- **Asfalto:** mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo, de forma natural ou por destilação, sendo o betume seu principal componente, podendo conter ainda outros materiais, como oxigênio, nitrogênio e enxofre, em pequena proporção (BERNUCCI et al., 2006).

### **2.3.1 Tipos de revestimentos asfálticos**

De um modo geral, nos pavimentos do Brasil, são usados como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, que podem variar também quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, estabilidade, flexibilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o tráfego previsto e o clima do local. A fabricação do material de revestimento pode ser feita em usina específica – (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou ainda pode ser preparado na própria pista– (tratamentos superficiais) (BERNUCCI et al., 2006).

Para a escolha do tipo de revestimento a ser utilizado é realizado um estudo econômico e técnico. Nos serviços de alto padrão como as rodovias principais têm-se utilizado concreto asfáltico como revestimento, para rodovias secundárias tem sido utilizado pré-misturado a frio, ou tratamento superficial duplo, ou triplo, e também concreto asfáltico. Por outro lado, para serviços em estradas vicinais vêm sendo usado os tratamentos superficiais (SOUZA, 2004).

### **2.3.2 Misturas usinadas**

Em uma usina estacionária, e transportada posteriormente por caminhão para a pista, é realizada a mistura de agregados e ligantes. Logo após, essa mistura é lançada pela vibroacabadora, equipamento apropriado. Na sequência, é realizada a compactação, até que se atinja um grau de compressão que resulte num arranjo estrutural estável e resistente, tanto às deformações elásticas repetidas da passagem do tráfego quanto às deformações permanentes. O concreto asfáltico (CA) também conhecido como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é um dos tipos mais utilizados no Brasil.

As misturas asfálticas a quente são divididas em grupos específicos em função da granulometria dos agregados. O CBUQ pode ser considerado a mais comum mistura asfáltica a quente empregada no país, seja pelos processos de controle exigidos para sua execução, em usina ou pista, seja pelos materiais empregados em sua fabricação. É definida como a mistura proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, sendo ambos aquecidos a temperaturas previamente escolhidas, em função da temperatura do ligante e

características de viscosidade. Os pré-misturados a frio, são feitos em usinas estacionárias próprias em que as emulsões asfálticas são usadas como ligante para envolver os agregados. No Brasil além de ser utilizado como camadas de pavimento, são frequentes suas aplicações para serviços de manutenção em vias urbanas e mesmo em rodovia (tapa-buracos) (BERNUCCI et al., 2006; BALBO, 2007; ROCHA, 2010).

### **2.3.3 Misturas *in situ* em usinas móveis**

As misturas *in situ* são processadas em usinas móveis especiais que realizam a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento, são utilizadas principalmente em casos de selagem de fissuras e restauração de algumas características funcionais. A lama asfáltica e o microrrevestimento são exemplos dessas misturas relativamente fluídas. A lama asfáltica têm sua espessura em torno de 5 mm e caracterizam-se por ser misturas bastante fluídas de agregados miúdos, material de enchimento e ligante asfáltico, com granulometria 100% de pó-de-pedra. Os microrrevestimentos asfálticos tem suas espessuras variando de 8 a 20 mm e, podem ser definidos como argamassas pré-misturadas, que tem em sua composição cerca de 40% de pedrisco, sendo elaborados normalmente com emulsões de asfalto modificados com polímeros. Tanto a lama asfáltica como o microrrevestimento, podem ser utilizados como camada final de pavimentos revestidos com tratamentos superficiais, por possuírem funções impermeabilizante e aderente (pneu-pavimento) (BERNUCCI et al., 2006; BALBO, 2007).

A lama asfáltica além de promover a impermeabilização do pavimento, sela fissuras em grandes quantidades, corrige pequenas irregularidades superficiais, aumenta a resistência para velocidades abaixo dos 65 km/h e produz uma superfície resistente ao desgaste, sendo indicada para vias públicas com tráfego leve ou médio. O microrrevestimento protege as camadas inferiores e de reperfilagem, além de aumentar o atrito e é indicada para rodovias e vias públicas com tráfego médio ou pesado (FIGUEIREDO, 2010).

### **2.3.4 Misturas asfálticas recicladas**

É o processo de reutilização de misturas asfálticas deterioradas e envelhecidas para produção de novas misturas, sendo aproveitados os agregados e

ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de agentes rejuvenescedores, espuma de asfalto, Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP), quando necessários, e também com adição de aglomerantes hidráulicos. A operação de corte, por uso de máquinas especiais, de todo o revestimento asfáltico ou de uma parte deste, em um trecho da via ou até englobando outra camada do pavimento é a fresagem e funciona como forma de restauração a qualidade ao rolamento da superfície, ou ainda como melhoria da capacidade de suporte (BERNUCCI et al., 2006).

### **2.3.5 Tratamentos superficiais**

Entende-se por tratamento superficial um revestimento flexível de espessura delgada, executado por espalhamento sucessivo de ligante asfáltico, em operação simples ou múltipla (TSD ou TST).

Conforme o número de camadas sucessivas de ligantes e agregados, são classificados em:

- TSS – Tratamento superficial simples
- TSD – Tratamento superficial duplo
- TST – Tratamento superficial triplo

Nos tratamentos múltiplos, em geral, a primeira camada é de agregados de tamanhos maiores que vão diminuindo à medida que constituem nova camada. O tratamento superficial é uma solução que vem sendo utilizada há décadas no país, para revestimentos de pavimentos novos, sobre base granular, de solo ou estabilizada, e que tem apresentado alto índice de sucesso (BERNUCCI et al., 2006).

Para o tratamento superficial duplo (T.S.D.) o revestimento é constituído de duas aplicações de material betuminoso, cobertas cada uma com agregado (a qual é compactada). Entre a primeira e segunda camada também se faz a varredura dos agregados soltos (isto caso não haja tráfego de veículo; caso contrário, deverá ser efetuada imediatamente a limpeza de forma suave).

O tratamento superficial triplo (T.S.T.) é semelhante ao T.S.D., exceto que no T.S.T. temos 3 camadas, uma a mais que o T.S.D. que possui 2 camadas (SILVA, 2008).

## **2.4 Cimento asfáltico de petróleo (CAP)**

O CAP se caracteriza por ser um produto semi-sólido a temperaturas baixas, líquido a altas temperaturas e viscoelástico à temperatura ambiente, e que se enquadra em limites de consistência para determinadas temperaturas que são estabelecidas em especificações mediante a ensaios. Os CAPs quanto a consistência dividem-se em 4 grupos: CAP 30 - 45 ; CAP 50 - 70; CAP 85 - 100 e CAP 150 - 200, sendo os números referidos ao ensaio de consistência (penetração) que é realizado (BERNUCCI et al., 2006).

O CAP apresenta como vantagem a seu uso, propriedades como flexibilidade, insolúvel à água, relativa durabilidade e grande resistência à maior parte dos ácidos. Os CAPs podem ser obtidos através de processos de refinamento do petróleo cru, para as finalidades específicas de pavimentação, ou ainda para outras aplicações (BALBO, 2007).

## **2.5 Índice de gravidade global (IGG)**

O IGG é um índice combinado de falhas, derivado do "Severity Index" utilizado no Canadá pelo "Saskatchewan Department of Highways and Transportation", e que fora adaptado pelo Engenheiro Armando Martins Pereira, levando em conta as condições de pavimentos brasileiros. O IGG é usado como um indicador das condições do pavimento, e muito útil para a tomada de decisões às necessárias intervenções de restauração. Para um determinado trecho homogêneo de pavimento, o IGG permite classifica-lo, em função da incidência de defeitos de superfície (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

O IGG reflete as condições do estado superficial dos pavimentos, porém não é determinado para toda a área da pista, e sim de forma amostral para algumas estações com área e distanciamento entre elas arbitrados pela especificação do DNIT. A norma 006/2003 – PRO com a atribuição do IGG estabelece um método de levantamento sistemático de defeitos, que poderá ser empregado em projetos de reforço, sendo que esta norma do DNIT 006/2003 foi revisada em substituição à DNER – PRO 08/1994 e veio a estabelecer um novo critério ou novas faixas de qualidade do segmento com base no valor do IGG (BERNUCCI et al., 2006).

## 2.6 Serventia

A Serventia, em seu sentido mais amplo, considera como uma das finalidades dos pavimentos a segurança do usuário, contudo, a forma de medida dessa condição de ruptura, ou seja, a medida de Serventia, não permite, nem ao menos implicitamente, que sejam consideradas as condições de aderência entre pneu e pavimento. A perda de serventia está relacionada a processos de degradação estrutural dos pavimentos, que ocorrem de maneira progressiva em função da ocorrência de infiltração de água, bombeamento de finos, perda de resistência, desenvolvimento de fissuras e, por fim, da degradação do revestimento asfáltico (perda de material ou deformações plásticas excessivas). O clima contribui para a aceleração da deterioração do pavimento, já que a água da chuva pode provocar redução na capacidade de suporte (BALBO, 2007; ROCHA, 2010).

Nos EUA, é denominada *Present servicenbility ratio* (PSR) a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento, correspondendo no Brasil ao valor de serventia atual (VSA). O valor de serventia atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala que varia de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Em geral, o VSA logo após a construção do pavimento é elevado, quando bem executado, pois este exhibe uma superfície suave, praticamente sem apresentar irregularidades.

A condição de perfeição, sem qualquer irregularidade (VSA=5), na prática não é encontrada. A serventia é prejudicada pelos seguintes elementos: irregularidade longitudinal (QI); afundamentos em trilha de roda (A.T.R); Fissura/Remendo. Quando a serventia atingir um valor baixo na escala de 0 a 5 devem ser feitas manutenções corretivas e com isso o valor de serventia eleva-se novamente (BERNUCCI et al., 2006; SILVA, 2008; ROCHA, 2010).

## 2.7 Índice de suporte californiano (ISC) ou *califórnia bearing ratio* (CBR)

Em 1929, foi criado o ensaio que seria designado *California Bearing Ratio* (CBR) como alternativa de teste para, em laboratório, simular as condições observadas em campo, fossem de massa específica após a compactação, de carregamento ou de umidade. O critério do CBR é atribuído ao engenheiro O.J.Porter, do *California Division of Highways* (CDH), tendo sido este o primeiro método de dimensionamento de pavimentos flexíveis criado sobre bases

estritamente empíricas, com considerável número de avaliações experimentais e laboratoriais. O avanço para a consolidação do critério do CBR como método de projeto de pavimentos flexíveis (métodos para pavimentos de concreto encontravam-se em pleno uso desde o início da década de 1920) foi causado necessidade de aeroportos militares durante a segunda guerra mundial, em especial nas ilhas do Pacífico. O critério do CBR é muito empregado por agências federais, estaduais e municipais no Brasil, com pequenas variações (BALBO, 2007).

O ensaio CBR consiste em uma relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão em um corpo de prova de solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita graduada de alta resistência mecânica, adotada como padrão de referência. Foi concebido, para que fosse avaliada a resistência do material frente a deslocamentos significativos, sendo obtida por meio de ensaio penetrométrico, em laboratório (BERNUCCI et al., 2006; MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

## **2.8 Drenagem de pavimentos**

A drenagem de uma rodovia pode ser descrita como um conjunto de ações e dispositivos destinados a encaminhar e/ou impedir os excessos das águas que são provenientes tanto do escoamento superficial como do escoamento do lençol freático, para proteger o corpo estradal, o meio ambiente e garantir que a vida útil estipulada no projeto da rodovia seja atingida. Uma drenagem bem feita auxilia na longevidade do pavimento e no aumento da segurança. A água pode trazer vários danos como: diminuição da capacidade de suporte das camadas de pavimento; bombeamento de finos; rupturas. Tem de se evitar, que a água penetre no interior do pavimento, quer seja pelas fissuras, infiltração ou por capilaridade. Se a água penetrar no mesmo, fará com que haja o amolecimento das camadas e com isso pode diminuir a capacidade de resistir aos esforços gerados pelo tráfego (SILVA, 2008).

Uma drenagem ineficaz, que permite o acúmulo de água sobre a pista, acaba favorecendo a infiltração de água para as camadas subjacentes do pavimento, o que pode vir a prejudicar o seu desempenho estrutural. Em determinadas situações, pode prejudicar as condições de segurança oferecidas aos usuários, favorecendo a aquaplanagem e até mesmo as derrapagens. Uma rodovia não será estável se não for convenientemente drenada, por este motivo é imprescindível à verificação da

presença da água nas camadas inferiores na construção e conservação da rodovia em questão (LEE, 2005; SOUZA, 2004).

Na grande maioria, os materiais empregados em pavimentação, têm o seu comportamento afetado por variações no seu teor de umidade. Os solos argilosos tornam-se escorregadios e oferecem difíceis condições de trânsito; ocorrem os escorregamentos de taludes após chuvas intensas ou prolongadas, mas por outro lado, as areias são mais estáveis quando inteiramente secas. A drenagem tem a intenção de evitar que os materiais que constituem o pavimento e do subleito sofram grandes variações de teor de umidade e por consequência de volume e capacidade de suporte, durante o período de serviço (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

São três os sistemas de drenagem, sendo eles: drenagem superficial, drenagem subsuperficial e drenagem profunda (SILVA, 2008).

## **2.9 Deterioração dos pavimentos asfálticos**

Os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período. Durante cada um desses períodos, o pavimento inicia uma condição ótima, até que alcance uma condição ruim. A perda ou decréscimo da condição do pavimento, ao longo do tempo é conhecido como deterioração do pavimento. O entendimento dos mecanismos que regem o processo de deterioração de um pavimento é essencial para que seja feita a identificação das causas que o levaram a sua condição atual, bem como para a escolha e programação da técnica que venha a ser a mais adequada para sua restauração (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Um pavimento flexível ao longo da sua vida apresenta uma evolução que, se traduz no aparecimento de uma grande diversidade de degradações, que contribuem para uma contínua redução da qualidade do pavimento (BRANCO et al., 2006).

## **2.10 Irregularidade longitudinal**

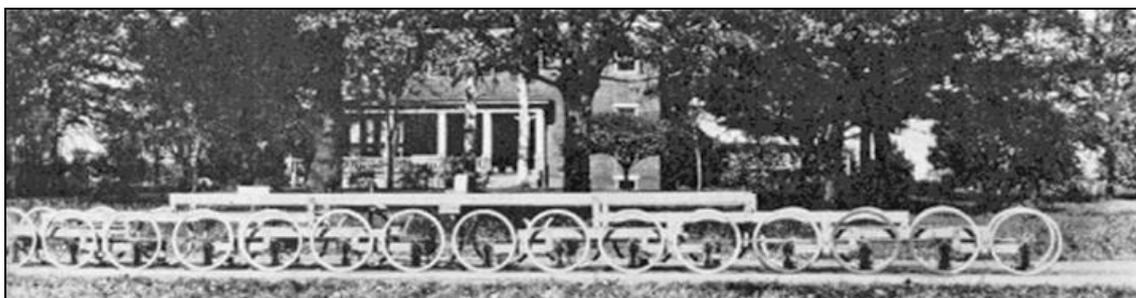
É definido como a soma dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a qualidade da via, o efeito dinâmico das cargas, a dinâmica do veículo e a drenagem superficial da via. Para a medida da irregularidade, há um índice internacional conhecido como IRI (índice de irregularidade internacional), expresso em mm/km é um índice

estático, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto (BERNUCCI et al., 2006).

A irregularidade longitudinal acelera a deterioração da estrutura do pavimento, uma vez que aumenta a ação das cargas dinâmicas dos veículos sobre a superfície do pavimento. A irregularidade também afeta negativamente a drenagem da superfície do pavimento, com a formação de poças d'água prejudicando a segurança e o desempenho desta. A dinâmica dos veículos em movimento também é afetada pela irregularidade longitudinal, com isto tem grande influência no custo operacional dos veículos. Assim sendo, a irregularidade longitudinal é parâmetro básico e referencial para atividades de programação, planejamento e elaboração de projetos referentes à manutenção dos pavimentos (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

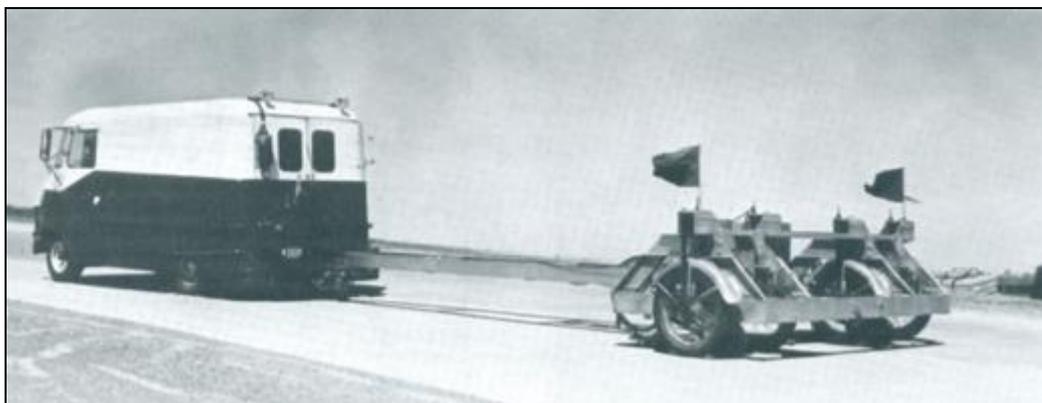
O perfilógrafo (Figura 2), com a finalidade de quantificar a qualidade de rolamento do pavimento, foi um dos primeiros equipamentos norte-americanos, criado na década de 1920, sendo utilizado no departamento de transporte de Ilínois, e operava à baixa velocidade. Outro exemplo muito conhecido, que também operava com baixa velocidade, é o perfilômetro (Figura 3) do Departamento da Califórnia, criado em 1958. A irregularidade longitudinal pode ser levantada por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, com medidas topográficas, ou ainda por equipamentos do tipo-resposta. Apesar dos diferentes equipamentos para medição da irregularidade, dependendo do tipo e princípio utilizado para o levantamento, as classificações mais empregadas são: avaliação direta e avaliação indireta (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 2 – Perfilógrafo do departamento de transportes de Ilínois (1962)



Fonte: Carey apud Bernucci (2006, p.409)

Figura 3 – Perfilômetro da AASHO empregado inicialmente na avaliação de suas pistas experimentais (1962)



Fonte: Carey apud Bernucci (2006, p. 409)

## 2.11 Medidas de deflexões

Além de determinarmos os tipos, as espessuras e condições das camadas, que trazem diversas informações estruturais, também se faz necessária a determinação da capacidade estrutural do pavimento, o que é feito através de provas de carga. São dois os equipamentos que são amplamente utilizados no Brasil e no mundo para esta finalidade: a viga de Benkelman e o FWD. Esses equipamentos são capazes de medir os deslocamentos verticais sofridos na superfície de um pavimento quando submetido a um carregamento (BALBO, 2007).

### 2.11.1 Viga de Benkelman

Do ponto de vista prático e experimental, foi apresentado em 1953 um equipamento, baseado no princípio de funcionamento de um braço de alavanca, que mede as deformações (deflexões) em pavimentos, quando estes fossem submetidos a cargas oriundas de eixo de caminhão.

O engenheiro A.C.Benkelman, criou este equipamento que mais tarde recebeu o nome de seu idealizador. A utilização da viga de Benkelman (Figura 4) para avaliar a capacidade estrutural dos pavimentos foi disseminada por todos os continentes, sendo ainda nos dias de hoje um instrumento muito empregado. A viga de Benkelman é o equipamento de medida de deflexões mais difundido no Brasil.

Tamanho a importância deste que as normas vigentes no país para projetos de restauração de rodovias têm seus modelos de cálculo fundamentados em padrões de deflexão medida com este equipamento (BALBO, 2007).

A viga de Benkelman é um equipamento que se destina a medir a deflexão de um pavimento, quando sobre este se aplica uma carga quase estática através de um pneu de caminhão, com a seguinte constituição:

- **Uma base**, composta por uma estrutura metálica rígida, a qual se apoia no pavimento através de dois pés, mantendo-se fixa durante o ensaio;
- **Uma viga**, que roda em torno de um eixo solidário com a base e que se apoia no pavimento por uma das extremidades (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 4 – Medida com viga Benkelman em campo



Fonte: Bernucci (2006, p.447)

### 2.11.2 Defletômetro de impacto (*Falling weight deflectometer – FWD*)

O defletômetro de impacto é um equipamento que se destina a avaliar a capacidade estrutural de um pavimento através da medição da sua resposta a uma carga de impacto. O equipamento realiza também a medição da temperatura da superfície do pavimento, a qual é essencial para a interpretação correta dos resultados, com vista à análise do comportamento do pavimento (BRANCO et al., 2006).

O FWD (Figura 5) pode ser definido como um equipamento concebido a partir de conceitos antigamente desenvolvidos para testes geofísicos, sendo um ensaio no qual uma carga dinâmica, é aplicada instantaneamente por impacto sobre uma placa de dimensões conhecidas, simulando a aplicação de carga de um par de rodas de caminhão. Como se trata de um teste dinâmico e rápido de aplicação de carga, durante sua realização, a condição de mobilização de parcelas de deformação viscoelásticas nos materiais são reduzidas (BALBO, 2007).

Figura 5 – Vista geral do FWD Dynatest



Fonte: Bernucci (2006, p.451)

## 2.12 Patologias em pavimentos com comportamento flexível

Com relação às patologias em pavimentos com revestimento asfáltico, elas podem ser classificadas como:

- Deformações de superfície (corrugações e afundamentos);
- Defeitos de superfície (exsudação de asfalto e desgaste);
- Panela;
- Remendo;
- Escorregamento do revestimento betuminoso;
- Trincas e fissuras (fendas).

a) Deformações de superfície

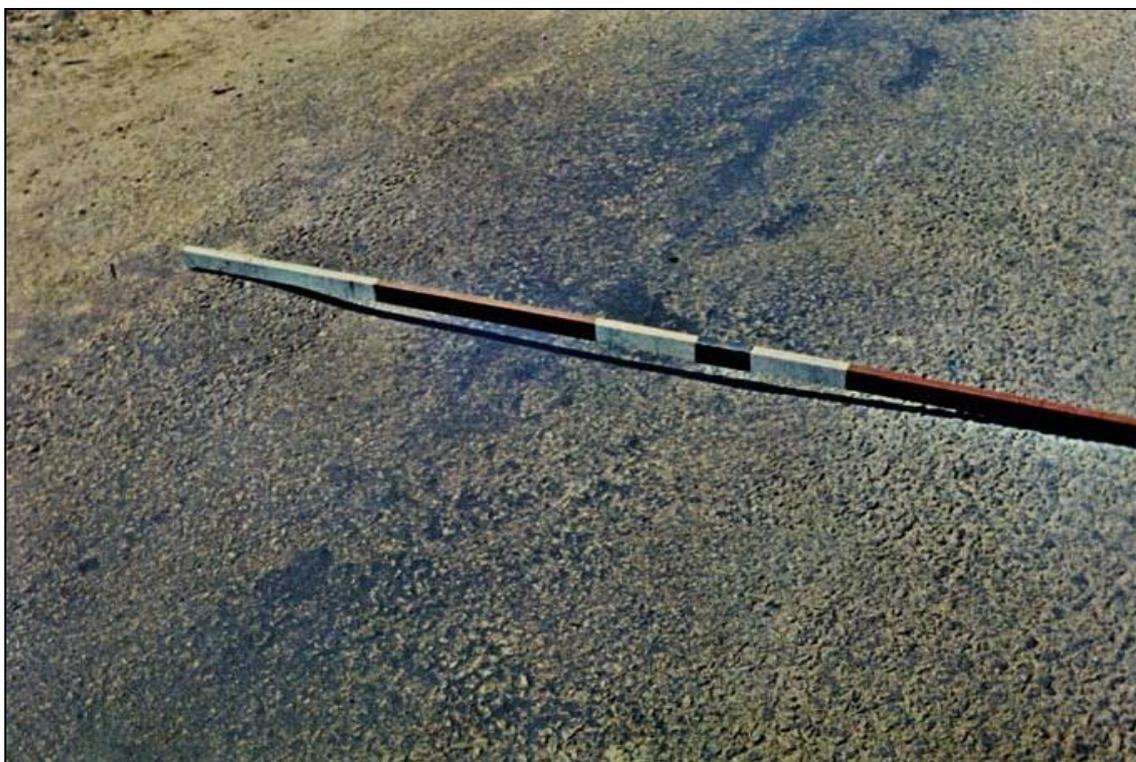
Os afundamentos e as corrugações são os tipos de deformações de superfície.

a.1) Afundamento – Os afundamentos são consideradas deformações plásticas (ou permanentes), caracterizados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e podem ser plásticos ou de consolidação. A causa desta deformação é a ação repetida da passagem das cargas de roda dos pneus e o fluxo canalizado dos veículos comerciais (SILVA, 2008).

Caso os afundamentos ocorram com extensões até 6m são chamados de afundamentos locais, como é visto na Figura 6. Quando ocorrem com extensões contínuas maiores que 6m são chamados de afundamentos de trilhas de roda (Figura 7) (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Os afundamentos são defeitos muito importantes, derivados de deformações permanentes advindas do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito (BERNUCCI et al., 2006).

Figura 6 – Afundamento local



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.8)

Figura 7 – Afundamento de trilha de roda



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.8)

a.2) Corrugação – As corrugações são conhecidas como ondulações transversais ao eixo da via (várias ondulações em intervalos menores de 3 m), devido à má execução (base instável), excesso de asfalto (baixa resistência da massa asfáltica) ou finos. As corrugações, demonstradas na Figura 8, estão relacionadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos nas áreas submetidas à frenagem e aceleração. É comum o aparecimento das corrugações em subidas, rampas, curvas e intersecções (SILVA, 2008).

A ondulação/corrugação pode ser causada por:

- instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento;
- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos;
- retenção de água na mistura asfáltica.

(MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 8 – Ondulação



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.9)

#### b) Defeitos de Superfície

Os defeitos de superfície podem ser: a exsudação do asfalto, o desgaste, às panelas, o escorregamento do revestimento betuminoso e as fendas e fissuras.

b.1) Exsudação de asfalto – No calor ocorre a dilatação do asfalto e não havendo espaço para ele ocupar, devido principalmente a um baixo volume de vazios ou excesso de ligante (problema na massa asfáltica), o mesmo exsudará através do revestimento e ter-se-á uma superfície (normalmente na trilha de roda) que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso. Graças também ao calor, o asfalto diminui sua viscosidade e o agregado penetra dentro dele (SILVA, 2008).

É ocasionada com a formação de uma película ou filme de material betuminoso na superfície do pavimento e se caracteriza por manchas de variadas dimensões. Estas manchas que resultam comprometem seriamente a aderência do revestimento aos pneumáticos, principalmente sob tempo chuvoso, caracterizando um sério problema funcional. A exsudação, que pode ser vista na Figura 9, é mais severa nas trilhas de roda, porém pode se manifestar em qualquer região da superfície do pavimento (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 9 – Exsudação de asfalto



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.10)

#### b.2) Desgaste

O desgaste superficial (Figura 10) pode ser classificado como a associação do tráfego com o intemperismo. No limite poderemos ter uma superfície polida, que pode comprometer a segurança à derrapagem. O desgaste superficial tem no arrancamento progressivo dos agregados seu estágio avançado. O desgaste é caracterizado pela aspereza superficial. (SILVA, 2008).

Quando há perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico tem-se o desgaste, e pode ocorrer em toda a área da superfície do pavimento (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 10 – Desgaste



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.11)

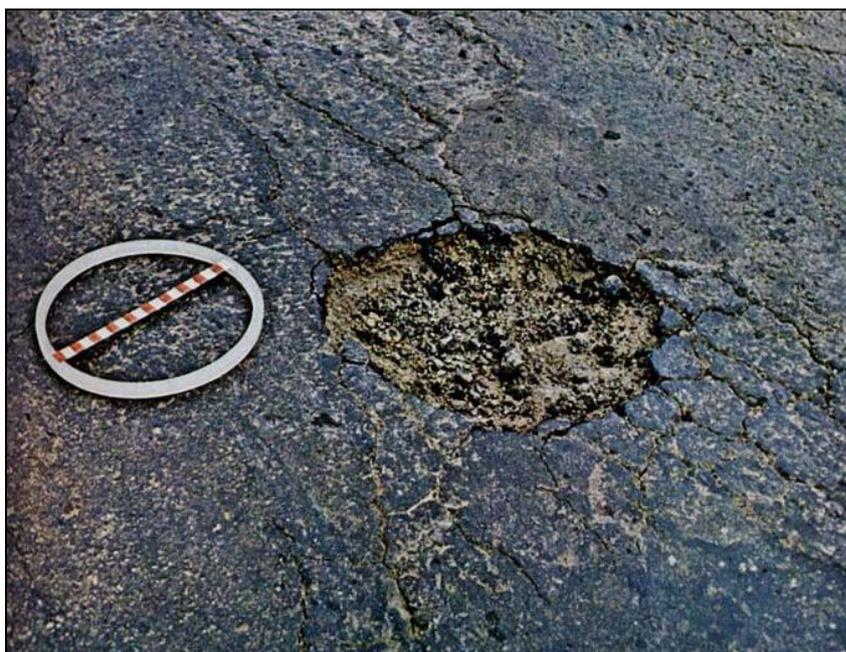
### c) Panela

A cavidade ou buraco que se forma no revestimento e pode atingir a base é conhecida como panela. Quando acontece a evolução das trincas, afundamentos ou desgaste têm-se os buracos. A água é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, e com isto aumentará os afundamentos em trilha de roda. O acúmulo de água de chuva nas trincas superficiais, existentes na camada asfáltica, leva a uma degradação mais rápida do revestimento, o qual é conhecido como *Stripping*. Por causa da estação chuvosa, durante os meses de dezembro a março, há uma tendência de se formarem mais buracos nas ruas e rodovias. Para que possa corrigir este defeito é executado remendo de superfície ou profundo (SILVA, 2008).

A panela, vista na Figura 11, pode ser caracterizada como uma cavidade no revestimento asfáltico que pode ou não atingir camadas subjacentes. Este defeito é muito grave, pois afeta a estrutura do pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. É considerado grave também do ponto de vista funcional, uma vez que afeta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego, e o custo do transporte. Tanto o início, quanto a evolução

dessa falha são aceleradas pela ação do tráfego e de fatores climáticos. As panelas podem ocorrer em qualquer área do revestimento, em especial nas trilhas de roda (BERNUCCI et al., 2006; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

Figura 11 – Panela/buraco



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.11)

#### d) Remendo

Quando o defeito conhecido como panela é preenchido com uma ou mais camadas de pavimento na operação chamada “tapa-buraco”, tem-se o remendo. Quando há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, dá-se o nome de remendo profundo. O remendo superficial é a correção, em determinada área, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa. Na maioria dos casos, o remendo, compromete a funcionalidade do pavimento por causar desconforto ao usuário, além de representar um ponto de maior suscetibilidade à deterioração (BERNUCCI et al., 2006; SOUZA, 2004).

#### e) Escorregamento do revestimento betuminoso

Este defeito consiste no deslocamento do revestimento em relação à base, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, como pode ser visto na Figura 12. A trinca em forma de meia-lua ocorre devido à falta de aderência (falta de limpeza) entre a camada de revestimento e a camada subjacente, ou a massa asfáltica tem baixa resistência. As principais zonas onde há o aparecimento dos defeitos são as áreas de frenagem e de intersecções, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou sua deformação (baixa resistência) (SILVA, 2008).

Figura 12 – Escorregamento de revestimento betuminoso



Fonte: Bernucci (2006,pg.420)

#### f) Fendas: fissura e trinca

As fendas podem ser classificadas como fissuras ou trincas. As fissuras são as fendas de pequena abertura. As discontinuidades com largura superior às fissuras, que são visíveis a distâncias inferiores a 1,5 m, são as trincas. No revestimento as trincas podem ser devido à fadiga ou não. A fadiga está relacionada com a repetição da passagem de carga dos veículos comerciais. Os automóveis não causam problemas estruturais ao pavimento, mas tem responsabilidade na redução do atrito, o que pode causar acidentes.

As trincas em que a fadiga é a responsável podem ser dos tipos: isoladas (trincas transversais e longitudinais), ou interligadas (couro de jacaré).

Segundo consta no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos são chamadas de fendas as discontinuidades na superfície do pavimento que podem assumir a feição de fissuras, trincas isoladas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou tipo bloco.

Fendas Classes 1 (FC-1): são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1mm.

Fendas Classe 2 (FC-2): são trincas com abertura superior a 1mm e sem erosão nas bordas.

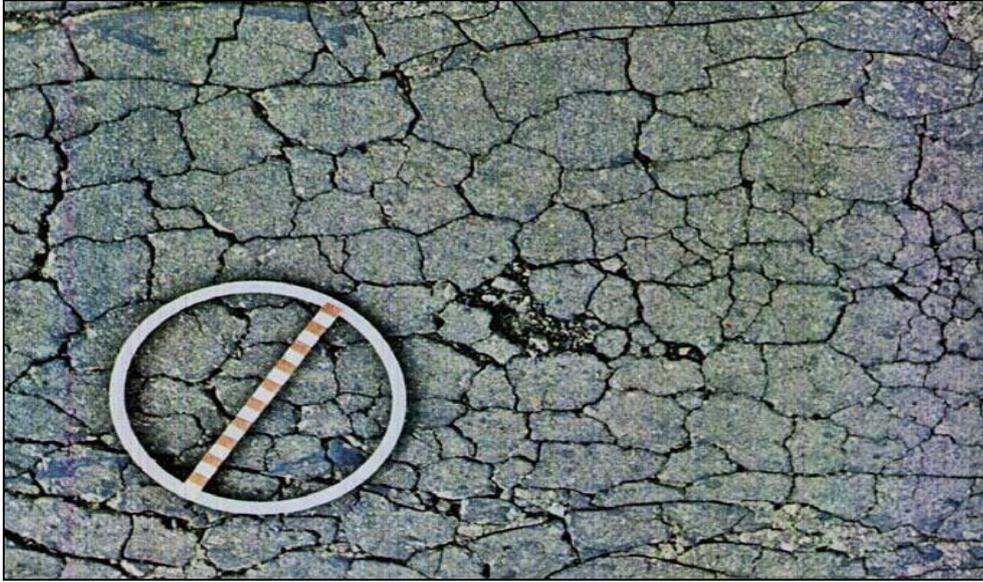
Fendas Classes 3 (FC-3): são trincas com abertura superior a 1mm e com erosão nas bordas.

As fendas são causadas normalmente pelos seguintes fatores:

- Tráfego atuante que pelo ciclo de carregamento e alívio promove tensões de tração na fibra interior do revestimento;
- Alternância da mudança diária de temperatura que causa contrações no revestimento existente;
- Reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo-cimento) (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

A seguir são mostrados diversos tipos de trincas que podem ser encontrados ao longo de um trecho de uma rodovia/via urbana (Figuras 13,14,15 e 16).

Figura 13 – Trinca Interligada Tipo Jacaré



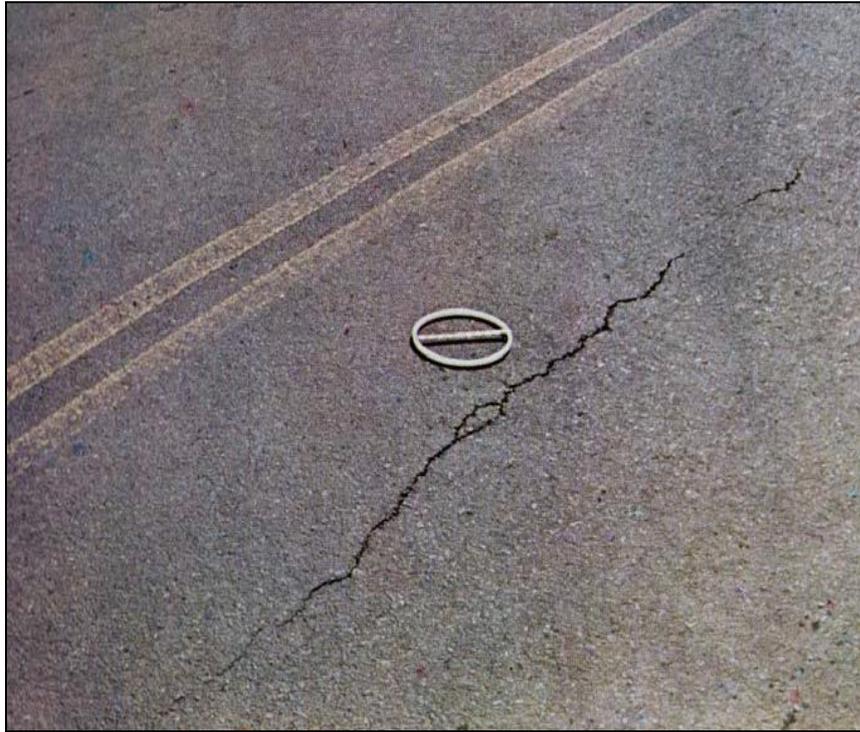
Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.7)

Figura 14 – Trinca Isolada Transversal



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.6)

Figura 15 – Trinca Isolada Longitudinal



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.6)

Figura 16 – Trinca Interligada Tipo Bloco



Fonte: NORMA 005 – TER (DNIT, 2003,p.7)

### 2.13 Manutenção de rodovia

A manutenção compreende um processo sistemático que, de forma contínua, deve ser submetida uma rodovia, no sentido de que essa, em conformidade com

suas funções e magnitude de tráfego, venha a oferecer ao usuário, de forma permanente, um tráfego econômico, confortável e seguro, em concordância com competentes normas de otimização técnico-econômica do custo total de transporte (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

A manutenção do pavimento é o conjunto de operações desenvolvidas com objetivo de manter ou aumentar as características gerais de desempenho – (segurança, conforto e economia do pavimento) considerando de forma global todos os componentes da rodovia tais como: pavimento, terraplanagem, drenagem, sinalização, entre outros (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

A estação do ano em que se fará o reparo é muito importante para o sucesso do mesmo. Sendo assim, sugere-se:

- Selagem de trinca: período frio (fresco) e seco (meses de junho, julho e agosto);
- Remendos e recapeamentos: período quente e seco (meses de abril e maio);
- Camadas de selamento: período quente e seco (meses de abril e maio) (SILVA, 2008).

### **2.13.1 Procedimentos e técnicas de recuperação**

Para a correta definição de alternativas de recuperação é necessário estudar a condição do pavimento existente e quais tipos de patologia a estrutura apresenta (COSTA, 2010).

#### **2.13.1.1 Preparo Total de Revestimento Asfáltico**

Estabelecer a metodologia de reparo de patologias estruturais ou somente na camada asfáltica é a finalidade deste procedimento, que consiste na remoção da camada asfáltica e pode incluir a substituição da base e sub-base (dependendo do diagnóstico).

As patologias para qual o procedimento é mais utilizado são: fissuras em forma de couro de jacaré, A.T.R., corrugações e escorregamento de massa (SILVA, 2008).

### **2.13.1.2 Selagem de fissura em revestimento asfáltico**

O procedimento estabelece a metodologia de selagem ou reselagem de fissuras em revestimento asfáltico. A finalidade da selagem ou reselagem é evitar a penetração de água no pavimento. Funciona como uma medida preventiva, e deve ser utilizada quando o pavimento ainda estiver em boas condições.

As patologias para qual o procedimento se aplica são: trincas longitudinais e transversais (FC1) (SILVA, 2008).

### **2.14 Avaliação econômica**

A avaliação econômica é considerada a mais importante no critério de decisão quando da escolha da solução mais adequada entre várias alternativas de restauração. Para isso, são necessárias informações sobre custos ao longo do ciclo de vida do pavimento. Existe um grande grau de incerteza tanto em relação aos custos, quanto a deterioração dos pavimentos. Para eliminar tanto quanto possível essa incerteza, é preciso coletar dados de desempenho de restauração e armazená-los em um banco de dados, preferencialmente no sistema de gerência do órgão rodoviário (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 Elaboração de um diagnóstico de um pavimento

A determinação da causa do defeito no pavimento é essencial para o sucesso da manutenção. Para que o pavimento se mantenha tanto quanto possível próximo de sua condição inicial, quando da sua construção, sob condições de tráfego e temperatura, é realizada a manutenção do pavimento.

Para um pavimento flexível há dois tipos de manutenção:

- Manutenção preventiva. São exemplos desse tipo de manutenção: a selagem de trinca, manutenção da drenagem e camadas de selamento (microrrevestimento a frio, lama asfáltica, tratamentos superficiais, selamento com areia ou com emulsão);
- Manutenção corretiva. Como exemplos desse tipo de manutenção, temos: o remendo, os tratamentos superficiais e “*Overlay*” (com espessura inferior a 25 mm).

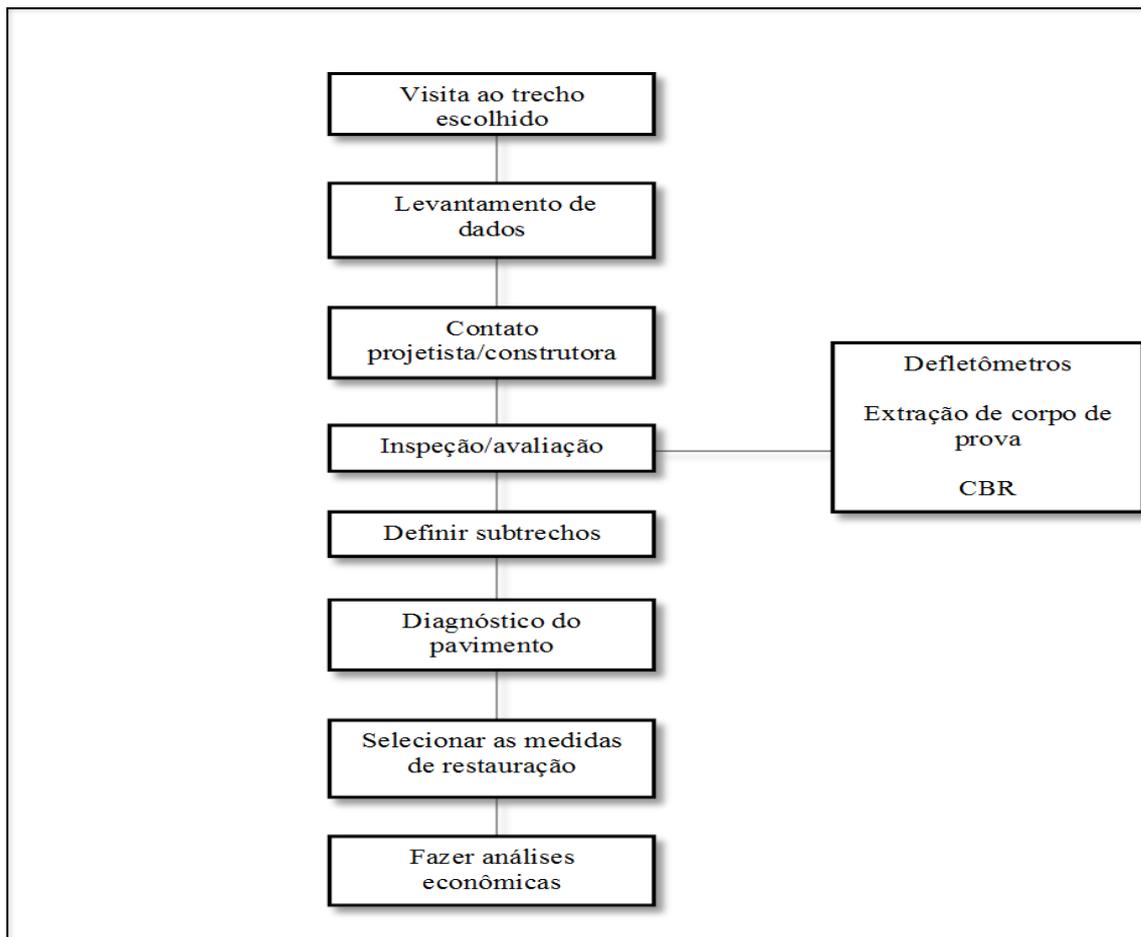
Para a elaboração do diagnóstico de um pavimento, é necessário percorrer algumas etapas (Figura 17) (SILVA, 2008). Inicialmente, para realizar a análise da via deve ser feita uma visita à obra para conhecer as patologias existentes. É realizado o levantamento dos dados disponíveis, bem como: idade, problemas construtivos, drenagem, clima, entre outros. Deve-se manter contato com projetista, a fim de obter qualquer informação que seja relevante, assim como deve ser feita uma inspeção para avaliação estrutural, funcional e de estado da superfície, com base na determinação do CBR in situ, e no caso de revestimentos asfálticos determina-se também as deflexões, com o uso da viga Benkelman e do defletômetro de impacto Falling weight deflectometer (F.W.D.), fazendo um levantamento dos defeitos encontrados.

Deve-se dividir a rodovia em estudo em subtrechos homogêneos (S.T.H.). Os S.T.H são definidos em função do Número N, da deflexão máxima, do Índice de gravidade global (IGG), do Quociente de irregularidade (Q.I) e das espessuras de cada camada. Os S.T.H. deverão ter no mínimo 200 m e no máximo 2 km. Para ser considerado S.T.H. terá de apresentar os parâmetros acima semelhantes. Para cada

S.T.H. é feito um diagnóstico. Os mecanismos de deterioração são esclarecidos no diagnóstico do pavimento.

São selecionadas as medidas de restauração e dimensionadas estruturalmente as alternativas. Por fim, são realizadas análises econômicas para escolha da alternativa mais viável (SILVA, 2008).

Figura 17 – Etapas para elaboração do diagnóstico de um pavimento



Fonte: Elaboração Própria

### 3.2 Método de avaliação proposto

Por meio de dados obtidos em livros, artigos técnicos, normas, publicações, estudos e situações reais de patologias – vivenciadas em vias urbanas e rurais –, este trabalho visou realizar um estudo de caso na cidade de Alegrete, para identificar as manifestações patológicas no pavimento flexível de determinadas vias, determinando as causas e soluções para os defeitos existentes.

Para o desenvolvimento desse trabalho, foram realizadas visitas técnicas aos locais determinados, com a finalidade de avaliar e identificar os defeitos do pavimento flexível, bem como coletar informações técnicas junto à prefeitura e usuários da via em questão.

A coleta de informações técnicas foi desenvolvida quando da escolha dos trechos do pavimento flexível a serem estudados e definição dos S.T.H.. Foram levantados dados da via, dados históricos, condições de tráfego e outras particularidades do trecho escolhido. Posteriormente realizou-se contato com o projetista responsável pelos trechos estudados, buscando informações sobre o pavimento, desde a técnica utilizada para aplicação do revestimento, traço utilizado e outras questões pertinentes.

Os defeitos, uma vez identificados, foram comparados por meio de imagens com outras bibliografias, chegando assim, as prováveis causas que levaram ao desenvolvimento das patologias encontradas no pavimento flexível. Uma vez conhecidas, as causas que levaram as patologias, foram definidas as melhores soluções para os trechos estudados.

No que diz respeito às condições de superfície do pavimento, foram realizados dois tipos de avaliações: Avaliação objetiva de superfície – Índice de Gravidade Global (IGG) e Avaliação subjetiva de superfície – Valor de Serventia Atual (VSA).

A quantificação dos defeitos do pavimento flexível foi realizada pelo método de visualização, a olho nu, percorrendo-se, toda sua extensão, a pé, registrando os dados sobre as patologias para cada uma das ruas e/ou avenidas em questão. Os quesitos da ficha onde foram registrados os dados são adaptados das normas DNIT 005/2003 – TER e 006/2003 – PRO.

### **3.2.1 Avaliação objetiva de superfície: IGG**

Para a obtenção do IGG, foi realizado o cálculo do Índice de Gravidade Individual (IGI), como pode ser visto na fórmula 3, que será apresentada posteriormente. Os fatores de ponderação envolvidos nesta fórmula são mostrados na Tabela 1.

A frequência absoluta (fa) pode ser descrita como o número de vezes que a patologia ocorre no trecho estudado, enquanto a frequência relativa (fr) é encontrada através da fórmula 1.

$$fr = \frac{fa \times 100}{n} \quad \dots(1)$$

Onde:

fr = frequência relativa

fa = frequência absoluta

n = número de estações inventariadas

$$IGI = fr \times fp \quad \dots(2)$$

Onde:

IGI = índice de gravidade individual

fr = frequência relativa

fp = fator de ponderação

Tabela 1 – Valor do Fator de Ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de Ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2003-TER	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	Afundamentos	0,9
5	Ondulação, Panela e Escorregamento	1,0
6	Exsudação	0,5
7	Desgaste	0,3
8	Remendo	0,6

Fonte: NORMA 006 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

Para determinadas situações em que uma estação apresentou tipo 1,2 e 3, para efeito de ponderação foi considerada apenas as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em porcentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); assim sendo, na ocorrência dos defeitos do tipo 1 e 2 em uma mesma estação, foram consideradas apenas as do tipo 2.

Para fins de ponderação do IGG, os defeitos foram agrupados em 8 categorias, como mostrado na Tabela 1. Os fatores de ponderação serviram de parâmetro para relacionar a severidade dos defeitos em relação aos demais, sendo que recebem um fator de ponderação maior os defeitos que mais prejudicam a qualidade de rolamento dos veículos. As panelas, ondulações e escorregamentos recebem um fator de ponderação maior, já as fissuras e trincas isoladas são os defeitos que possuem o fator de ponderação menor (BERNUCCI et al., 2006; ALMEIDA, 2011).

Para encontrar o valor do IGG, foi realizado o somatório dos IGI dos trechos (fórmula 3).

$$IGG = \sum IGI \quad \dots(3)$$

Onde:

$\sum IGI$  = somatório dos índices de gravidades individuais, que são calculados de acordo com o estabelecido anteriormente.

Para classificar o pavimento, foi utilizado o valor encontrado do IGG e conforme a Tabela 2 encontrou-se o conceito que define a condição do pavimento.

As fórmulas para obtenção do IGG são oriundas da NORMA DNIT 006/2003 – PRO.

Tabela 2 – Conceitos de Degradação do Pavimento em função do pavimento

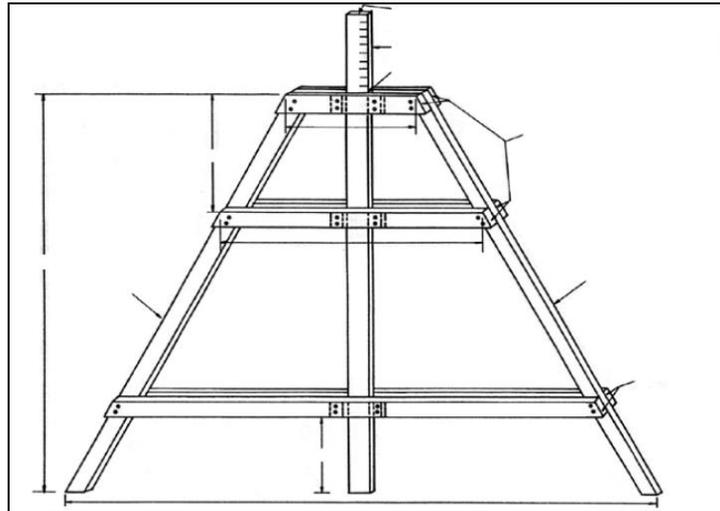
<b>Conceito</b>	<b>Limite</b>
Ótimo	$0 < IGG \leq 20$
Bom	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Ruim	$80 < IGG \leq 160$
Péssimo	$IGG > 160$

Fonte: NORMA 006 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

As recomendações contidas no DNIT 006/2003 que rege as condições exigíveis para a Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e

Semirrígidos foram sugeridas neste trabalho. No entanto, o instrumento utilizado para medição das trilhas de roda (Figura 18) não foi treliça padrão recomendada pelo DNIT, por questão de indisponibilidade do equipamento. Com isso, adaptou-se a pesquisa para a utilização, em conjunto, de uma régua e uma trena, caso se fizesse necessário sua utilização.

Figura 18: Treliça para medição de flechas da trilha de roda



Fonte: NORMA 006 – PRO (DNIT, 2003,p.6)

### 3.2.1.1 Levantamento de dados

O levantamento de dados foi realizado em campo e o cadastro destes dados em uma planilha elaborada para o caso em estudo, que pode ser vista no Apêndice A. Na planilha em questão, foram registradas as principais patologias encontradas no pavimento asfáltico. Os instrumentos que auxiliaram na medição das seções e localização das degradações foram: uma régua de 50 cm de comprimento, trenas de 7,5 m e 50 m, prancheta e caneta (Figura 19); um paquímetro para medição das fissuras; um giz e dois cones de sinalização obtidos junto à Guarda Municipal de Alegrete para demarcação do início e término das seções levantadas; além da utilização da máquina fotográfica para a ilustração das patologias.

Figura 19: Instrumentos utilizados para verificação das patologias

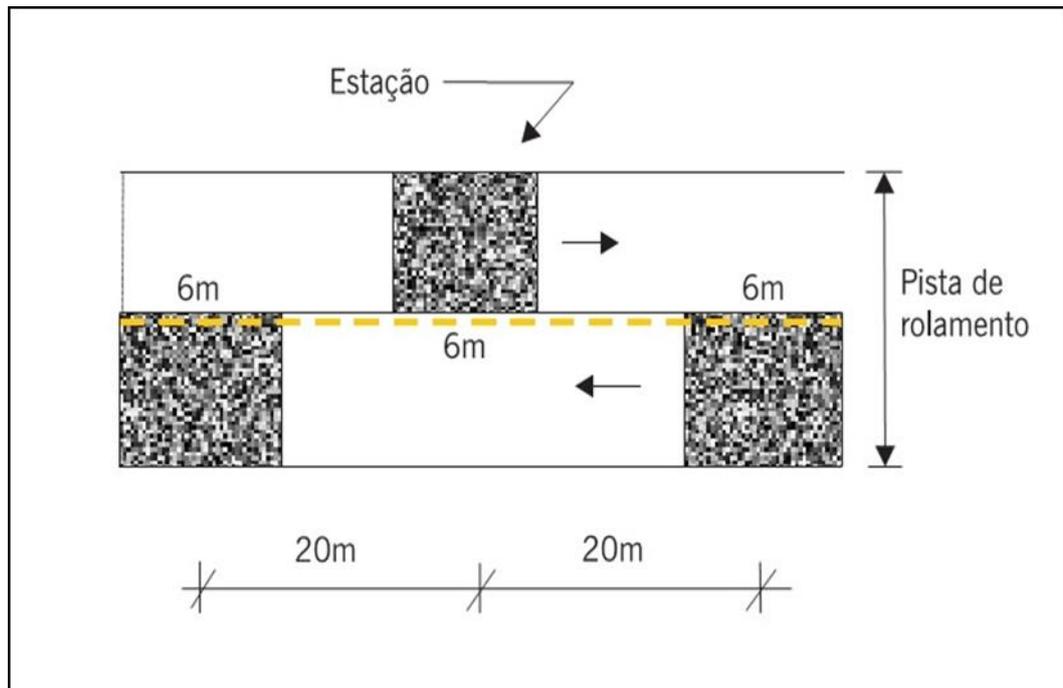


Fonte: Elaboração Própria

### 3.2.1.2 Critérios para coleta de dados

Estabeleceu-se para a coleta de dados um levantamento a cada 40 m de extensão nas vias que foram analisadas. Para pistas simples com duas faixas de tráfego, as estações foram inventariadas a cada 20 m, alternados entre faixa. A superfície avaliada era estabelecida 3 m antes e 3 m após cada uma das seções demarcadas, sendo assim cada estação possui uma área correspondente a 6 m de extensão e sua largura é igual a da faixa a ser avaliada. A Figura 20 exemplifica uma demarcação de áreas nas estações de pista simples com duas faixas de tráfego.

Figura 20 – Demarcação de áreas para inventário de patologias



Fonte: Bernucci (2006,p.425)

A coleta foi realizada nos dias: 28 de julho, 4 e 11 de agosto de 2013, a pé nos trechos determinados com inspeção visual e levantamento fotográfico, fazendo uso de instrumentos de medida. Essas coletas nas vias selecionadas foram realizadas aos domingos, por apresentar facilidade de levantamento e segurança, além de apresentar uma menor quantidade de veículos estacionados sobre remendo.

Algumas seções apresentaram comprimento inferior ao estipulado no trabalho, sendo assim, foram desconsideradas. A extensão total das vias escolhidas foi de 4,56 Km. Foram anotados e classificados os tipos de defeitos existentes no pavimento flexível previamente escolhido, porém não foi levado em conta o nível de severidade dos defeitos do tipo panela.

### 3.2.1.3 Seleção das vias

Foram analisados 4,56 Km de pavimentação asfáltica. As vias selecionadas para o estudo são vias de representatividade na zona urbana de Alegrete. No total 5 vias foram analisadas, sendo elas:

- Avenida Assis Brasil; via com tráfego de veículos alto, duas faixas de tráfego e possui linha de ônibus na via.

- Avenida Dr. Lauro Dornelles; via com tráfego de veículos médio, duas faixas de tráfego e possui linha de ônibus na via.
- Rua dos Andradas; via com tráfego de veículos alto, uma faixa de tráfego e sem presença de linha de ônibus na via.
- Rua Barão do Amazonas; via com tráfego de veículos médio, uma faixa de tráfego e possui linha de ônibus na via.
- Rua Bento Manoel; via com tráfego de veículos médio, duas faixas de tráfego e possui linha de ônibus na via.

Para a classificação do tráfego total, o critério utilizado foi o seguinte:

- a) Baixo: o tráfego máximo é de 150 veículos/hora;
- b) Médio: tráfego variando entre 150 veículos/hora e 300 veículos/hora;
- c) Alto: o tráfego é superior a 300 veículos/hora

(AZAMBUJA, 2009).

Sendo que para esta classificação, foi realizada uma média com as contagens realizadas, levando-se em conta os veículos leves (automóveis e camionetas) e os veículos pesados (ônibus e caminhões).

Com o número de vias já determinadas e os trechos escolhidos, foram realizadas algumas avaliações:

- a) Número N de contagens volumétricas classificatórias:

Verificou-se em visitas à prefeitura que essa não possui dados sobre o tráfego na zona urbana. As contagens do tráfego nas vias selecionadas foram realizadas no mês de julho, em dias úteis, ou seja, longe de feriados ou fins de semanas, para que o tráfego normal da via não fosse alterado. Todas essas contagens foram realizadas em quartas-feiras, nas vizinhanças das 9 e 18 horas, que para vias locais representam um dia normal de trabalho. O cadastro dos veículos foi realizado utilizando a Ficha de Contagem Volumétrica I (Anexo A) do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT, com as diferentes classificações atribuídas para cada tipo de veículo. No apêndice B se encontram as Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7 com as contagens volumétricas realizadas nas 5 vias analisadas.

Para as contagens necessárias os locais utilizados foram aqueles onde os veículos tinham que parar, no caso os semáforos ou sinais de parada obrigatória. A contagem de veículos em um projeto de reabilitação ou implantação de rodovia é realizada durante sete dias, 24 horas por dia, sendo assim na contagem manual a expansão sempre incorrerá em algum erro, pois os valores encontrados não terão a exatidão que teriam caso eles fossem observados em um período completo (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

Com isso optou-se por realizar as contagens em horários de pico, tais como: 08:00 às 09:00; 11:30 às 12:30; 17:30 às 18:30. Também foi realizada contagem em horários alternados no período da tarde e no período da noite, sendo estes: 14:30 às 15:30; 20:30 às 21:30.

Optou-se por incluir um horário à noite nas contagens volumétricas de tráfego, pelo fato do decreto nº 344/2013 ter entrado em vigor em julho de 2013. O decreto em questão muda o limite do peso bruto total (PBT) de 8,5 toneladas para 9,5 toneladas, como podemos ver na Figura (21) que mostra uma placa de sinalização, que estabelece a circulação dos veículos com variados PBTs situada em frente à Escola Estadual de Educação Básica Dr. Lauro Dornelles na Av. Tiaraju.

Os veículos entre 9,5 t e 16 t têm permitida sua circulação para carga e descarga das 6h à 9h e das 18h às 22h, de segunda à sexta-feira. As carretas e bitrens tem sua circulação proibida no centro de Alegrete, nos bairros é permitido o tráfego, porém em área delimitada. O fator principal para a mudança no decreto nº132/2013, que disciplinava o tráfego de caminhões e outros veículos de carga pesada foi à necessidade de adequar o PBT aos padrões atuais de fabricação de veículos de carga pesada.

Figura 21 – Placa com os horários para circulação dos variados PBTs



Fonte: Elaboração Própria

Junto à Guarda Municipal foi possível conseguir algumas informações referentes à evolução da frota veicular no município, do ano de 2012 até o presente ano, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Frota veicular de Alegrete

<b>Tipo</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Automóveis	15337	16171
Motocicletas	6636	6789
Camionetas	3559	3762
Caminhões	1054	1090
Reboques	845	876
Ônibus/Micro	267	263
Tratores em Geral	13	15
Outros	14	13
<b>TOTAL</b>	<b>27725</b>	<b>28979</b>

Fonte: Secretaria de Segurança e Cidadania de Alegrete

## b) Condições de drenagem das vias

- Verificação e inspeção em dias chuvosos do comportamento dos trechos estudados;

Foi realizada no dia 24 de agosto de 2013, em um sábado, aproximadamente às 16 horas um levantamento fotográfico das vias selecionadas, verificando a condição destas mediante a chuva que se manteve no decorrer deste dia.

A precipitação verificada ao longo do dia em questão foi de 15,8 mm e as temperaturas máxima e mínima foram de 5,2 e 7,9°C, respectivamente, segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

### 3.2.2 Avaliação subjetiva de superfície: VSA

É considerada uma avaliação funcional, que tem como função caracterizar o desempenho do pavimento sob o ponto de vista do usuário afim de se obter o Valor de Serventia Atual – VSA para o pavimento. Avaliar em que grau o pavimento satisfaz os requisitos, do ponto de vista da circulação dos usuários, de conforto e de segurança é o objetivo dessa avaliação (AZAMBUJA, 2009; ROCHA, 2010).

A medida subjetiva VSA das condições de superfície de um pavimento foi realizada por um grupo de avaliadores que percorreram o trecho em análise, fazendo um registro das suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender as exigências do tráfego, que sobre ele atua, quanto à suavidade e ao conforto, no momento da avaliação. A avaliação funcional foi realizada em agosto de 2013, em dias úteis e horários comerciais, com 6 motoristas utilizando 3 veículos, nos trechos estabelecidos para análise.

Os motoristas foram:

- 1- Fabiano de Oliveira Pereira (Eng. Civil Responsável na 9ª Superintendência Regional DAER-RS);
- 2- Rodrigo André Klamt (Eng. Civil);
- 3- Carlos Alexandre da Conceição (Eng. Civil – Prefeitura Municipal de Alegrete);
- 4- Aldo Leonel Temp (Eng. Civil);
- 5- Ricardo Eguilhor Rodrigues (Eng. Civil);
- 6- Henrique Eguilhor Rodrigues (Estudante de Eng. Mecânica na Unipampa)

O motorista 1 utilizou o veículo Palio Weekend Adventure, placa ISG 9869 ano 2012 com aro 16; os motoristas 3 e 4 utilizaram o veículo Corsa Premium, placa IPX 3070 ano 2010 com aro 14; e os motoristas 2, 5 e 6 utilizaram o veículo Siena placa IPB 4995 ano 2008 com aro 14.

### 3.2.2.1 Condições específicas

Algumas condições específicas tornaram-se de conhecimento dos avaliadores:

- a) O avaliador pode classificar como “bom” um pavimento, ainda que suspeite que o mesmo possa romper-se no futuro;
- b) O avaliador deve levar em conta que o projeto geométrico dos trechos é adequado para qualquer tipo de tráfego;
- c) A avaliação não deve ser feita sob condições climáticas desfavoráveis;
- d) A resistência à derrapagem do revestimento não deve ser considerada;
- e) Os buracos, saliências, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros devem ser desprezados;
- f) Os valores assinalados para os trechos avaliados anteriormente, não devem ser levados em conta para a análise dos demais.

### 3.2.2.2 Processo de avaliação

Conforme a Norma 009/2003 (BRASIL, 2003 d, p.4) para cada trecho deve-se calcular e avaliar os resultados separadamente, do pavimento em estudo. Para o cálculo do VSA utiliza-se a fórmula 4:

$$VSA = \frac{\sum X}{N} \quad \dots(4)$$

Onde:

VSA = valor de serventia atual

X = valores de serventia atual individuais, atribuídos por cada membro do grupo de avaliadores.

N = número de membros do grupo de avaliação.

A norma DNIT 009/2003, alerta que devem ser escolhidos trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 Km, para a determinação do VSA.

Como pode ser visto na Tabela 9 a escala de avaliação do VSA varia de 0 a 5, ou seja, pavimentos variando de “péssimo” à “ótimo”. Algumas perguntas foram feitas aos avaliadores para a tomada de decisão, sendo elas:

- a) O trecho em questão atende à finalidade para qual foi construído, e qual seu comportamento, durante um período de 24 horas por dia;
- b) Caso dirigisse um veículo durante 8 horas, qual conforto este pavimento me proporcionaria;
- c) Como se sentiria, ao longo de 800 km dirigindo sobre este pavimento;

As avaliações foram realizadas, imediatamente após percorrer o trecho avaliado, sendo a velocidade utilizada próxima do limite permitido.

Aos avaliadores foi entregue um texto explicativo sobre as condições específicas a serem consideradas no teste de serventia (Apêndice C) e uma ficha de avaliação de serventia para cada uma das vias selecionadas (Apêndice D) determinando o trecho a ser analisado para que o avaliador atribuisse uma nota para a via em questão.

Tabela 9 – Níveis de Serventia

Padrão de Conforto ao Rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Ótimo	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: NORMA 009 – PRO (DNIT, 2003,p.5)

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nas 5 vias definidas no item anterior, foram feitos inventários de ocorrência de patologias, tomando por referência a Norma DNIT 006/2003 – PRO e, posteriormente, foram realizadas as médias obtidas através da Avaliação Subjetiva de Superfície, ou seja Valor de Serventia Atual tomando por referência a Norma DNIT 009/2003 – PRO para cada uma das vias selecionadas. A seguir são apresentados e discutidos os resultados encontrados nesse capítulo para as vias em questão.

#### 4.1 Análise da Av. Assis Brasil

A Avenida Assis Brasil é considerada uma pista simples com via de mão dupla. A contagem de veículos na avenida foi realizada no dia 24 de julho de 2013, o tráfego de veículos foi considerado alto e têm presença da linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 5,73%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota são vistos na Tabela 10.

No dia 4 de agosto, em um domingo, foram levantadas e cadastradas as patologias para realização do IGG.

O material de base utilizado nessa avenida é o paralelepípedo, enquanto o revestimento utilizado foi o CBUQ.

A última manutenção realizada nesta via foi realizada nos anos de 2010/2011 e 2011/2012 por empresa contratada que realizou os seguintes serviços: limpeza e análise da qualidade do pavimento asfáltico; aplicação de pintura de ligação; logo após foi feita reperfilagem de 2 cm; e por fim foi aplicada camada de 4 cm de CBUQ. A coleta de lixo é realizada de segunda à sábado na avenida.

Foram analisados 1000m de extensão, assim sendo, foram levantadas 25 seções, a coleta de dados e levantamento fotográfico foi realizada em um domingo, dia 4 de agosto de 2013. A largura da via foi de 10,10 m, os acostamentos possuem 60 cm cada e a calçada mede 3,85 m. A Figura (22) mostra a extensão total da Av. Assis Brasil, enquanto a Figura (23) estabelece o trecho que foi analisado na via em questão. As Tabelas 11, 12, 13 e 14 apresentam um resumo dos tipos e quantidades de defeitos encontrados em cada uma das seções analisadas.

Tabela 10 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Av. Assis Brasil

Via	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
<b>Av. Assis Brasil</b>	314	Alto	296	18	5,73

Fonte: Elaboração Própria



Tabela 11 – Seções 1 à 8: Av. Assis Brasil

<b>Patologia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Fissuras e Trincas Isoladas								
FC-2 (J e TB)		1						
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos								
Ondulação					1			
Escorregamento								
Panela	11			2		4		2
Exsudação	2	1			1		1	
Desgaste	1		4	5	3		3	2
Remendo	2	2	1	1				1

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 12 – Seções 9 à 16: Av. Assis Brasil

<b>Patologia</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	1					1	2	
FC-2 (J e TB)						1	1	
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos	1						1	
Ondulação								
Escorregamento								
Panela		2	2	3	4	5		2
Exsudação		1						
Desgaste		3	4	4	5	4	5	4
Remendo							1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 13 – Seções 17 à 20: Av. Assis Brasil

<b>Patologia</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	5	2		4
FC-2 (J e TB)		2	1	1
FC-3 (JE e TBE)				
Afundamentos				
Ondulação			2	1
Escorregamento				
Panela	2	9		
Exsudação	1			
Desgaste	4	6	4	6
Remendo			1	1

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 14 – Seções 21 à 25: Av. Assis Brasil

<b>Patologia</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	4	4	2	4	1
FC-2 (J e TB)					
FC-3 (JE e TBE)					
Afundamentos		1			
Ondulação	1				
Escorregamento					
Panela			2		1
Exsudação					
Desgaste	4	5	5	6	5
Remendo					

Fonte: Elaboração Própria

Por meio do IGG, a Av. Assis Brasil obteve um valor de **74,22**, conforme a Tabela 2, o grau de degradação do pavimento foi considerado **Regular** ( $40 < \text{IGG} < 80$ ). Os defeitos vistos com maior frequência relativa na via foram: os desgastes e as panelas, com 88% e 56%, respectivamente.

A Tabela 15 apresenta o cálculo realizado na Av. Assis Brasil para atribuição do IGG.

Tabela 15: Planilha de Cálculo do IGG para Av. Assis Brasil

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 04/08/2013			
Via : <b>Av. Assis Brasil</b>					
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	11	44	0,2	3,87
2	FC -2 (J e TB)	6	24	0,5	2,88
3	FC-3 (JE e TBE)	0	0	0,8	0
4	Afundamentos	3	12	0,9	1,30
5	Ondulação	4	16	1	2,56
	Panela	14	56	1	31,36
	Escorregamento	0	0	1	0
6	Exsudação	6	24	0,5	2,88
7	Desgaste	22	88	0,3	23,23
8	Remendo	8	32	0,6	6,14
<b>Número de estações inventariadas n = 25</b>					<b><math>\Sigma</math> IGI = 74,22</b>
					<b>Regular</b>

Fonte: Elaboração Própria

O desgaste, defeito mais frequente visto na via, tem como principal característica à aspereza superficial, e seu estágio mais avançado se dá quando há arrancamento progressivo dos agregados, como pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 – Desgaste encontrado na Rua Assis Brasil



Fonte: Elaboração Própria

A panela pode ser descrita como uma cavidade no revestimento asfáltico, e que pode até mesmo atingir a camadas subjacentes, é considerada um defeito grave, assim sendo possui um fator de ponderação alto ( $f_p = 1$ ) para o cálculo do IGG, na Figura 25 podem ser vistas algumas pequenas panelas encontradas em uma das seções da via analisada.

Figura 25 – Panelas encontradas na Av. Assis Brasil



Fonte: Elaboração Própria

Os afundamentos locais (medindo entre 3 a 6 cm), que comumente ocorrem pela ação repetida da passagem das cargas de rodas dos pneus, foram vistas com pouca frequência na via, porém suas ocorrências foram todas nos mesmos locais, paradas de ônibus, como pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 – Afundamento local na Av. Assis Brasil



Fonte: Elaboração Própria

Em várias seções analisadas na Av. Assis Brasil foi possível perceber problemas tanto de desnivelamento como de acabamento entre a tampa de concreto do PV e o pavimento (Figura 27), e em alguns casos verificou-se o aparecimento de trincas próximas aos PVs, como pode ser visto na Figura 28 (DANIELESKI, 2004; AZAMBUJA, 2009).

Figura 27 – Falta de acabamento em torno do PV



Fonte: Elaboração Própria

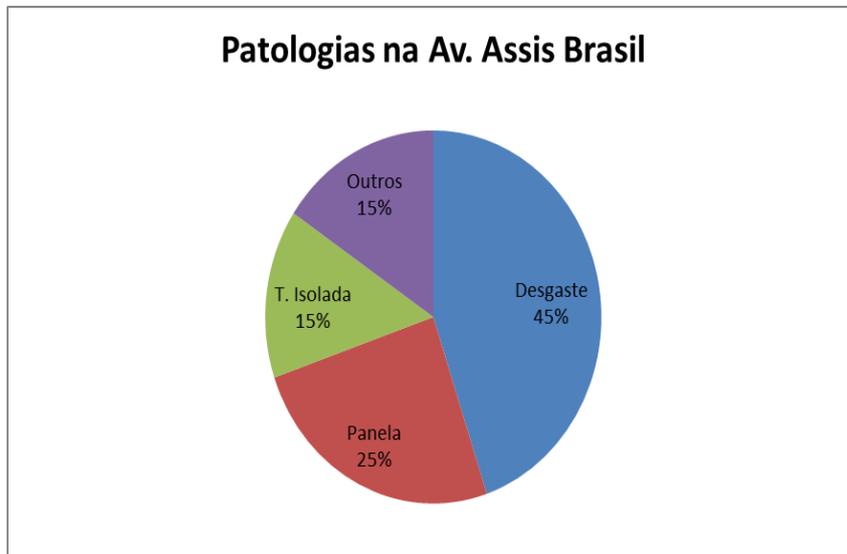
Figura 28 – Surgimento de trincas interligadas em torno do PV



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico da Figura 29 apresenta o percentual de contribuição das patologias encontradas na Av. Assis Brasil.

Figura 29 – Percentual de contribuição das patologias na Av. Assis Brasil



Fonte: Elaboração Própria

Com relação às condições de drenagem na Av. Assis Brasil, verificou-se que para a precipitação em questão não houve acúmulo de água na pista (Figura 30), porém em alguns pontos onde há certo desnível entre pista e acostamento, verificou-se alguns problemas pela formação de acúmulo de água da chuva, como pode ser visto na Figura 31.

Figura 30 – Aspecto da Av. Assis Brasil em um dia chuvoso



Fonte: Elaboração Própria

Figura 31 – Problemas de escoamento advindo do desnível pista/acostamento



Fonte: Elaboração Própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Av. Assis Brasil pelos avaliadores foi de **3,8**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Bom**. Na Tabela 16 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu à via.

Tabela 16 – Notas atribuídas a Av. Assis Brasil referente ao VSA

Av. Assis Brasil	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	3,5	4	4	4	3	4,5	0,52	3,8	Bom

Fonte: Elaboração Própria

Os motoristas 3 e 6 observaram que o pavimento possui boa trafegabilidade e sinalização, enquanto o motorista 5 citou a presença de algumas irregularidades.

#### 4.1.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Av. Assis Brasil

a) **Desgaste** – As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006; YOSHIZANE, 2005):

- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico;
- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado.

b) **Panela** – As possíveis causas para o surgimento das panelas são (YOSHIZANE, 2005; BERNUCCI et al., 2006; ROCHA, 2010):

- aplicação de asfalto insuficiente ou ainda por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente;

- erro na pintura de ligação em camadas de revestimento ocasionando destacamento;
- evolução de trincas por fadiga;
- evolução de desgaste de alta severidade;
- falha construtiva – compactação deficiente;
- presença constante de água e ação do tráfego.

c) **Trincas isoladas** – As trincas isoladas são subdivididas em: trincas longitudinais e trincas transversais.

c.1) trincas longitudinais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração e dilatação do revestimento devido às variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas;
- ligações inadequadas entre camadas lançadas consecutivamente para a formação das faixas de tráfego.

c.2) trincas transversais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração do revestimento e, eventualmente, também da base e sub-base;
- contração e dilatação do revestimento devido às variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas.

d) **Afundamento** – As possíveis causas para o aparecimento desta patologia são (BERNUCCI et al., 2006; SILVA, 2008; ROCHA, 2010):

- ação repetida da passagem das cargas de roda dos pneus e o fluxo canalizado dos veículos comerciais;
- deformações permanentes advindas do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito;
- ruptura das camadas do pavimento pela ação do tráfego.

#### **4.1.2 Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Av. Assis Brasil**

##### **4.1.2.1 Técnicas para reabilitação das panelas**

As panelas podem ser evitadas, sendo realizado o reparo de forma antecipada de defeitos do pavimento, em particular as trincas por fadiga.

Para o caso de ter de adotar **medidas temporárias**, é realizada a limpeza da cavidade e é removida a quantidade de água, quanto for possível. Após ter sido realizada a limpeza, é utilizado um aquecedor infravermelho ou maçarico para a secagem da panela e, ao mesmo tempo, a superfície do asfalto adjacente é aquecida e amolecida. A panela é preenchida com pré-misturado a frio e este é espalhado, para evitar a segregação. Após este preenchimento, é realizada a compactação com rolo compactador ou com placa vibratória (YOSHIZANE, 2005).

A **Fresagem** é uma técnica que pode ser utilizada e até mesmo é considerada mais favorável e tecnicamente mais viável para a **correção** das panelas no pavimento. Os principais problemas tratados empregando essa técnica são: panela, trincamentos, pavimento em estado falimentar e correção de superfície para reperfilagem.

A fresagem visa possibilitar um tráfego mais tranquilo quanto possível, sendo assim deve produzir uma superfície de textura aparentemente uniforme, não devendo deixar nenhuma saliência diferenciada ou imperfeições no pavimento (JUNIOR, 2011).

A fresagem, considerada uma técnica de **Reabilitação**, é a principal forma de remoção do revestimento antigo ou de outra camada do pavimento, sendo uma operação de corte, com uso de máquinas especiais, para restauração da qualidade

ao rolamento da superfície ou ainda, para o melhoramento da capacidade de suporte (BERNUCCI et al., 2006, YOSHIZANE, 2005).

Uma das vantagens na utilização da técnica de fresagem é a questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos, pois há o reaproveitamento do material triturado e cortado pelas fresadoras.

É recomendável a remoção por fresagem previamente à execução de camadas de recapeamento, quando se torna necessário reduzir a energia de propagação de trincas existentes no revestimento asfáltico antigo, retardando assim a sua reflexão nas novas camadas (ROCHA, 2010).

#### **4.1.2.2 Técnicas para reabilitação de desgastes**

No caso de se adotar um **reparo de emergência**, recomenda-se limpar a superfície e aplicar apenas ligante asfáltico rejuvenescedor. Não é necessária a aplicação de agregado, mas o tráfego deve ser proibido até que o processo de cura da capa selante esteja completo. Na necessidade de um **reparo permanente**, é realizada a aplicação de um tratamento superficial ou um revestimento de concreto asfáltico, dependendo do volume do tráfego e da condição da superfície.

Outra técnica que pode ser adotada é a **Lama Asfáltica**, que tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, em especial nos revestimentos com **desgaste superficial** e pequeno grau de trincamento, funcionando nesse caso como um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento do pavimento em relação a sua condição funcional (ROCHA, 2010).

#### **4.1.2.3 Técnicas para reabilitação de trincas isoladas**

Para recuperação de trincas podem ser utilizadas as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico.

**Capas selantes** – Esta técnica consiste na aplicação de ligante asfáltico ou ainda de ligante com agregados, de forma contínua sobre a superfície do pavimento, tendo a finalidade de: restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, rejuvenescer o revestimento asfáltico, selar trincas de pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste superficial causado graças ao intemperismo. No entanto, é necessário saber que a capa selante não adiciona ao revestimento antigo nenhum elemento estrutural, assim sendo esta deve

ser aplicada antes que haja uma considerável deterioração estrutural do mesmo. Os tipos de capas selantes mais comuns são:

### **Selo asfáltico impermeabilizante (“fog seal”)**

Realizada com a leve aplicação de emulsão asfáltica que possui cura lenta, diluída em água e sem agregado mineral, que serve para rejuvenescer revestimentos asfálticos oxidados e para selagem trincas com abertura pequena e vazios superficiais.

### **Tratamentos superficiais (“chip seals”)**

São camadas formadas por aplicações de ligante e agregados, cuja dimensão máxima do agregado de cada camada sucessiva se caracteriza por ser a metade da dimensão máxima do agregado da camada subjacente. O diâmetro máximo das partículas é aproximadamente a própria espessura total. Sendo assim, o ligante é aplicado e, logo após, lança-se o agregado, que imediatamente deve ser compactado (SOUZA, 2004; YOSHIZANE, 2005; PIRES, 2011).

**Microrrevestimento à frio e a quente** - Este procedimento também propicia a selagem das trincas e restaura a aderência superficial. O microrrevestimento asfáltico a frio só pode ser aplicado em dias que não haja possibilidade de chuva e a temperatura esteja na faixa de 10 a 40° C. Para evitar defeitos de execução deve-se realizar a limpeza prévia do trecho (BERNUCCI et al., 2006; PIRES, 2011).

Além das técnicas descritas acima, pode-se adotar o **Procedimento Executivo de Recuperação (P.E.R.- 007)** Selagem de Fissuras em Revestimento Asfáltico do Manual de patologia e manutenção de pavimentos. A finalidade deste procedimento é estabelecer a metodologia de Selagem ou Reselagem de fissuras em revestimento asfáltico.

Evitar a penetração de água no pavimento é a finalidade da selagem ou reselagem de fissuras. Esta técnica deve ser utilizada como uma **medida preventiva**, quando o pavimento estiver em boas condições. Pode ser aplicada tanto as trincas longitudinais quanto as transversais (Fendas Classe 1: FCI), e também para o caso de reflexão de trincas asfáltica da base cimentada (pavimento rígido).

O Procedimento Executivo é realizado efetuando-se os seguintes passos:

- com emprego de uma serra circular, é feito um corte ao longo da fissura, de forma a criar um reservatório para o selante (CAP modificado ou não), sendo suas dimensões; largura de 8 mm a 10 mm e profundidade de 14 mm a 16 mm;
- é realizada a limpeza do reservatório, com a utilização de um jato de ar comprimido limpo (compressor de ar com 120 lb de capacidade) e aplica-se o selante a quente (cuja temperatura é compreendida entre 180°C e 190° C, para CAP modificado), que deve ficar a 3 mm abaixo da superfície do pavimento;
- caso seja reselagem, o selante antigo deverá ser removido inicialmente, bem como os materiais soltos ao longo das bordas serão removidos; (SILVA, 2008).

#### 4.1.2.4 Técnicas para reabilitação dos alicerces

Para o tratamento dos alicerces, podem-se utilizar duas técnicas: **fresagem** e **recapeamento**. Tanto para acerto da superfície a ser recapeada, como para reciclagem, a principal forma de remoção do revestimento antigo é a fresagem.

A construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente é denominada Recapeamento estrutural, e ainda pode incluir uma camada para corrigir o nivelamento antigo, seguida de uma camada com espessura uniforme (YOSHIZANE, 2005).

Quando há perspectiva de aumento de tráfego ou ainda comprometimento estrutural do pavimento, as alternativas que incrementem sua capacidade estrutural são as melhores. Sendo assim, as alternativas de restauração ou reforço podem ser realizadas por meio da incorporação de novas camadas (recapeamento) à estrutura ou ainda pelo tratamento de camadas existentes (reciclagem) (BERNUCCI et al., 2006).

Para o **recapeamento asfáltico**, os tipos de revestimentos mais utilizados são: o concreto asfáltico; o SMA (Stone Mastic Asphalt) como camada de rolamento para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado; pré-misturado à quente e as misturas descontínuas (YOSHIZANE, 2005).

Os pavimentos de concreto seriam uma boa alternativa para os alicerces, uma vez que estes apresentam desempenho satisfatório quanto à durabilidade, ao desgaste e deformações permanentes. No entanto, esta solução traria um empecilho que seria o tempo de mobilização do trânsito, que seria maior (LINK, 2009).

Como **medida preventiva**, a camada compactada deve atender aos critérios de umidade ótima dos materiais, com seu grau de compactação entre 90 e 95% através do ensaio de proctor normal. Caso a umidade prevista não estiver sendo atendida por uma das camadas do reaterro, então a parte mais seca poderá ser umedecida, enquanto a parte mais úmida removida, secada e reaplicada, até que o teor correto de umidade seja obtido.

Como **medida corretiva**, pode ser realizado o preenchimento do rebaixo com CBUQ, fazendo o alinhamento com o pavimento existente. A aplicação de emulsão asfáltica, trará uma boa aderência bem como imprimação entre as camadas superficiais. As camadas utilizadas para preenchimento devem ser planas e após o espalhamento da mistura não devem acompanhar o perfil de deformação, e posteriormente deve-se executar a compactação. O acabamento da superfície e o pavimento existente devem estar harmônicos. Este processo deverá ser executado, apenas se o afundamento estiver estabilizado (AZAMBUJA, 2009).

#### **4.1.2.5 Técnicas para reabilitação dos PVs**

O controle das cotas entre a tampa do PV e o pavimento existente é uma medida que pode ser tomada para **evitar** o desnivelamento das tampas dos PVs.

Uma medida **corretiva** que pode ser adotada é a retirada da tampa, acrescentando ou retirando o excedente de concreto de regularização existente entre o último anel de concreto do PV e a tampa, e realizando o renivelamento desta com relação ao pavimento existente. Se houver trincas em torno do PV, elas devem ser seladas, e se estas vierem acompanhadas de afundamento, a camada asfáltica deve ser retirada e refeita (AZAMBUJA, 2009).

## 4.2 Análise da Av. Dr. Lauro Dornelles

A avenida Dr. Lauro Dornelles é considerada uma pista simples e possui via de mão dupla. A contagem de veículos na avenida foi realizada no dia 31 de julho de 2013, o tráfego de veículos foi considerado médio, e possui linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 6,42%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota são vistos na Tabela 17.

No dia 11 de agosto, em um domingo, foram levantadas e cadastradas as patologias para realização do IGG.

O material utilizado como base na Av. Dr. Lauro Dornelles é o paralelepípedo e o revestimento utilizado foi o CBUQ.

A última manutenção realizada nesta via foi realizada nos anos de 2011/2012 por empresa contratada que realizou os seguintes serviços: limpeza e análise da qualidade do pavimento asfáltico; aplicação de pintura de ligação; logo após foi feita reperfilagem de 2 cm; e por fim foi aplicada camada de 4 cm de CBUQ. A coleta de lixo é realizada de segunda à sábado na avenida.

Foram analisados 800 m de extensão, sendo levantadas 20 seções, a coleta de dados e levantamento fotográfico foi realizada em um domingo, dia 11 de agosto de 2013. A largura da via medida foi 14 m, os acostamentos possuem 60 cm e a calçada possui 1,7 m. A Figura (32) mostra a extensão total da Av. Dr. Lauro Dornelles, enquanto a Figura (33) estabelece o trecho analisado da via. As Tabelas 18, 19 e 20 apresentam um resumo dos tipos e quantidades de defeitos encontrados nas seções analisadas.

Tabela 17 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Av. Dr. Lauro Dornelles

Via	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
<b>Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	314	Médio	204	14	6,42

Fonte: Elaboração Própria



Tabela 18 – Seções 1 à 8: Av. Dr. Lauro Dornelles

<b>Patologia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	4		1	1		1	5	1
FC-2 (J e TB)	1						2	
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos								
Ondulação	1							
Escorregamento								
Panela	3	2		1	2		2	
Exsudação	2							1
Desgaste	4	5	3	5	6	8	5	3
Remendo		2				1	1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 19 – Seções 9 à 16: Av. Dr. Lauro Dornelles

<b>Patologia</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Fissuras e Trincas Isoladas		6	1	3	2	1		2
FC-2 (J e TB)		2						
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos			1					
Ondulação								
Escorregamento								
Panela	3	2		2		2		1
Exsudação	1			1				
Desgaste	3		6		3	2	4	3
Remendo			3	4			1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 20 – Seções 17 à 20: Av. Dr. Lauro Dornelles

<b>Patologia</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	2	1		2
FC-2 (J e TB)				1
FC-3 (JE e TBE)				
Afundamentos				
Ondulação			1	
Escorregamento				
Panela	3		2	
Exsudação				1
Desgaste	3	3		3
Remendo				

Fonte: Elaboração Própria

A Av. Dr. Lauro Dornelles, por meio do IGG obteve um valor de **74,61**, conforme a Tabela 2, o grau de degradação do pavimento foi considerado **Regular** ( $40 < \text{IGG} < 80$ ). Os defeitos vistos com maior frequência relativa foram os desgastes e as painelas, com 85% e 60%, respectivamente. As fissuras e trincas isoladas com frequência relativa de 55% também foi outro defeito que mereceu destaque na via

A Tabela 21 apresenta o cálculo realizado na Av. Dr. Lauro Dornelles para atribuição do IGG.

Tabela 21: Planilha de Cálculo do IGG para Av. Dr. Lauro Dornelles

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 11/08/2013			
Via : <b>Av. Dr. Lauro Dornelles</b>					
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	11	55	0,2	6,05
2	FC -2 (J e TB)	3	15	0,5	1,13
3	FC-3 (JE e TBE)	0	0	0,8	0
4	Afundamentos	1	5	0,9	0,23
5	Ondulação	2	10	1	1
	Panela	12	60	1	36
	Escorregamento	0	0	1	0
6	Exsudação	5	25	0,5	3,13
7	Desgaste	17	85	0,3	21,67
8	Remendo	6	30	0,6	5,4
<b>Número de estações inventariadas n = 20</b>					<b><math>\Sigma</math> IGI = 74,61</b>
					<b>Regular</b>

Fonte: Elaboração Própria

Assim como na Av. Assis Brasil, a principal patologia encontrada na Av. Dr. Lauro Dornelles foi o desgaste (Figura 34), que é caracterizado pela aspereza superficial.

Figura 34 – Desgaste encontrado na Av. Dr. Lauro Dornelles



Fonte: Elaboração Própria

As trincas isoladas: transversais e longitudinais tiveram grande contribuição na via em questão, com aproximadamente 55% de frequência relativa no total das seções encontradas. As trincas isoladas (Figura 35) normalmente estão relacionadas com a repetição da passagem de carga dos veículos comerciais e também são provenientes da mudança diária de temperatura que vai causando contrações no revestimento asfáltico.

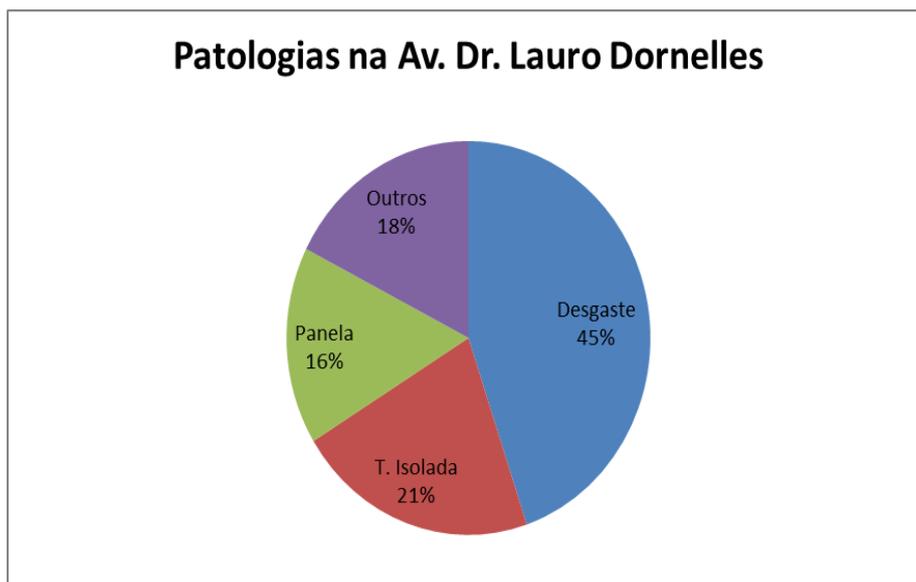
Figura 35 – Trincas isoladas encontradas na Av. Dr. Lauro Dornelles



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico da Figura 36 é possível verificar o percentual de contribuição das patologias encontradas na Av. Dr. Lauro Dornelles.

Figura 36 – Distribuição das patologias na Av. Dr. Lauro Dornelles



Fonte: Elaboração Própria

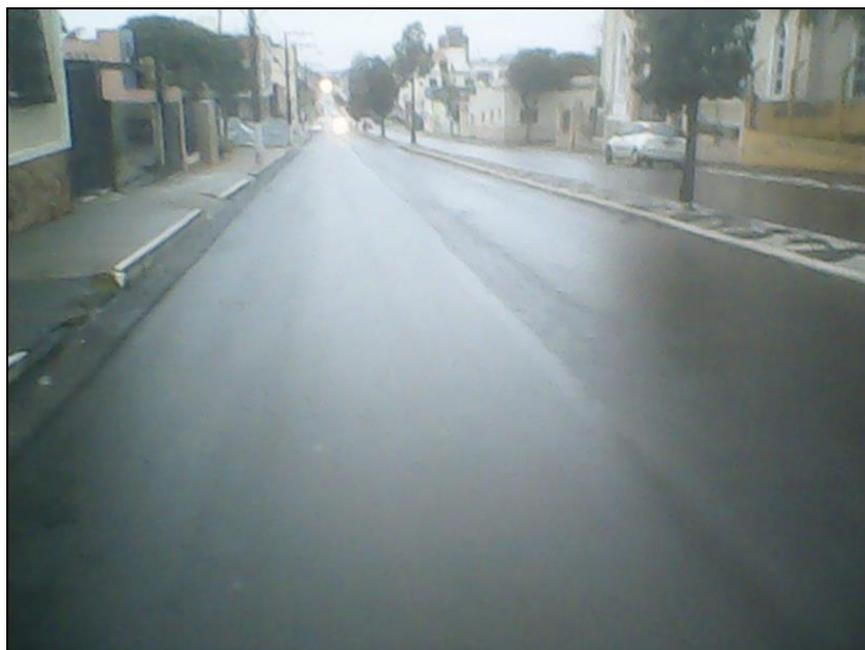
Com relação às condições de drenagem na Av. Dr. Lauro Dornelles, verificou-se que para a precipitação em questão há formação de lâminas d'água em alguns pontos da pista, em especial, nos pontos onde a pista apresenta certo desnível (Figura 37) que pode estar ligado a falhas de execução, já com relação aos acostamentos a via não apresentou problemas (Figura 38).

Figura 37 – Formação de lâminas d'água na pista da Av. Dr. Lauro Dornelles



Fonte: Elaboração Própria

Figura 38 – escoamento adequado nos pontos referentes ao acostamento



Fonte: Elaboração Própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Av. Dr. Lauro Dornelles pelos avaliadores foi de **3,6**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Bom**. Na Tabela 22 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu à via.

Tabela 22 – Notas atribuídas a Av. Dr. Lauro Dornelles referente ao VSA

Av. Dr. Lauro Dornelles	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	3,5	4	4	2,8	3	4,5	0,65	3,6	Bom

Fonte: Elaboração Própria

Os motoristas 3 e 6 salientaram que a via em questão apresentou boa pavimentação e sinalização ao longo do trecho, enquanto o motorista 4 observou que o pavimento em questão apresenta excesso de irregularidades em alguns pontos do trecho.

#### 4.2.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Av. Dr. Lauro Dornelles

a) **Desgaste** – As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006):

- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado;
- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

b) **Panela** – As possíveis causas para o surgimento das panelas são (YOSHIZANE, 2005; BERNUCCI et al., 2006; ROCHA, 2010):

- aplicação de asfalto insuficiente ou ainda por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente;
- erro na pintura de ligação em camadas de revestimento ocasionando destacamento;
- evolução de trincas por fadiga;
- evolução de desgaste de alta severidade;
- falha construtiva – compactação deficiente;
- presença constante de água e ação do tráfego.

c) **Trincas Isoladas** – As trincas isoladas são subdivididas em: trincas longitudinais e trincas transversais.

c.1) trincas longitudinais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração e dilatação do revestimento devido as variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas;
- ligações inadequadas entre camadas lançadas consecutivamente para a formação das faixas de tráfego.

c.2) trincas transversais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração do revestimento e, eventualmente, também da base e sub-base;
- contração e dilatação do revestimento devido às variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas.

## **4.2.2 Técnicas de manutenção para as patologias de maior incidência na Av. Dr. Lauro Dornelles**

### **4.2.2.1 Técnicas para reabilitação das panelas**

As técnicas recomendadas são as mesmas do item 4.1.2.1 (Técnicas para reabilitação das panelas).

### **4.2.2.2 Técnicas para reabilitação de desgastes**

As técnicas recomendadas são as mesmas descritas no item 4.1.2.2 (Técnicas para reabilitação de desgastes).

### **4.2.2.3 Técnicas para reabilitação de trincas isoladas**

As técnicas para reabilitação desta patologia são as mesmas descritas no item 4.1.2.3 (Técnicas para reabilitação de Trincas isoladas).

### 4.3 Análise da Rua dos Andradas

A Rua dos Andradas é considerada uma pista simples com uma via de mão única. A contagem de veículos na rua foi realizada em 17 de julho de 2013, o tráfego de veículos foi considerado alto, e não possui linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 2,33%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota são vistos na Tabela 23.

No dia 11 de agosto, em um domingo, foram levantadas e cadastradas as patologias para realização do IGG.

O material utilizado como base na via foi o paralelepípedo e o revestimento utilizado foi o Pré-Misturado à Frio.

Segundo informações coletadas junto à Prefeitura Municipal de Alegrete a cidade recebeu uma verba do governo federal, na segunda quinzena de 2013, de R\$ 70.000,00 utilizados na compra de 40 toneladas de emulsão asfáltica que foi destinada a manutenção de algumas vias, dentre as quais a Rua dos Andradas, que passou pela operação “tapa-buraco” realizada pela própria Prefeitura.

A operação na via em questão foi realizada em 15 de agosto de 2013 por volta das 14 horas, numa temperatura de aproximadamente 18°C e abrangeu duas quadras da Rua dos Andradas, como pode ser visto nas Figuras 39 e 40, já na Figura 41 é mostrado o aspecto da via no período da noite do dia 15 de agosto, em que foi realizada a operação em questão. A última manutenção na Rua dos Andradas havia sido realizada há mais de 10 anos. A coleta de lixo na via é realizada de segunda à sábado.

Foram analisados 800 m de extensão, sendo levantadas 20 seções, a coleta de dados e levantamento fotográfico foi realizada em um domingo, dia 4 de agosto de 2013. A largura da via medida foi 8,90 m, os acostamentos possuem 65 cm e as calçadas medindo 2 m. A Figura (42) mostra a extensão total da Rua dos Andradas, já a Figura (43) estabelece o trecho analisado da via. As Tabelas 24, 25 e 26 apresentam um resumo dos tipos e quantidades de defeitos encontrados nas seções analisadas.

Tabela 23 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua dos Andradas

Via	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
<b>Rua dos Andradas</b>	303	Alto	297	6	2,33

Fonte: Elaboração Própria

Figura 39 – Operação tapa-buraco realizada na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

Figura 40 – Aspecto da Rua dos Andradas logo após manutenção



Fonte: Elaboração Própria

Figura 41 – Aspecto da Rua dos Andradas no período da noite pós-manutenção



Fonte: Elaboração Própria



Tabela 24 – Seções 1 à 8: Rua dos Andradas

<b>Patologia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	10	9	6	5	2	7		9
FC-2 (J e TB)			2			1		
FC-3 (JE e TBE)	1	1						
Afundamentos	1	1		1	1	1	2	
Ondulação	2		4		2	4	3	2
Escorregamento				1				
Panela	56	36	39	25	41	34	34	27
Exsudação	5	5	7	4	3	2	2	4
Desgaste	6	5	9	8	10	11	10	6
Remendo	3	1			1		1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 25 – Seções 9 à 16: Rua dos Andradas

<b>Patologia</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	14	5	5	6	14	12	11	6
FC-2 (J e TB)	2	1	2	2		2	2	4
FC-3 (JE e TBE)						1	2	
Afundamentos					2		3	
Ondulação	2	2	1	3	3	5	4	5
Escorregamento			1					
Panela	17	16	42	5	28	41	25	32
Exsudação	2	1	2	3	2	2	3	2
Desgaste	10	11	10	10	6	7	8	4
Remendo		1		3			2	1

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 26 – Seções 17 à 20: Rua dos Andradas

<b>Patologia</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	2	5	6	4
FC-2 (J e TB)				
FC-3 (JE e TBE)				
Afundamentos	1	2	2	1
Ondulação	2	1	2	2
Escorregamento		1		
Panela	12	10	15	12
Exsudação	2	1		
Desgaste	3	2	4	1
Remendo				1

Fonte: Elaboração Própria

A Rua dos Andradas, por meio do IGG obteve um valor de **310,83**, assim sendo seu grau de degradação do pavimento foi considerado **Péssimo** (IGG > 160), conforme a Tabela 2. A quantidade de defeitos encontrados foi grande em todas as seções. Os defeitos vistos com maior frequência relativa, foram às painéis e os desgastes, ambos com 100%.

A Tabela 27 apresenta o cálculo realizado na Rua dos Andradas para atribuição do IGG.

Tabela 27: Planilha de Cálculo do IGG para Rua dos Andradas

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 11/08/2013			
Via : <b>Rua dos Andradas</b>					
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	8	40	0,2	3,2
2	FC -2 (J e TB)	7	35	0,5	6,13
3	FC-3 (JE e TBE)	4	20	0,8	3,2
4	Afundamentos	12	60	0,9	32,4
5	Ondulação	18	90	1	81
	Panela	20	100	1	100
	Escorregamento	3	15	1	2,25
6	Exsudação	18	90	0,5	40,5
7	Desgaste	20	100	0,3	30
8	Remendo	9	45	0,6	12,15
<b>Número de estações inventariadas n = 20</b>					<b><math>\Sigma</math> IGI = 310,83</b>
					<b>Péssimo</b>

Fonte: Elaboração Própria

As panelas encontradas na via apresentaram dimensões maiores em comparação as outras vias analisadas, com exposição das camadas inferiores. A panela, vista na Figura 44, media 70 cm de comprimento e aproximadamente 10 cm de profundidade.

Figura 44 – Panela encontrada na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

Assim como as panelas, outro defeito visto com frequência em todas as seções analisadas na Rua dos Andradas foram os desgastes (Figura 45), defeito visto quando ocorre perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

Figura 45 – Desgaste encontrado na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 46, podem ser vistos diversos defeitos em uma mesma seção, que resume bem o que foi verificado em campo na Rua dos Andradas.

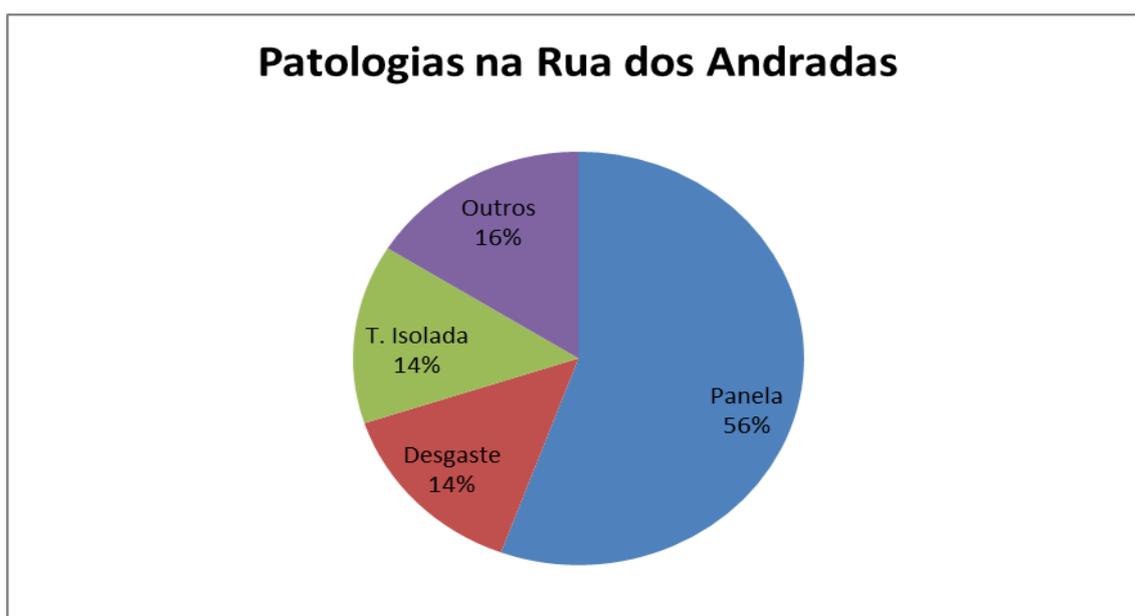
Figura 46 – Defeitos diversos encontrados na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico da Figura 47 apresenta o percentual de contribuição das patologias encontradas na Rua Assis Brasil.

Figura 47 – Distribuição das patologias na Rua dos Andradas



Fonte: Elaboração Própria

Com relação às condições de drenagem na Rua dos Andradas, verificou-se que para a precipitação em questão a pista apresentou acúmulo de água apenas em alguns pontos onde há painéis de abertura maior, nos demais pontos da pista não apresentou formação de lâminas d'água (Figura 48), e em relação aos acostamentos não houve acúmulo de água.

Figura 48 – Aspecto da Rua dos Andradas em um dia chuvoso



Fonte: Elaboração Própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Rua dos Andradas pelos avaliadores foi de **1,2**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Ruim**. Na Tabela 28 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu à via.

Tabela 28 – Notas atribuídas a Rua dos Andradas referente ao VSA

Rua dos Andradas	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	1,5	0,5	2	1,5	0,6	1	<b>0,58</b>	<b>1,2</b>	<b>Ruim</b>

Fonte: Elaboração Própria

O motorista 3 observou que o pavimento não proporciona boa trafegabilidade e necessita de manutenção. O motorista 6 observou que o pavimento possui excesso de saliências, além do alto número de buracos ao longo da via.

#### **4.3.1 Prováveis causas das patologias de maior incidência na Rua dos Andradas**

a) **Desgaste** – As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006):

- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado;
- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

b) **Panela** – As possíveis causas para o surgimento das panelas são (YOSHIZANE, 2005; BERNUCCI et al., 2006; ROCHA, 2010):

- aplicação de asfalto insuficiente ou ainda por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente;
- erro na pintura de ligação em camadas de revestimento ocasionando destacamento;
- evolução de trincas por fadiga;
- evolução de desgaste de alta severidade;
- falha construtiva – compactação deficiente;
- presença constante de água e ação do tráfego.

c) **Corrugação/Ondulação** – As possíveis causas para o aparecimento das corrugações na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006) :

- cura insuficiente das misturas produzidas com emulsões asfálticas ou asfaltos diluídos;
- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- fraca ligação entre base e revestimento;
- instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento.

d) **Exsudação de asfalto** – As possíveis causas para o aparecimento de exsudações na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006) :

- baixo índice de vazios da mistura;
- excesso de ligante asfáltico na mistura;
- temperatura do ligante no momento da mistura acima da especificada,

que acarreta na dilatação do asfalto e irreversível ocupação dos vazios entre as partículas.

#### **4.3.2 Técnicas de manutenção para as patologias na Rua dos Andradas**

Para o caso da Rua dos Andradas que apresenta um IGG de 310,83 (Péssimo), a norma DNER PRO 010/79 – Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis, estabelece que para IGG >180 deve-se adotar como medida a Remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência.

#### 4.4 Análise da Rua Barão do Amazonas

A Rua Barão do Amazonas é considerada uma pista simples, sendo uma via de mão única. A contagem de veículos na rua foi realizada em 10 de julho e o tráfego de veículos foi considerado médio, e possui linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 5,63%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota são vistos na Tabela 29.

No dia 28 de julho, em um domingo, foram coletadas as patologias para realização do IGG.

O material utilizado como base na via foi o paralelepípedo e o revestimento utilizado foi o CBUQ .

A última manutenção realizada nesta via foi realizada em 2012 por empresa contratada que realizou os seguintes serviços: limpeza e análise da qualidade do pavimento asfáltico; aplicação de pintura de ligação; logo após foi feita reperfilagem de 2cm; e por fim foi aplicada camada de 4 cm de CBUQ. A coleta de lixo na via é realizada de segunda à sábado na avenida.

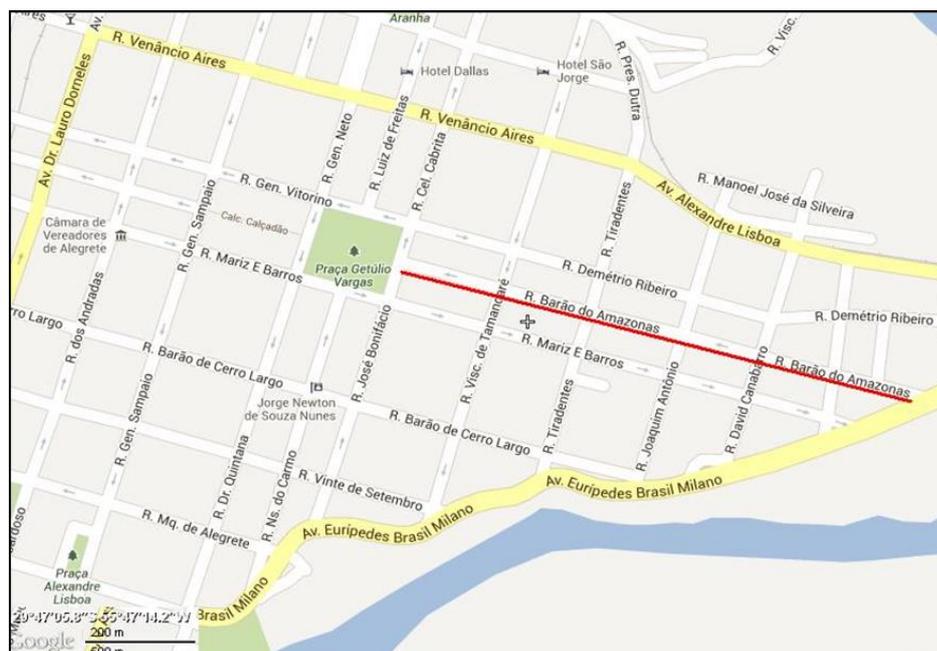
A largura da via medida foi 8,60 m, os acostamentos possuem 50 cm e as calçadas medindo 90 cm. A Figura (49) mostra a extensão total da Rua Barão do Amazonas, estabelecendo o trecho analisado da via. As tabelas 30, 31 e 32 apresentam um resumo dos tipos e quantidades de defeitos encontrados nas seções analisadas, bem como o conceito de degradação das seções mediante ao seu respectivo IGG.

Tabela 29 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua Barão do Amazonas

<b>Via</b>	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
<b>Rua Barão do Amazonas</b>	209	Médio	197	12	5,75

Fonte: Elaboração Própria

Figura 49 – Extensão e trecho total analisado da Rua Barão do Amazonas



Fonte: Google Maps 2013

Tabela 30 – Seções 1 à 8: Rua Barão do Amazonas

Patologia	1	2	3	4	5	6	7	8
Fissuras e Trincas Isoladas							1	
FC-2 (J e TB)								
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos								
Ondulação								
Escorregamento					1			
Panela	1		1					
Exsudação	1			2	1	1		1
Desgaste								
Remendo	2	1	1			1	1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 31 – Seções 9 à 16: Rua Barão do Amazonas

<b>Patologia</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Fissuras e Trincas Isoladas		3	2	4	8			
FC-2 (J e TB)								
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos				1				
Ondulação								
Escorregamento						1		
Panela	1		1			1		
Exsudação	2	2			1			
Desgaste			1				1	2
Remendo	2		1				1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 32 – Seções 17 à 24: Rua Barão do Amazonas

<b>Patologia</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
Fissuras e Trincas Isoladas			2		1			3
FC-2 (J e TB)								
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos		1						
Ondulação								
Escorregamento								
Panela			4	6				2
Exsudação				2		1	1	2
Desgaste			1	1	2	1	1	1
Remendo	2							

Fonte: Elaboração Própria

A Rua Barão do Amazonas, por meio do IGG obteve um valor de **38,91**, conforme a Tabela 2, o grau de degradação do pavimento foi considerado **Bom** ( $20 < IGG \leq 40$ ). A quantidade de defeitos encontrados nas seções analisadas foi pequena. Os defeitos vistos com maior frequência relativa foram às exsudações e os remendos, com 50% e 37,5%, respectivamente.

A Tabela 33 apresenta o cálculo realizado na Rua Barão do Amazonas para atribuição do IGG.

Tabela 33: Planilha de Cálculo do IGG para Rua Barão do Amazonas

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 28/07/2013			
Via: <b>Rua Barão do Amazonas</b>					
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	8	33,33	0,2	2,22
2	FC -2 (J e TB)	0	0	0,5	0
3	FC-3 (JE e TBE)	0	0	0,8	0
4	Afundamentos	2	8,33	0,9	0,62
5	Ondulação	0	0	1	0
	Panela	8	33,33	1	11,11
	Escorregamento	2	8,33	1	0,69
6	Exsudação	12	50	0,5	12,5
7	Desgaste	8	33,33	0,3	3,33
8	Remendo	9	37,5	0,6	8,44
<b>Número de estações inventariadas n=24</b>				<b><math>\Sigma</math> IGI = 38,91</b>	
<b>Bom</b>					

Fonte: Elaboração Própria

As panelas que obtiveram frequência relativa de 33,33%, apresentaram dimensões pequenas (entre 5 a 20 cm de extensão) com exposição das camadas inferiores, como pode ser visto na Figura 50.

Figura 50 – Painela encontrada na Rua Barão do Amazonas



Fonte: Elaboração Própria

A patologia com maior frequência relativa na via em questão foi a exsudação, sendo que este defeito aparece comumente sob a forma de manchas isoladas ou em grandes extensões, caracterizada pela presença excessiva de ligante betuminoso, dando um aspecto de brilho ao asfalto, como mostra a Figura 51 (SILVA, 2008; ALMEIDA, 2011).

Figura 51 – Exsudação encontrada na Rua Barão do Amazonas



Fonte: Elaboração Própria

Os remendos na via representaram aproximadamente 14% do total dos defeitos encontrado. As operações de manutenção do tipo “tapa-buraco” acabam até mesmo mascarando a classificação, uma vez que o fator de ponderação dos remendos é 0,6, isto faz com que o IGG sofra uma redução. Se não houvesse os remendos o IGG poderia ser maior, considerando o fato de que a maioria dos remendos seriam panelas. Em algumas seções analisadas os defeitos eram compostos basicamente de remendos, como pode ser visto na Figura 52.

Figura 52 – Remendo encontrado na Rua Barão do Amazonas



Fonte: Elaboração Própria

Em alguns pontos das seções analisadas foram observadas marcas no revestimento asfáltico, como pode ser visto na Figura 53, deixadas provavelmente por retroescavadeira para se apoiar ao realizar a execução da rede coletora de esgotos sanitários ou até mesmo no momento em que eram realizados remendos na via (AZAMBUJA, 2009).

Figura 53 – Marcas de retroescavadeira no pavimento asfáltico



Fonte: Elaboração Própria

Em algumas seções foi possível verificar que alguns poços de visita (PV) apresentaram desnivelamento entre o pavimento asfáltico e a tampa do PV, como pode ser visto na Figura 54 (DANIELESKI, 2004).

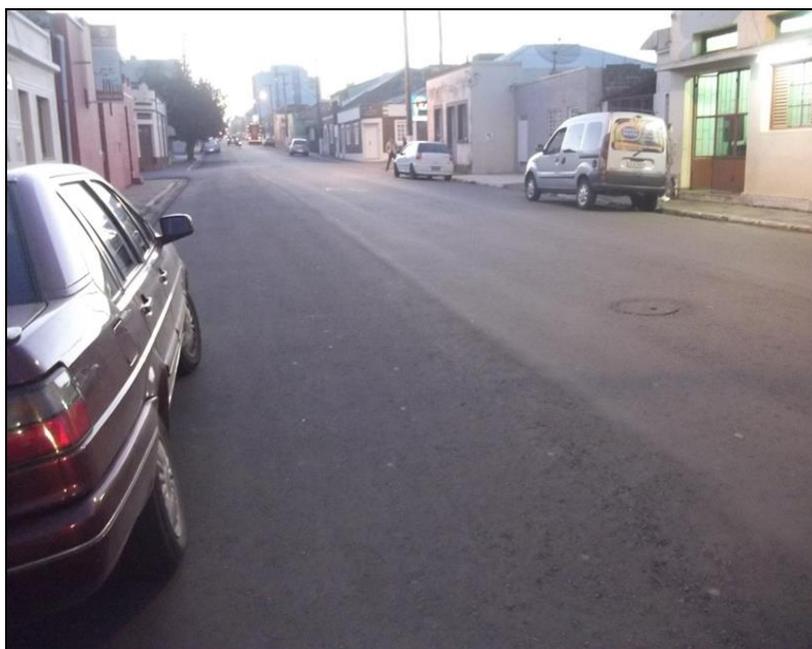
Figura 54 – Desnivelamento entre a tampa do PV e o pavimento asfáltico



Fonte: Elaboração Própria

Em algumas seções da Rua Barão do Amazonas um tipo de defeito que não aparece na avaliação do IGG foi encontrado, o recalque diferencial (Figura 55). Este defeito pode ser ocasionado por: falhas construtivas de compactação, alargamentos de faixas com preexistência de pistas anteriores, solos compressíveis na fundação do pavimento ou ainda adensamento causado por alterações de substanciais no material utilizado na fundação (PRESTES, 2001; BERNUCCI et al., 2006).

Figura 55 – Recalque Diferencial verificado na Rua Barão do Amazonas



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico da Figura 56 apresenta o percentual de contribuição das patologias encontradas na Rua Barão do Amazonas.

Figura 56 – Percentual de patologias na Rua Barão do Amazonas



Fonte: Elaboração Própria

Com relação às condições de drenagem na Rua Barão do Amazonas, verificou-se que para a precipitação em questão não há acúmulo de água na pista (Figura 57), porém em alguns pontos em que há um certo desnível entre pista e acostamento verificou-se o acúmulo de água da chuva, como pode ser visto na Figura 58.

Figura 57 – Aspecto da Rua Barão do Amazonas em um dia chuvoso



Fonte: Elaboração Própria

Figura 58 - Problemas relacionados ao desnível pista/acostamento



Fonte: Elaboração Própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Rua Barão do Amazonas pelos avaliadores foi de **3,6**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Bom**. Na Tabela 34 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu à via.

Tabela 34 – Notas atribuídas a Barão do Amazonas referente ao VSA

Rua Barão do Amazonas	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	2,8	4	5	3	4,5	2,5	1,01	3,6	Bom

Fonte: Elaboração Própria

O motorista 6 observou que o pavimento atende a sua finalidade garantido uma boa trafegabilidade e condições de conforto ao motorista. O motorista 6 observou que em determinados pontos o pavimento apresentava alguns remendos com alguma saliência, ocasionando alguns desníveis e também destacou que a via possui pouca sinalização.

#### 4.4.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Rua Barão do Amazonas

a) **Exsudação de asfalto** – As possíveis causas para o aparecimento de exsudações na via são (YOSHIZANE, 2005; SILVA, 2008):

- baixo índice de vazios da mistura;
- excesso de ligante asfáltico na mistura;
- temperatura do ligante no momento da mistura acima da especificada,

que acarreta na dilatação do asfalto e irreversível ocupação dos vazios entre as partículas.

b) **Remendo** – As possíveis causas para o aparecimento de problemas em remendos são (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006):

- intensa solicitação de tráfego;
- utilização de material de má qualidade;
- problemas na parte construtiva.

c) **Desgaste** – As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006; YOSHIZANE, 2005):

- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado;
- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

d) **Panela** – As possíveis causas para o surgimento das panelas são (YOSHIZANE, 2005; BERNUCCI et al., 2006; ROCHA, 2010):

- aplicação de asfalto insuficiente ou ainda por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente;
- erro na pintura de ligação em camadas de revestimento ocasionando destacamento
- evolução de trincas por fadiga;
- evolução de desgaste de alta severidade;
- falha construtiva – compactação deficiente;
- presença constante de água e ação do tráfego.

e) **Trincas isoladas** – As trincas isoladas são subdivididas em: trincas longitudinais e trincas transversais.

e.1) trincas longitudinais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração e dilatação do revestimento devido às variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas;
- ligações inadequadas entre camadas lançadas consecutivamente para a formação das faixas de tráfego.

e.2) trincas transversais podem ser causadas por (YOSHIZANE, 2005; ROCHA, 2010):

- contração do revestimento e, eventualmente, também da base e sub-base;
- contração e dilatação do revestimento devido às variações térmicas;
- juntas de construção mal executadas.

#### **4.4.2 Técnicas de Manutenção para as patologias de maior incidência na Rua Barão do Amazonas**

##### **4.4.2.1 Técnicas para reabilitação das exsudações**

Em várias situações, repetidas aplicações de areia quente, capazes de absorver o excesso de asfalto, podem ser utilizadas para **correção** das exsudações. Outra medida seria utilizar uma camada delgada de mistura usinada a quente, com teor de asfalto baixo, no entanto, há necessidade desta ser revestida com outra camada asfáltica, para que seja **evitado** o desgaste. A fresagem a frio, pode ser executada, removendo assim a parte superior da capa asfáltica, logo após é realizado o acabamento do revestimento ou ainda, preparando a superfície para que esta receba um tratamento superficial ou uma camada delgada de concreto asfáltico (YOSHIZANE, 2005).

#### **4.4.2.2 Técnicas para reabilitação das painéis**

As técnicas recomendadas são as mesmas do item 4.1.2.1 (Técnicas para reabilitação das painéis).

#### **4.4.2.3 Técnicas para reabilitação de desgastes**

As técnicas recomendadas são as mesmas descritas no item 4.1.2.2 (Técnicas para reabilitação de desgastes).

#### **4.4.2.4 Técnicas para reabilitação de trincas isoladas**

As técnicas para reabilitação desta patologia são as mesmas descritas no item 4.1.2.3 (Técnicas para reabilitação de Trincas isoladas).

#### **4.4.2.5 Técnicas para reabilitação dos PVs**

As técnicas para reabilitação desta patologia são as mesmas descritas no item 4.1.2.5 (Técnicas para reabilitação dos PVs).

#### 4.5 Análise da Rua Bento Manoel

A Rua Bento Manoel é considerada uma pista simples, sendo uma via de mão dupla. A contagem de veículos na rua foi realizada em 3 de julho de 2013, o tráfego de veículos foi considerado médio, e possui linha de ônibus na via. O fator de frota, que indica o percentual de veículos comerciais (ônibus e caminhões) em relação ao total de veículos que é dado pela soma de veículos comerciais e de passeio (automóveis e utilitários) foi de 4,74%. Os dados referentes à média, utilizada para classificação do tráfego e ao fator de frota são vistos na Tabela 35.

No dia 4 de agosto, em um domingo, foram levantadas e cadastradas as patologias para realização do IGG.

A última manutenção realizada na via ocorreu antes de 2010, porém não se tem a data específica. A base utilizada nesta via foi o paralelepípedo e o revestimento utilizado foi o CBUQ. A coleta de lixo na via ocorre de segunda à sábado.

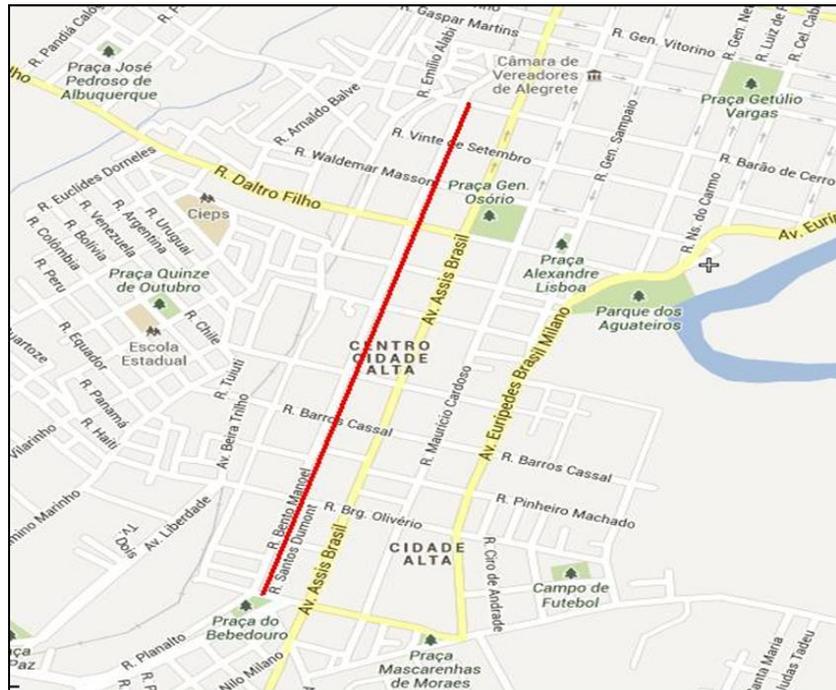
Foram analisados 1000m de extensão, sendo levantadas 25 seções, a coleta de dados e levantamento fotográfico foi realizada em um domingo, dia 4 de agosto de 2013. A largura da via medida foi 11 m, os acostamentos possuem 55 cm e as calçadas medindo 3,3 m. A Figura (59) mostra a extensão total da Rua Bento Manoel, já a Figura (60) estabelece o trecho analisado da via. As tabelas 36, 37, 38 e 39 apresentam um resumo dos tipos e quantidades de defeitos encontrados nas seções analisadas.

Tabela 35 – Média de Tráfego e Fator de Frota encontrados na Rua Bento Manoel

<b>Via</b>	Média de veículos	Classificação	Veículos de Passeio	Veículos Comerciais	Fator de Frota (%)
<b>Rua Bento Manoel</b>	232	Médio	221	11	4,74

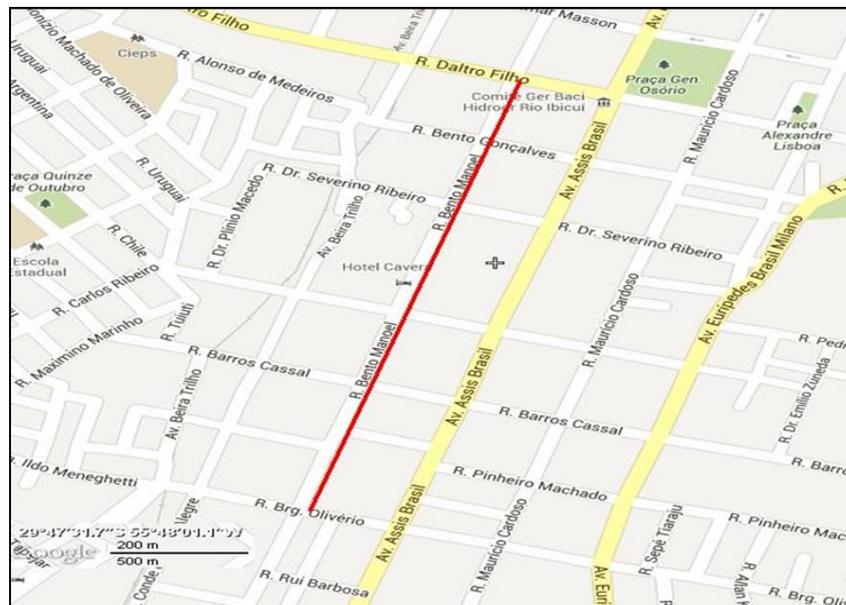
Fonte: Elaboração Própria

Figura 59 – Extensão total da Rua Bento Manoel



Fonte: Google Maps 2013

Figura 60 – Trecho analisado da Rua Bento Manoel



Fonte: Google Maps 2013

Tabela 36 – Seções 1 à 8: Rua Bento Manoel

<b>Patologia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	6	2	1	8	6	2	8	3
FC-2 (J e TB)	1				1		4	3
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos		1				1		
Ondulação				1	3			1
Escorregamento								
Panela	2	2		5	4	2	5	
Exsudação	1		1		1	1	1	1
Desgaste		3		4	1	1	5	2
Remendo			1		1		1	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 37 – Seções 9 à 16: Rua Bento Manoel

<b>Patologia</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	3	2	6	4	1	3	6	7
FC-2 (J e TB)			2	2			3	
FC-3 (JE e TBE)								
Afundamentos								1
Ondulação	1	1					1	2
Escorregamento	1	1						
Panela	6	8	9		2			3
Exsudação	1							
Desgaste	3	3		4	6	6	2	4
Remendo	1	2	1			1	2	

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 38 – Seções 17 à 20: Rua Bento Manoel

<b>Patologia</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	3	3	3	5
FC-2 (J e TB)	2		1	2
FC-3 (JE e TBE)				
Afundamentos				1
Ondulação		1	1	
Escorregamento				
Panela	2			2
Exsudação		1		
Desgaste	3	4		2
Remendo				

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 39 – Seções 17 à 25: Rua Bento Manoel

<b>Patologia</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
Fissuras e Trincas Isoladas	4	7	6	4	6
FC-2 (J e TB)		3	2	2	3
FC-3 (JE e TBE)					
Afundamentos				1	
Ondulação		6		1	1
Escorregamento			1		
Panela		3		2	
Exsudação	2	1		1	
Desgaste	2	1	1	3	1
Remendo			2	1	1

Fonte: Elaboração Própria

A Rua Bento Manoel, por meio do IGG obteve um valor de **121,36**, com isso, conforme a Tabela 2, o grau de degradação do pavimento foi considerado **Ruim** ( $80 < \text{IGG} < 160$ ). Os defeitos vistos com maior frequência relativa foram os desgastes e as panelas, com 72% e 60%, respectivamente.

A Tabela 40 apresenta o cálculo realizado na Rua Bento Manoel para atribuição do IGG.

Tabela 40: Planilha de Cálculo do IGG para Rua Bento Manoel

Planilha de Cálculo do IGG		Data: 04/08/2013			
Via: <b>Rua Bento Manoel</b>					
Tipo do Defeito	Defeito	Freq. Absoluta	Freq. Relativa (%)	F. de Ponderação	IGI
1	FC-1 e T. Isoladas	11	44	0,2	3,87
2	FC -2 (J e TB)	14	56	0,5	15,68
3	FC-3 (JE e TBE)	0	0	0,8	0
4	Afundamentos	5	20	0,9	4,5
5	Ondulação	12	48	1	23,04
	Panela	15	60	1	36
	Escorregamento	3	12	1	1,44
6	Exsudação	11	44	0,5	9,68
7	Desgaste	18	72	0,3	15,55
8	Remendo	11	44	0,6	11,62
<b>Número de estações inventariadas n = 25</b>					<b><math>\Sigma</math> IGI = 121,38</b>
					<b>Ruim</b>

Fonte: Elaboração Própria

As trincas longitudinais e transversais (Figura 61) foram defeitos vistos de forma muito comum na via, até mesmo pela quantidade de veículos comerciais e pesados que trafegam diariamente no trecho estudado.

Figura 61 – Trinca Isolada encontrada na Rua Bento Manoel



Fonte: Elaboração Própria

As painelas encontradas na via apresentaram dimensões maiores em relação à outras vias e por várias vezes a cavidade afetava até mesmo a base da estrutura do pavimento como pode ser visto na Figura 62.

Figura 62 – Painela encontrada na Rua Bento Manoel



Fonte: Elaboração Própria

As ondulações (Figura 63) foram vistas com frequência relativa alta (48%) na via, sendo que este defeito normalmente ocorre pelo excesso de asfalto, excesso de agregado fino ou até mesmo por retenção de água na mistura asfáltica.

Figura 63 – Ondulação encontrada na Rua Bento Manoel



Fonte: Elaboração Própria

Em várias seções da via foram possíveis verificar alguns remendos que passavam por toda largura da via (Figura 64), que eram oriundos de obras da empresa que realiza as manutenções de drenagem no município, bem como colocação de encanamentos de esgoto.

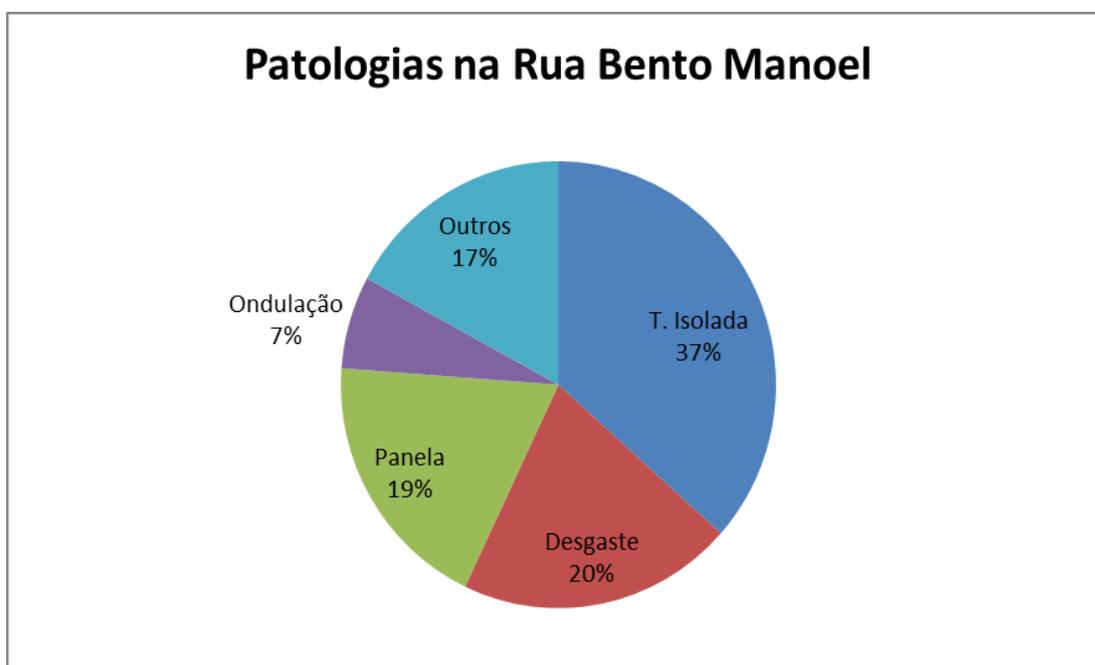
Figura 64 – Remendos de manutenção da drenagem na Rua Bento Manoel



Fonte: Elaboração Própria

O gráfico da Figura 65 apresenta o percentual de contribuição das patologias encontradas na Rua Bento Manoel.

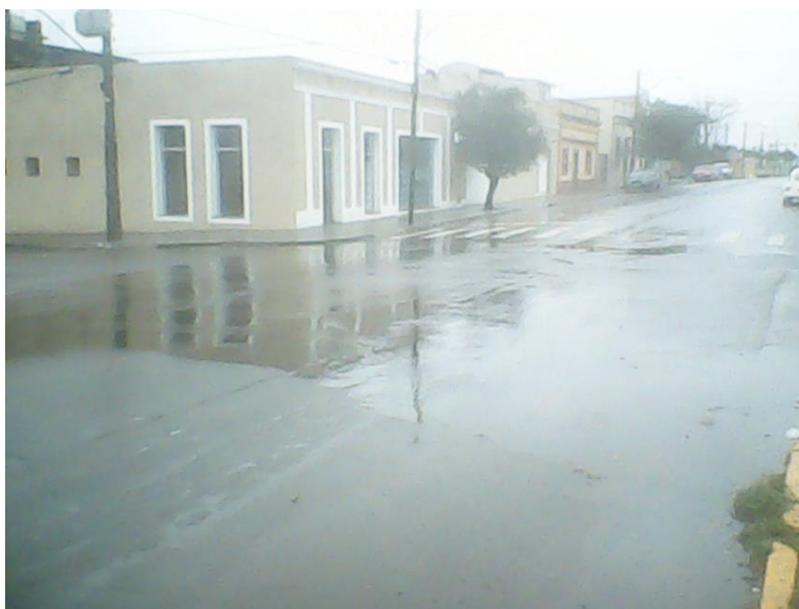
Figura 65 – Percentual de patologias encontradas na Rua Bento Manoel



Fonte: Elaboração Própria

Com relação às condições de drenagem na Rua Bento Manoel, verificou-se que para a precipitação em questão em alguns pontos da pista há acúmulo de lâminas d'água, principalmente em zonas de intersecções que ligam uma via a outra (Figura 66), bem como em alguns pontos foi detectado acúmulo de água em pontos entre pista/acostamento, como pode ser visto na Figura 67.

Figura 66 – Aspecto da Rua Bento Manoel em um dia chuvoso



Fonte: Elaboração Própria

Figura 67 – Acúmulo de água em pontos entre pista/acostamento



Fonte: Elaboração Própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície, que foca no conforto ao rolamento proporcionado pela via em questão, o Valor de Serventia Atual atribuído a Rua Bento Manoel pelos avaliadores foi de **2,9**, ou seja, através da Tabela 9, seu conceito foi considerado **Regular**. Na Tabela 41 podem ser vistas as notas que cada um dos avaliadores atribuiu para a via.

Tabela 41 – Notas atribuídas a Rua Bento Manoel referente ao VSA

Rua Bento Manoel	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	Desvio-Padrão	Média	Conceito
Notas	1,8	3	3	2,5	4	3,5	<b>0,77</b>	<b>2,9</b>	<b>Regular</b>

Fonte: Elaboração Própria

O motorista 3 observou que o pavimento possui alguns remendos mal executados, e que a via necessitaria de uma manutenção preventiva, e salientou que a via em questão poderia adotar a utilização de um único sentido (mão única). O motorista 4 observou que o pavimento possui algumas irregularidades. O motorista 6 observou que o pavimento está em bom estado, porém ressaltou que este possui algumas saliências ao longo do trecho.

#### 4.5.1 Prováveis causas das patologias com maior incidência na Rua Bento Manoel

**a) Desgaste** – As possíveis causas para o aparecimento de desgastes na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006):

- execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- ligante asfáltico perde adesividade e há o desalojamento progressivo das partículas do agregado;
- perda de agregados ou argamassa fina do revestimento asfáltico.

**b)Panela** – As possíveis causas para o surgimento das panelas são(YOSHIZANE, 2005; BERNUCCI et al., 2006; ROCHA, 2010):

- aplicação de asfalto insuficiente ou ainda por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente;
- erro na pintura de ligação em camadas de revestimento ocasionando destacamento;
- evolução de trincas por fadiga;
- evolução de desgaste de alta severidade;
- falha construtiva – compactação deficiente;
- presença constante de água e ação do tráfego.

**c)Trincas couro de jacaré e trincas bloco** – As possíveis causas para o surgimento destas patologias são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006; ROCHA, 2010):

- ação repetida das cargas de tráfego;
- alternância da mudança diária de temperatura que acusam contrações de revestimento existente;
- união de trincas transversais e longitudinais;
- variação de volume na mistura asfáltica do revestimento, subleito ou na base.

**d)Corrugação/Ondulação** – As possíveis causas para o aparecimento das corrugações na via são (YOSHIZANE, 2005; MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, 2006):

- cura insuficiente das misturas produzidas com emulsões asfálticas ou asfaltos diluídos;

- excesso de umidade das camadas subjacentes;
- fraca ligação entre base e revestimento;
- instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento.

## **4.5.2 Técnicas de manutenção para as patologias na Rua Bento Manoel**

### **4.5.2.1 Técnicas para reabilitação de desgastes**

As técnicas recomendadas são as mesmas descritas no item 4.1.2.2 (Técnicas para reabilitação de desgastes).

### **4.5.2.2 Técnicas para reabilitação das panelas**

As técnicas recomendadas são as mesmas do item 4.1.2.1 (Técnicas para reabilitação das Panelas).

### **4.5.2.3 Técnicas para reabilitação das trincas couro de jacaré e trincas bloco**

Pode ser utilizado o **Procedimento Executivo de Recuperação (P.E.R. – 006)** – Preparo Total de Revestimento Asfáltico do Manual de patologia e manutenção de pavimentos que é voltado para as corrugações, **trincas couro de jacaré**, trinca de reflexão, escorregamento de revestimentos ou de massa, afundamentos em trilha de roda e depressão.

Este procedimento consiste na remoção da camada asfáltica, podendo incluir a substituição da base e Sub-base (dependendo do diagnóstico).

O Procedimento Executivo é realizado efetuando-se os seguintes passos:

- é realizada a delimitação da área a ser reparada. Os lados terão 15 cm além da área do defeito;
- com a área delimitada é realizado o corte vertical, com a utilização de um disco de corte;
- remoção da camada asfáltica e, se necessário, da sub-base;
- caso a base e sub-base necessitem serem refeitas, seguirão o que foi indicado no projeto de recuperação rigorosamente (deverão ser dados grau de compactação e umidade ótima, além do período de cura no caso de solo-cimento e BGTC, realizando a imprimação da base;

- se não for preciso refazer a base, é realizada a limpeza da superfície asfáltica remanescente, com o emprego de jato de ar ou vassoura mecânica;
- nas faces verticais e superfície remanescente é feita a aplicação de pintura de ligação;
- é lançada uma camada de CBUQ, com até 7 cm de espessura e esta é compactada. Usa-se placa vibratória para pequenos reparos, enquanto para grandes reparos faz-se uso do rolo vibratório;
- tanto a temperatura de mistura quanto à aplicação da massa asfáltica devem seguir o que foi especificado. No máximo 7% deverá ser o volume de vazios (Vv) com o ar da mistura compactada (SILVA, 2008).

#### 4.5.2.4 Técnicas para reabilitação das corrugações/ondulações

Como **medida corretiva** para a corrugação pode ser realizada a escarificação do revestimento, seguida de mistura com a base e logo após a compactação. Por fim, é aplicado o ligante asfáltico e é feito o lançamento de um novo tratamento superficial.

Para os casos em que o revestimento tenha uma espessura de + de 5 cm, pode-se utilizar uma fresadora a frio para remoção das corrugações, e posteriormente é realizada aplicação de uma capa selante ou recapeamento de concreto asfáltico. No caso de um **reparo efetivo**, para corrugações de severidade alta, as áreas em que forem verificadas deformações plásticas do revestimento serão removidas e remendadas. Esta remoção deve ser estendida, em planta, no mínimo 30 cm além das extremidades da área que foi afetada. No caso de corrugações de pequena extensão, pode ser feito uso de uma serra circular, que resultará em rapidez na operação desenvolvida e trará menores danos ao pavimento adjacente. Depois de ser realizada a remoção do material, é executado o remendo, do mesmo modo como é realizado para as trincas por fadiga do revestimento: é feita limpeza prévia, a pintura de ligação é aplicada, lança-se a mistura asfáltica, é realizado o acerto bem como o nivelamento do material lançado, para então ser feita a compactação e verificação da qualidade deste remendo (YOSHIZANE, 2005).

Outra técnica que poderia ser utilizada seria o **Procedimento Executivo de Recuperação (P.E.R. – 006)** – Preparo Total de Revestimento Asfáltico do Manual de patologia e manutenção de pavimentos, que já foi descrito no item 4.5.2.3 Técnicas para reabilitação das Trincas Couro de Jacaré e Trincas Bloco.

#### 4.6 Especificações do CAP - 50

O ligante asfáltico que é utilizado na pavimentação asfáltica deve seguir as devidas especificações. O CAP-50, o cimento asfáltico que foi utilizado em 3 das vias analisadas, sendo elas às seguintes: Av. Assis Brasil, Av. Dr. Lauro Dornelles e Rua Barão do Amazonas, segue às exigências da norma do DNIT 095/2006 –EM e as especificações contidas na Faixa B do DAER-RS. O traço utilizado no CBUQ nestas vias é apresentado na Tabela 42, enquanto o traço utilizado para reperfilagem das mesmas é visto na Tabela 43.

Entre os anos de 1986 à 2005 a classificação do CAP era realizada com ênfase na viscosidade absoluta, e estes eram subdivididos em: CAP – 7, CAP-20 e CAP-40. A Agência Nacional de Petróleo, Gás e Energia (ANP) aprovou em julho de 2005 uma nova especificação de CAP para todo o Brasil. Essa especificação que esta sendo utilizada é realizada com base no ensaio de penetração e apresenta as seguintes classificações: CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 e CAP-150/200, sendo estes números referidos à penetração (BERNUCCI et al., 2006).

Tabela 42 – Traço utilizado no CBUQ

Faixa B - DAER	
<b>Materiais</b>	<b>Percentual (%)</b>
Brita 1 (3/4")	17,98
Pedrisco (3/8")	24,59
Pó de Brita	52,03
CAP	5,40

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 43 – Traço utilizado na reperfilagem

Faixa B – DAER	
<b>Materiais</b>	<b>Percentual (%)</b>
Brita 1 (3/4")	12
Pedrisco (3/8")	26,40
Pó de Brita	56,20
CAP	5,40

Fonte: Elaboração Própria

Os CAPs, em condições gerais devem ser homogêneos, não espumar quando aquecidos a 175° C e não conter água. As amostras de CAP são submetidas aos ensaios mostrados na Tabela 44 e devem atender as especificações contidas nesta.

Tabela 44 - Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) -  
Classificação por penetração

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LIMITES				MÉTODOS		
		CAP 30 / 45	CAP 50 / 70	CAP 85 / 100	CAP 150 / 200	ABNT	ASTM	DNER
Penetração (100 g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 - 45	50 - 70	85 - 100	150 - 200	NBR 6576	D 5	ME 003/99
	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36	
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950	E 102	ME 004/94
a 135 °C, mín		192	141	110	80			
a 150 °C, mín		90	50	43	36			
a 177 °C		40 - 150	30 - 150	15 - 60	15 - 60			
OU								
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184	D 4402	
a 135°C, SP 21, 20 rpm, mín		374	274	214	155			
a 150 °C, SP 21, mín.		203	112	97	81			
a 177 °C, SP 21		76 - 285	57 - 285	28 - 114	28 - 114			
Índice de susceptibilidade térmica (1)		(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)	(1,5) a (+0,7)			
Ponto de fulgor mín	°C	235	235	235	235	NBR 11341	D 92	ME 149/94
Solubilidade em tricloroetileno, mín	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042	ME 153/94
Ductilidade a 25° C, mín	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113	ME 163/98
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163 °C, 85 min							D 2872	
Variação em massa, máx (2)	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5			
Ductilidade a 25° C, mín	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113	ME 163/98
Aumento do ponto de amolecimento, máx	°C	8	8	8	8	NBR 6560	D 36	
Penetração retida, mín (3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5	ME 003/99

Fonte: NORMA 095/2006 – EM (DNIT, 2006, p.4)

Na sequência, são descritos alguns ensaios relacionados na tabela acima:

**Ensaio de Penetração** – Também pode ser chamado de ensaio de consistência e determina a dureza ou consistência relativa de um CAP. O ensaio fornece uma medida em décimos de milímetros da penetração do CAP de uma agulha padronizada a 25° C, durante 5s. Valores baixos são característicos de asfaltos muito consistentes enquanto valores altos caracterizam asfaltos mais moles (BALBO, 2007).

**Viscosidade Saybolt Furol** – O emprego do ensaio de viscosidade é realizado para determinar o estado de fluidez do CAP para diferentes temperaturas de aplicação e uso do material (BALBO, 2007).

**Ponto de Amolecimento** – O ensaio também é conhecido por anel e bola, e é realizado para definir a temperatura em que o CAP torna-se fluído (BALBO, 2007).

**Ponto de Fulgor** - O ensaio é realizado para determinar a máxima temperatura a qual o CAP pode ser aquecido sem que haja o risco de inflamação do material em presença de chama livre, como é exigido no caso de seu uso em usinas misturadoras a quente (BALBO, 2007).

## **4.7 Materiais utilizados nas vias analisadas**

### **4.7.1 Paralelepípedo**

Verificou-se que as 5 vias analisadas tinham como base o paralelepípedo. O Paralelepípedo está incluído entre os materiais utilizados como base para pavimentos flexíveis, é bem verdade que na maioria das vezes ele é utilizado por aproveitamento, pois eram antigos revestimentos que passaram a receber recapeamento com misturas betuminosas. O paralelepípedo pode ser definido como uma peça de pedra paralela com o formato do sólido que lhe dá o nome (SENÇO, 2007).

### **4.7.2 Pré - misturado à frio (PMF)**

Os PMF foram utilizados apenas na Rua dos Andradas, quando da construção do pavimento em questão, e utilizado em agosto de 2013 na operação “tapa-buraco” em alguns pontos da via e em algumas outras vias da cidade em uma operação de manutenção realizada pela Prefeitura Municipal de Alegrete.

Os PMF podem ser definidos entre a mistura de agregado e asfalto, no qual o agregado é empregado à temperatura ambiente, sem prévio aquecimento. O PMF é considerado um produto menos nobre em relação ao pré-misturado a quente e ao CBUQ (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006; SENÇO, 2007).

### 4.7.3 Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

O CBUQ foi utilizado como revestimento asfáltico em 4 das vias analisadas, sendo elas às seguintes: Av. Assis Brasil, Av. Dr. Lauro Dornelles, Rua Barão do Amazonas e Rua Bento Manoel.

O CBUQ pode ser considerado o mais nobre dos revestimentos para pavimentos flexíveis. Consiste na mistura entre os agregados, que precisam atender rigorosas especificações e o betume que deve ser devidamente dosado. A mistura é realizada com controle rigoroso de granulometria, temperaturas do agregado e do betume, teor de betume além dos serviços de transporte, aplicação e compressão que exigem igualmente um controle rigoroso nas etapas de pavimentação (SENÇO, 2007).

## 4.8 Comparação de resultados entre as avaliações objetiva e subjetiva (IGG e VSA)

### 4.8.1 Comparação entre IGG e VSA na Av. Assis Brasil

Na Av. Assis Brasil, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via foram semelhantes, como é possível verificar na Tabela 45.

Enquanto a avaliação objetiva obteve uma classificação Regular, a avaliação subjetiva apresentou um resultado satisfatório com conceito Bom. O fato dos resultados obtidos serem satisfatórios está ligado à manutenção recente (2011/2012) que a via recebeu, ainda mais por se tratar de uma via onde há intensa movimentação de tráfego, conforme classificação realizada por meio de contagens.

Tabela 45 – Comparação entre IGG e VSA na Av. Assis Brasil

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>
Av. Assis Brasil	74,22	Regular	3,8	Bom

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em CBUQ

Base de Paralelepípedo

CAP-50

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8.2 Comparação entre IGG e VSA na Av. Dr. Lauro Dornelles

Na Av. Dr. Lauro Dornelles, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via foram semelhantes, como é possível verificar na Tabela 46.

Enquanto a avaliação objetiva obteve uma classificação Regular, a avaliação subjetiva apresentou um resultado satisfatório com conceito Bom. O fato dos resultados obtidos serem satisfatórios está ligado: à manutenção recente que a via recebeu (2011/2012); além do fato da via possuir um tráfego médio de veículos, conforme classificação realizada por meio de contagens.

Tabela 46 – Comparação entre IGG e VSA na Av. Dr. Lauro Dornelles

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>
Av. Dr. Lauro Dornelles	74,61	Regular	3,6	Bom

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em CBUQ

Base de Paralelepípedo

CAP-50

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8.3 Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas

Na Rua dos Andradas, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via foram semelhantes, como é possível verificar na Tabela 47.

Enquanto a avaliação objetiva obteve uma classificação de Péssimo, a avaliação subjetiva também apresentou um resultado fraco, com conceito Ruim. O fato dos resultados obtidos serem abaixo da média em ambas avaliações está ligada a falta de manutenção na via, que há muitos anos não recebia manutenção e esse ano passou por uma operação “tapa-buraco” que abrangeu uma pequena parte da via, além do fato da via receber um tráfego classificado como alto conforme classificação realizada por meio de contagens.

Tabela 47 – Comparação entre IGG e VSA na Rua dos Andradas

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>
Rua dos Andradas	310,83	Péssimo	1,2	Ruim

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em PMF

Base de Paralelepípedo

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8.4 Comparação entre IGG e VSA na Rua Barão do Amazonas

Na Rua Barão do Amazonas, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via foram iguais, como é possível verificar na Tabela 48.

Tanto a avaliação objetiva quanto a avaliação subjetiva apresentaram um conceito Bom. O fato dos resultados obtidos serem satisfatórios está ligado: ao fato da via ter recebido manutenção recentemente (2012); e a via apresentar um tráfego médio conforme classificação realizada por meio de contagens.

Tabela 48 – Comparação entre IGG e VSA na Rua Barão do Amazonas

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>
Rua Barão do Amazonas	38,91	Bom	3,6	Bom

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em CBUQ

Base de Paralelepípedo

CAP-50

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8.5 Comparação entre IGG e VSA na Rua Bento Manoel

Na Rua Bento Manoel, os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva, realizadas na via foram semelhantes, como é possível verificar na Tabela 49.

Enquanto a avaliação objetiva obteve uma classificação Ruim, a avaliação subjetiva também apresentou um conceito Regular. Os resultados obtidos foram

alarmantes e isto se deve ao fato de: a via não ter recebido manutenção nos últimos anos; e o tráfego que mesmo sendo classificado como médio conforme classificação realizada por meio de contagens apresentou um número elevado de veículos pesados.

Tabela 49 – Comparação entre IGG e VSA na Rua Bento Manoel

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>
Rua Bento Manoel	121,36	Ruim	2,9	Regular

OBSERVAÇÕES:

Revestimento em CBUQ

Base de Paralelepípedo

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8.6 Comparação entre IGG e VSA nas vias analisadas

Na tabela 50 são mostrados os resultados referentes às avaliações objetiva e subjetiva para às 5 vias analisadas, além dos dados referentes a manutenção recente e classificação quanto ao tráfego obtida por meio de contagens nas vias.

Tabela 50 – Comparação entre IGG e VSA nas vias analisadas

<b>Via Analisada</b>	<b>Nota do IGG</b>	<b>Conceito do IGG</b>	<b>Média do VSA</b>	<b>Conceito do VSA</b>	<b>Classificação do Tráfego</b>	<b>Última manutenção</b>
<b>Av. Assis Brasil</b>	74,22	<b>Regular</b>	3,8	<b>Bom</b>	Alto	2011/2012
<b>Av. Dr. Lauro Dornelles</b>	74,61	<b>Regular</b>	3,6	<b>Bom</b>	Médio	2011/2012
<b>Rua Barão do Amazonas</b>	38,91	<b>Bom</b>	3,6	<b>Bom</b>	Médio	2012
<b>Rua dos Andradas</b>	310,83	<b>Péssimo</b>	1,2	<b>Ruim</b>	Alto	Sem Informação
<b>Rua Bento Manoel</b>	121,36	<b>Ruim</b>	2,9	<b>Regular</b>	Médio	Sem Informação

Fonte: Elaboração Própria

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre as patologias encontradas nos pavimentos flexíveis de algumas vias da zona urbana de Alegrete. Em relação às condições de superfície do pavimento, foram realizadas duas avaliações: Avaliação Objetiva de Superfície, para determinação do Índice de Gravidade Global; e Avaliação Subjetiva de Superfície, para obtenção do Valor de Serventia Atual.

Evidenciou-se, ao longo do trabalho, a importância do conhecimento dos tipos de defeitos encontrados nos pavimentos, para uma melhor análise das condições dos mesmos e para a escolha das melhores técnicas de recuperação a serem adotadas.

As Ruas Barão do Amazonas, Av. Assis Brasil e Av. Dr. Lauro Dornelles mesmo apresentando patologias em sua superfície obtiveram resultados satisfatórios tanto na Avaliação Objetiva de Superfície como na Avaliação Subjetiva de Superfície. Em comum, há de se levar em conta que ambas as vias passaram por manutenção nos últimos anos.

A Rua Bento Manoel em relação à Serventia, que leva em conta o conforto e a segurança que a via proporciona ao usuário, foi classificada como Regular. Já quanto à classificação do IGG, que reflete as condições do estado superficial dos pavimentos, foi classificada como “Ruim”, apresentando um elevado número de defeitos. Soluções foram sugeridas, contudo, se fariam necessários estudos das deflexões admissíveis e deflexões de projeto, para determinação precisa das medidas corretivas a serem realizadas, como é visto na Norma DNER-PRO 010/79.

Para a Rua dos Andradas, que em relação à Serventia obteve uma classificação “Ruim” e quanto ao IGG obteve a classificação de Péssimo (IGG=310,83), as medidas a serem tomadas segundo a Norma DNER-PRO 010/79 seriam a remoção parcial ou total do pavimento existente e sua substituição parcial ou total por nova estrutura projetada com base no critério de resistência, o que se mostra coerente com a situação verificada na via, que apresenta patologias em grande quantidade ao longo de toda sua extensão.

Com base nos estudos realizados em vias urbanas, a utilização da Norma DNIT 006/2003-PRO traz dificuldades em interpretar os resultados obtidos, uma vez que não define de forma clara o real estado de conservação das vias. Isso ocorre, pois a pesquisa está baseada em um método qualitativo e não quantitativo, uma vez

que a norma leva em consideração a ocorrência de apenas uma determinada patologia por seção. Para uma maior clareza do estado de conservação, deveria ser levado em conta o número de patologias bem como o tamanho desta em relação ao tamanho do segmento analisado.

No meio urbano, os pavimentos acabam compartilhando o solo com a infraestrutura de redes subterrâneas, e para qualquer serviço de manutenção que se faça necessário é preciso à intervenção nos pavimentos. Em Alegrete, assim como em outros locais do Brasil conforme literatura pesquisada, nota-se a falta de planejamento entre a Prefeitura e a empresa que realiza os serviços públicos de distribuição de água e drenagem urbana, verificando-se assim a ausência de um trabalho integrado entre as diversas esferas do serviço público, que acaba interferindo no espaço da via pública.

Além disso, a falta de verba faz com que a Prefeitura não possua um programa de manutenção, ou seja, uma política de investimentos de manutenção preventiva, muito conhecida por Gerência de Pavimentos, e isto faz com que o pavimento apresente um número elevado de defeitos e causando danos que podem vir a se tornar irreversíveis e que poderiam ser prevenidos. Muitos desses problemas que surgem nos pavimentos flexíveis em Alegrete são decorrentes de uma má drenagem e dos próprios remendos que são realizados esporadicamente, quando possível, nas operações do tipo “tapa-buraco”.

Alegrete, por ser um município em que as condições climáticas (umidade, temperatura e chuvas) variam durante o ano inteiro, com o pavimento asfáltico sendo exposto a severas intempéries que pode provocar a queda da capacidade de suporte do pavimento, além do fato de não ter um controle sobre o tráfego nas vias e falhas no plano de manutenção.

De uma maneira geral, o planejamento quanto à manutenção das vias é imprescindível para que o pavimento proporcione boas condições de trafegabilidade, além de segurança e redução de gastos aos usuários das vias.

Por fim, a pesquisa realizada contribui com os estudos de levantamento de defeitos em pavimentos flexíveis de vias urbanas e à caracterização desses.

## 6 SUGESTÕES

Algumas questões não foram respondidas na presente pesquisa e necessitam de estudos adicionais. Para o planejamento de manutenção e recuperação dos pavimentos, a avaliação desses é de fundamental importância, e algumas informações seriam importantes para o estabelecimento de prioridades de investimentos, tais como: estudo do volume de tráfego na via em estudo mais aprofundado, conforme as normas de tráfego do DNIT; e porcentagem de veículos pesados que trafegam a via.

Como sugestões para pesquisas futuras, podemos citar:

- estudos das deflexões, para determinação das medidas corretivas nos pavimentos que apresentam  $IGG < 160$  e patologias em sua superfície;
- quantificação das áreas que apresentam patologias e dos custos necessários para os reparos;
- medição da irregularidade longitudinal nas vias urbanas, pois este é o principal indicador dos níveis de economia, segurança e conforto ao rolamento, que do ponto de vista do usuário são as qualidades mais importantes em um pavimento.

## Referências

ALMEIDA, R.S. **Patologias em Pavimentos Asfálticos** – estudo de caso em dois trechos de rodovias da região norte de Mato Grosso. 2011. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2011.

AZAMBUJA, A. R. **Pavimentos Asfálticos: Análise de Patologias na Repavimentação de Trechos Devido a Obras de Rede de Esgoto Sanitário.** 2009. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração.** 1º Edição, São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.** 1º Edição, Rio de Janeiro: Editora ABEDA, 2006.

BRANCO, Fernando et al. **Pavimentos Rodoviários.** 1º Edição, Coimbra : Editora Almedina, 2006.

DANIELESKI, M.L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos:** aplicação à rede viária de Porto Alegre. 2004. 151 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DNER. **Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis – Procedimento A.** DNER PRO 010/79. Volume I, Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1979, 31p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/>. Acesso em: 18/03/2013

DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego**, IPR/DNIT/ABNT. 1º.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2006. 384 p.

DNIT. **Manual de Pavimentação**, IPR/DNIT/ABNT. 3°.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2006. 278 p.

DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**, IPR/DNIT/ABNT. 2°.ed.Rio de Janeiro, RJ, 2006. 313 p.

FIGUEIREDO, S. F. T.; THOMAZ, S. C.; KAWANO, F. A. **Defeitos no Pavimento Flexível na Cidade de São Paulo – Bairro Interlagos**. 2010. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010.

GONÇALVES, F. J. P. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. 1999. 149 f. Seminário de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/09.pdf/>> Acesso em: 21 de fev. 2013.

JUNIOR, A. C. T. **Defeitos em Pavimentos Flexíveis – Estudo de caso do lote 3 do programa Pró-Vicinas Fase IV-SP 294**. 2011. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Uberaba, Uberlândia, 2011.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 2º Edição, Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

LINK, V. M. **Pavimentos Asfálticos em Corredores de Ônibus: Patologias e concepção de alternativas**. 2009. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

NORMA DNIT 005/2003 - **TER Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**.

NORMA DNIT 006/2003 – **PRO Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos – Procedimento**

NORMA DNIT 009/2003 – **PRO Avaliação Subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**

NORMA DNIT 095/2006 – **EM Cimentos Asfálticos de Petróleo – Especificação do material**

PIRES, F. L. S. **Avaliação de Soluções de Restauração Funcional de Pavimentos** – Estudo de uma rodovia do Programa CREMA-RS. 2011. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PRESTES, M. P. **Métodos de Avaliação Visual de Pavimentos Flexíveis** – Um estudo comparativo. 2011. 146 f. Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROCHA, Robson Soares da; COSTA, Eduardo Antônio Lima. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações** – estudo de caso da avenida pinto de aguiar. 2010, 24f. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/>>. Acesso em: 18 de fev. 2013.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume1, 2º Edição, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2007.

SILVA, Paulo Fernando A. . **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2º Edição, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008.

SOUZA, M. J. **Patologias em Pavimentos Flexíveis**. 2004. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/157545132/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2013.

Av. Assis Brasil – Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Av. Dr. Lauro Dornelles – Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Rua dos Andradas– Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Rua Barão do Amazonas – Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Rua Bento Manoel – Alegrete-RS. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 18 de jul. 2013.

Precipitação e Temperaturas Máxima e Mínima em Alegrete no dia 24 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 28 de ag. 2013.



## Apêndice A – Planilha de levantamento

<b>Planilha de Levantamento</b>										
<b>Patologias no pavimento asfáltico na via selecionada (análise de 40 m)</b>										
<b>DEFEITO</b>	<b>Seções</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Fissuras e Trincas Isoladas</b>										
<b>FC-2 (J e TB)</b>										
<b>FC-3 (JE e TBE)</b>										
<b>Afundamentos</b>										
<b>Ondulação</b>										
<b>Panela</b>										
<b>Escorregamento</b>										
<b>Exsudação</b>										
<b>Desgaste</b>										
<b>Remendo</b>										

<b>TRÁFEGO</b>	Baixo		<b>Observações</b>
	Médio		
	Alto		
<b>LINHA DE ÔNIBUS</b>	Sim		
	Não		

## Apêndice B – Contagens volumétricas realizadas nas 5 vias analisadas

Tabela 3 – Contagens realizadas na Av. Assis Brasil

Tipo de Veículo	Horários das Contagens				
	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	203 / 166	271 / 313	323 / 278	319 / 348	180 / 229
Camionetas	25 / 21	28 / 40	50 / 39	44 / 50	14 / 17
Ônibus	9 / 9	9 / 11	10 / 11	10 / 12	7 / 12
Caminhões (2c)	6 / 5	8 / 12	10 / 10	10 / 7	2 / 4
Caminhões (3c)	1 / 0	0 / 0	1 / 0	0 / 2	0 / 1
Caminhões (2s2)	0 / 1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Caminhões (3s2)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Outros	46 / 24	88 / 91	72 / 59	78 / 73	51 / 58

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4 – Contagens realizadas na Av. Dr. Lauro Dornelles

Horários das Contagens					
Faixa 1 / Faixa 2					
<b>Tipo de Veículo</b>	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	120 / 140	157 / 244	158 / 263	192 / 365	48 / 89
Camionetas	29 / 33	23 / 27	18 / 29	31 / 40	10 / 18
Ônibus	15 / 2	12 / 2	11 / 4	10 / 2	6 / 2
Caminhões (2c)	15 / 8	7 / 4	9 / 8	3 / 4	3 / 2
Caminhões (3c)	0 / 0	1 / 1	0 / 0	2 / 0	1 / 0
Caminhões (2s2)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Caminhões (3s2)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Outros	35 / 43	44 / 72	42 / 41	49 / 69	20 / 34

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 5 – Contagens realizadas na Rua dos Andradas

Horários das Contagens					
<b>Tipo de Veículo</b>	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	228	259	299	319	174
Camionetas	26	43	49	45	34
Ônibus	0	0	0	0	2
Caminhões (2c)	5	8	8	5	1
Caminhões (3c)	0	0	0	0	0
Caminhões (2s2)	0	0	0	0	0
Caminhões (3s2)	0	0	0	0	0
Outros	75	82	76	80	59

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 6 – Contagens realizadas na Rua Barão do Amazonas

Horários das Contagens					
<b>Tipo de Veículo</b>	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	139	150	150	212	208
Camionetas	15	30	22	32	27
Ônibus	8	9	10	10	5
Caminhões (2c)	3	1	8	2	2
Caminhões (3c)	0	0	0	0	0
Caminhões (2s2)	0	0	0	0	0
Caminhões (3s2)	0	0	0	0	0
Outros	76	59	59	58	53

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 7 – Contagens realizadas na Rua Bento Manoel

Horários das Contagens					
Faixa 1 / Faixa 2					
<b>Tipo de Veículo</b>	08:30 às 09:30	11:30 às 12:30	14:30 às 15:30	17:30 às 18:30	20:30 às 21:30
Automóveis	192 / 116	221 / 257	244 / 204	236 / 275	140 / 103
Camionetas	31 / 17	24 / 25	33 / 25	22 / 26	18 / 5
Ônibus	4 / 3	3 / 2	4 / 1	2 / 3	1 / 1
Caminhões (2c)	5 / 6	15 / 10	5 / 10	8 / 3	2 / 1
Caminhões (3c)	2 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 0
Caminhões (2s2)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Caminhões (3s2)	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 1	0 / 0
Caminhão (3S3)	0 / 0	0 / 0	1 / 0	0 / 0	0 / 0
Outros	62 / 37	80 / 98	83 / 76	73 / 115	41 / 44

Fonte: Elaboração Própria

## Apêndice C – Condições específicas do teste de serventia

### Serventia

#### Condições específicas

Algumas condições específicas devem ser do conhecimento dos avaliadores:

- a) O avaliador pode classificar como “bom” um pavimento, ainda que suspeite que o mesmo possa romper-se no futuro.
- b) O avaliador deve levar em conta que o projeto geométrico dos trechos é adequado para qualquer tipo de tráfego.
- c) A avaliação não deve ser feita sob condições climáticas desfavoráveis.
- d) A resistência à derrapagem do revestimento não deve ser considerada.
- e) Os buracos, saliências, irregularidades nos acessos das pontes e irregularidades ocasionais devidas a recalques de bueiros devem ser desprezados.
- f) Os valores assinalados para os trechos avaliados anteriormente, não devem ser levados em conta para a análise dos demais.

A norma DNIT 009/2003, alerta que devem ser escolhidos trechos homogêneos, com extensão máxima de 2 quilômetros, para a determinação do valor de serventia atual.

Como pode ser visto no quadro 4 a escala de avaliação do VSA varia de 0 a 5, ou seja, pavimentos variando de “péssimo” à “ótimo”. Algumas perguntas devem ser feitas aos avaliadores para a tomada de decisão, sendo elas:

- a) O trecho em questão atende à finalidade para qual foi construído, e qual seria seu comportamento, durante um período de 24 horas por dia;
- b) Caso dirigisse um veículo durante 8 horas, qual conforto este pavimento me proporcionaria;
- c) Como se sentiria, ao longo de 800 km dirigindo sobre este pavimento;

As avaliações serão realizadas, imediatamente após percorrer o trecho avaliado, sendo a velocidade utilizada próxima do limite permitido.

## Apêndice D – Ficha de Avaliação de Serventia

<b>VSA – Valor de Serventia Atual</b>	5	<b>ÓTIMO</b>	<b>Conceito</b>
	4	<b>BOM</b>	
	3	<b>REGULAR</b>	
	2	<b>RUIM</b>	
	1	<b>PÉSSIMO</b>	
	0		

Trecho Analisado: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

Nota do Avaliador: \_\_\_\_\_

Data: / /

Avaliador: \_\_\_\_\_

