Campus de São Carlos

A utilização de um sistema de informação
geográfica como auxílio à gerência de
manutenção de estradas rurais não-
pavimentadas

Eliane Viviani

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

**A UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO
AUXÍLIO À GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO DE
ESTRADAS RURAIS NÃO-PAVIMENTADAS**

DEDALUS - Acervo - EESC

31100016407

Eliane Viviani

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Engenharia – Área: Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória

São Carlos

1998

Class.	TESE-EESC
Cnt.	6282
Tempo	10/22/98

st 0980193

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

V859u Viviani, Eliane
A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas / Eliane Viviani. -- São Carlos, 1998.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.

Área: Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória.

1. Sistema de Informação Geográfica.
2. Estradas não-pavimentadas. 3. Defeitos.
4. Avaliação da superfície. 5. Sistemas de gerência. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Engenheira **ELIANE VIVIANI**

Dissertação defendida e aprovada em 08-05-1998
pela Comissão Julgadora:

Prof. Associado **MANOEL HENRIQUE ALBA SÓRIA**(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Titular **ANTÔNIO CLOVIS PINTO FERRAZ**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **JOSÉ TADEU BALBO**
(Escola Politécnica - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **JOSÉ REMO FERREIRA BREGA**
(UNESP - Campus de Bauru)

Prof. Doutor **ANTÔNIO NÉLSON R. DA SILVA**
Coordenador da Área de Transportes

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

*Ao Neurimar, Leila e Elaine,
minha família, estrutura
do meu ser.*

AGRADECIMENTOS

- A Deus, pela grandeza da existência.
- Ao Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória pela orientação deste trabalho e pelas valiosas sugestões. Agradeço também sua confiança irrestrita e imediata, desde a orientação do mestrado, que num momento difícil, deram-me luz nova à caminhada.
- Ao Prof. Dr. Eiji Kawamoto — minha gratidão pela confiança, apoio, credibilidade e oportunidade, quando do meu ingresso no Departamento de Transportes.
- Ao Prof. Dr. Antônio Néelson Rodrigues da Silva, ou simplesmente, “Nelsinho”: um professor, um educador, um amigo, um entusiasta, um incentivador, um irmão!
- Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual Paulista — campus de Bauru, por ter possibilitado a elaboração desta tese.
- Aos monitores Sérgio Augusto Vieira de Almeida e Clara Elvira da Fonseca P. Ribeiro, pelo auxílio durante o último semestre da tese.
- Aos colegas do Departamento de Engenharia Civil da UNESP — Bauru.
- A todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Transportes da EESC/USP.
- Ao Sr. José Fernando Porto e Eng^o Marcos Antônio Moretti, na época do início da pesquisa, respectivamente, diretor do Departamento de Expansão Econômica e diretor da Assessoria de Planejamento da Prefeitura Municipal de São Carlos.
- A todos os amigos que, mesmo não convivendo com os aspectos técnicos, acabaram por partilhar dos anseios, angústias, fracassos e sucessos no decorrer do trabalho.
- Ao CNPq e CAPES, pela concessão de auxílio financeiro durante parte do período de desenvolvimento da tese.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMO	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Apresentação	01
1.2 Objetivos e aspectos gerais	02
1.3 Estrutura do trabalho	04
2. ADMINISTRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO SISTEMA VIÁRIO	07
2.1 Sistemas de Gerência de Pavimentos	07
2.2 Os Sistemas de Informações Geográficas	14
2.2.1 Aspectos gerais	14
2.2.2 Os Sistemas de Informações Geográficas e a Engenharia de Transportes	21
3. BREVE ESTUDO SOBRE AS ESTRADAS RURAIS NÃO-PAVIMENTADAS	34
3.1 Situação das estradas não-pavimentadas	34

3.2 Aspectos do sistema de gerência de vias não-pavimentadas da África	40
3.2.1 O sistema RTIM	42
3.2.2 O sistema MDS	43
3.3 Aspectos relacionados à deterioração das estradas não-pavimentadas	47
3.4 Aspectos referentes a alguns custos envolvidos na deterioração de uma estrada não-pavimentada	48
3.5 Avaliação das condições da via	49
3.5.1 O sistema <i>Gravel-PASER</i>	50
3.5.2 Avaliação das condições da superfície de estradas de terra, desenvolvida para Madagascar	54
3.5.3 Avaliação das condições da superfície de estradas de terra a partir do índice <i>ERCI</i>	57
3.6 Prejuízos decorrentes da utilização de uma estrada não-pavimentada sem manutenção	59
3.7 Algumas experiências brasileiras com os defeitos das estradas de terra	60
 4. PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DE VIAS NÃO-PAVIMENTADAS PROPOSTO PELO <i>U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS</i>	68
4.1 Princípios do método	68
4.2 Avaliação das condições das vias	71
4.2.1 Método de trabalho	72
4.2.2 Inspeção nas vias não-pavimentadas	73
4.2.3 Cálculo do <i>URCI</i> a partir das inspeções de campo	74
4.3 Guia de defeitos	74
4.4 Aspectos referentes à obtenção do índice <i>URCI</i>	77
4.4.1 Descrição dos defeitos e respectivos ábacos utilizados para o cálculo do <i>URCI</i>	77
4.4.2 Curvas para a determinação do <i>URCI</i>	83
4.4.3 Exemplo de determinação do <i>URCI</i>	84
4.5 Procedimentos introduzidos no método de avaliação de defeitos	87
4.5.1 Em relação ao defeito “buracos”	87
4.5.2 Consideração do defeito “atoleiro”	89

4.5.3 Consideração quanto à erosão da superfície	90
4.5.4 Largura trafegável do trecho	90
4.5.5 Extrapolação das curvas dos valores de dedução	91
5. ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DAS BASES DE DADOS	93
5.1 Definição da área a ser estudada	93
5.2 Caracterização da área de estudo e aquisição dos dados básicos	94
5.3 Entrada de dados	98
5.4 Obtenção das bases de dados básicos	101
5.5 Aspectos do levantamento de campo	106
6. INVESTIGAÇÃO DE CAMPO	114
6.1 Estradas percorridas na investigação de campo	114
6.1.1 Trecho 1 - Varjão - Água vermelha	115
6.1.2 Trecho 2 - Varjão - Represa do 29	116
6.1.3 Trecho 3 - Samambaia - Portal	116
6.1.4 Trecho 4 - Varjão - Quinta da felicidade - Portal	118
6.1.5 Trecho 5 - Condomínio Samambaia	118
6.1.6 Trecho 6 - Canchim - Represa do 29	119
6.1.7 Trecho 7 - Siltomac – Babilônia	120
6.1.8 Trecho 8 - Babilônia - Represa do 29	122
6.1.9 Trecho 9 - Itaipu/SP-215 + Aparecidinha	123
6.1.10 Trecho 10 - Represa do 29 - Fazenda da Barra	124
6.1.11 Trecho 11 - Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana	125
6.1.12 Trecho 12 - Aeromodelismo – Bifurcação	127
6.2 Considerações em relação às inspeções de campo	128
6.3 Volume de tráfego em uma das estradas percorridas	140
7. MANIPULAÇÃO DO SIG E OBTENÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	145
7.1 Classificação pedológica	145
7.2 Mapas temáticos utilizando a pedologia	151
7.2.1 Inspeções de campo em solos TE - Terra roxa estruturada	152

7.2.2 Inspeções de campo em solos AQ - Areias quartzosas	154
7.2.3 Inspeções de campo em solos LR - Latossolos roxos	155
7.2.4 Inspeções de campo em solos LE - Latossolos vermelho-escuros	157
7.2.5 Inspeções de campo em solos LV - Latossolos vermelho-amarelos	158
7.3 Mapas temáticos com as várias bases de dados existentes	160
7.4 Mapas temáticos a partir do modelo digital do terreno	164
7.4.1 Criação da base de dados <i>PTNIVTOT</i>	165
7.4.2 Modelos digitais de elevação	171
7.4.2.1 Criação do modelo digital do terreno	171
7.4.3 Rede de pontos cotados e gradientes	173
7.5 Declividades dos trechos percorridos	175
7.6 O procedimento de criação dos <i>slides</i>	194
 8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	 196
8.1 Quanto ao levantamento dos dados	196
8.2 Quanto ao manuseio do <i>software</i>	198
8.3 Quanto à avaliação da superfície das vias	200
8.4 Principais conclusões	202
 ANEXO	 204
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	269
OBRAS CONSULTADAS	277

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Parte da evolução da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991)	16
FIGURA 02 - Entidades gráficas componentes de um SIG (adaptado de U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1992a)	17
FIGURA 03 - Conjunto de camadas representativas de uma situação hipotética (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991)	18
FIGURA 04 - Exemplo dos tipos de armazenamento de dados gráficos espaciais: <i>vector</i> e <i>raster</i> (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991)	20
FIGURA 05 - Exemplo do resultado de uma segmentação dinâmica baseada em dois atributos distintos	25
FIGURA 06 - Ficha de inspeção de campo utilizada na Província do Cabo (adaptada de VISSER et al., 1994 e VISSER, 1997)	46
FIGURA 07 - Intervalos dos valores <i>URCI</i> e respectivas classificações	72
FIGURA 08 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Seção Transversal Inadequada”	77
FIGURA 09 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Drenagem Lateral Inadequada”	78
FIGURA 10 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Corrugações”	79
FIGURA 11 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Buracos”	81
FIGURA 12 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Trilhas de Rodas”	82
FIGURA 13 - Curvas para a determinação do <i>DV</i> do defeito “Perda ou segregação de agregados”	83

FIGURA 14 - Curvas para a determinação do valor <i>URCI</i>	84
FIGURA 15 - Exemplo da determinação do valor de <i>DV</i>	86
FIGURA 16 - Exemplo de determinação do valor <i>URCI</i>	86
FIGURA 17 - Exemplo da determinação da classificação do trecho	87
FIGURA 18 - Exemplo do efeito das bermas de agregados na redução da largura da pista	91
FIGURA 19 - Localização do município de São Carlos - SP e municípios limítrofes	94
FIGURA 20 - Articulação esquemática das cartas que abrangem o Município de São Carlos	96
FIGURA 21 - Base de dados das vias não-pavimentadas e a soma da extensão das vias através do módulo estatístico	97
FIGURA 22 - Esquema ilustrativo de uma hipotética densidade de estradas não-pavimentadas no município de São Carlos –SP	98
FIGURA 23 - O município de São Carlos - SP e o sistema de coordenadas UTM com a mudança de fuso	100
FIGURA 24 - Sobreposição no SIG contendo limite do município, ferrovia, estradas estaduais e municipais pavimentadas e a grade de coordenadas UTM, com seus atributos	102
FIGURA 25 - Mapa temático com dados de pedologia do município de São Carlos	103
FIGURA 26 - Mapa temático contendo as curvas de nível, o limite do município e a grade de coordenadas geográficas, com seus atributos	104
FIGURA 27 - Representação gráfica através do SIG contendo estradas não-pavimentadas (adaptação de ODA, 1995), limite do município e estradas pavimentadas	105
FIGURA 28 - Receptor GPS utilizado nos levantamentos de campo	107
FIGURA 29 - Tela do receptor GPS captando os sinais dos satélites para a determinação das coordenadas geográficas e altitude do ponto	108
FIGURA 30 - Tela do receptor <i>GPS</i> fornecendo as coordenadas geográficas e a altitude do ponto	109
FIGURA 31 - Pontos de inspeção de campo no município de São Carlos – SP	110
FIGURA 32 - Pontos obtidos com receptor GPS sobrepostos nas vias não-pavimentadas	111

FIGURA 33 - Pontos identificados no campo e inexistentes nos cadastros	112
FIGURA 34 - Caracterização de alguns trechos através do levantamento de campo	113
FIGURA 35 - Esquema do trecho 1 percorrido: Varjão - Água Vermelha	115
FIGURA 36 - Esquema do trecho 2 percorrido: Varjão - Represa do 29	116
FIGURA 37 - Esquema do trecho 3 percorrido: Samambaia – Portal	117
FIGURA 38 - Esquema do trecho 4 percorrido: Varjão - Quinta da Felicidade – Portal ...	118
FIGURA 39 - Esquema do trecho 5 percorrido: Condomínio Samambaia	119
FIGURA 40 - Esquema do trecho 6 percorrido: Cachim - Represa do 29	120
FIGURA 41 - Esquema do trecho 7 percorrido: Siltomac – Babilônia	121
FIGURA 42 - Esquema do trecho 8 percorrido: Babilônia - Represa do 29	122
FIGURA 43 - Esquema do trecho 9 percorrido: Itaipu/SP-215 + Aparecidinha	123
FIGURA 44 - Esquema do trecho 10 percorrido: Represa do 29 - Fazenda da Barra	124
FIGURA 45 - Esquema do trecho 11 percorrido: Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana.	126
FIGURA 46 - Esquema do trecho 12 percorrido: Aeromodelismo – Bifurcação	127
FIGURA 47 - Ponte deteriorada na estrada SCA-020 (Babilônia - Fazenda Copacabana)	128
FIGURA 48 - Lençol freático aflorante na estrada SCA-237 (Varjão - Represa do 29)	129
FIGURA 49 - Nuvem de pó de severidade média formada pela passagem de um veículo na estrada SCA-237 (Varjão - Água Vermelha)	129
FIGURA 50 - Aterro rompido sobre obra de drenagem na estrada SCA-123 (Babilônia – Represa do 29)	130
FIGURA 51 - Trabalho de recuperação no aterro rompido da estrada SCA-123 (Babilônia –Represa do 29)	130
FIGURA 52 - Imagem obtida de ODA (1995) (foto 11), de inspeção na estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29).....	131
FIGURA 53 - Inspeção do ponto 8 na estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29), 14 meses após	131
FIGURA 54 - Imagem obtida de ODA (1995) (foto 20), de inspeção na estrada SCA-453 (Siltomac - Babilônia)	132

FIGURA 55 - Inspeção do mesmo ponto da estrada SCA-453 (Siltomac - Babilônia), 14 meses após	132
FIGURA 56 - Inspeção de campo na estrada SCA-123 (Babilônia – Represa do 29) - Ponto 5	133
FIGURA 57 - Inspeção de campo no mesmo ponto 5 da estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29), um mês depois	133
FIGURA 58 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) - Ponto 1	134
FIGURA 59 - Inspeção de campo no mesmo ponto 1 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois	134
FIGURA 60 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) - Ponto 2	135
FIGURA 61 - Inspeção de campo no mesmo ponto 2 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois	135
FIGURA 62 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) - Ponto 4	136
FIGURA 63 - Inspeção de campo no mesmo ponto 4 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois	136
FIGURA 64 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) - Ponto 4	137
FIGURA 65 - Inspeção de campo no mesmo ponto 4 da estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29), cinco meses depois	137
FIGURA 66 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Sequência 1	138
FIGURA 67 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Sequência 2	139
FIGURA 68 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Sequência 3	139
FIGURA 69 - Exemplo de abaulamento transversal adequado e existência de drenagem lateral	140

FIGURA 70 - Variação horária do fluxo na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997)	143
FIGURA 71 - Caracterização dos tipos de veículos na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997)	144
FIGURA 72 – Representação gráfica resultante da interseção entre a pedologia e as vias não-pavimentadas, com sobreposição do limite do município e estradas pavimentadas	152
FIGURA 73 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica TE - Terra Roxa Estruturada	153
FIGURA 74 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica AQ - Areia Quartzosa	155
FIGURA 75 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LR - Latossolo Roxo ..	156
FIGURA 76 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LE - Latossolo Vermelho-Escuro	158
FIGURA 77 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LV - Latossolo Vermelho-Amarelo	159
FIGURA 78 - Mapa temático da classificação dos pontos de investigação de campo	160
FIGURA 79 - Mapa temático indicando os trechos com $URCI < 40$	161
FIGURA 80 - Mapa temático com todos os pontos avaliados, sobrepostos à pedologia local	162
FIGURA 81 - Mapa temático indicando todos os pontos avaliados e os pontos com $URCI < 40$, sobrepostos à pedologia local	163
FIGURA 82 - Mapa temático indicando todos os pontos avaliados no campo, classificados como “reprovado” e “muito ruim”, sobrepostos à pedologia local	164
FIGURA 83 - Janela mostrada no <i>TransCAD</i> para a exportação dos dados para o formato <i>Text/Geography</i>	166
FIGURA 84 - Janela mostrada no <i>TransCAD</i> para a criação de um novo campo para inserção na base de dados	167
FIGURA 85 - Janela mostrada no <i>TransCAD</i> com os três métodos diferentes para a geração de novos registros	167
FIGURA 86 - Janela mostrando o nome e o tipo do campo a ser gerado no <i>TransCAD</i>	168

FIGURA 87 - Janela mostrada no <i>TransCAD</i> no comando de se efetuar a união entre duas bases de dados	169
FIGURA 88 - Janela mostrando a base de dados resultante da geração de um novo campo e união de duas bases de dados	169
FIGURA 89 - Método para atribuição dos valores das cotas a partir da informação de outra base de dados	170
FIGURA 90 - Caixa de diálogo <i>Create TIN</i> para a criação do modelo digital do terreno ..	171
FIGURA 91 - Pontos cotados a partir do modelo digital do terreno, distantes entre si de 50 m	173
FIGURA 92 - Gradientes da área obtidos a partir do modelo digital do terreno	174
FIGURA 93 - Pontos cotados a partir do modelo digital do terreno, distantes entre si de 10 m	175
FIGURA 94 - Mapa temático dos gradientes da região em intervalos segundo SILVA (1997)	176
FIGURA 95 - Mapa temático com a sobreposição das curvas de nível, das estradas não-pavimentadas percorridas e dos pontos percorridos no campo	177
FIGURA 96 - Mapa temático com a sobreposição dos pontos cotados segundo o modelo digital do terreno, das curvas de nível e de todos os pontos obtidos no levantamento de campo	179
FIGURA 97 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 01: Varjão – Água Vermelha	181
FIGURA 98 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 02: Varjão – Represa do 29	182
FIGURA 99 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 03: Samambaia – Portal	183
FIGURA 100 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 04: Varjão – Quinta da Felicidade – Portal	184
FIGURA 101 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 05: Condomínio Samambaia	185

FIGURA 102 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 06: Fazenda Canchim – Represa do 29	186
FIGURA 103 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 07: Siltomac – Babilônia	187
FIGURA 104 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 08 Babilônia – Represa do 29	188
FIGURA 105 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 09: Itaipu – SP215	189
FIGURA 106 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 09: Aparecidinha	190
FIGURA 107 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 10: Represa do 29 – Fazenda da Barra	191
FIGURA 108 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 11: Fazenda da Barra – Fazenda Copacabana	192
FIGURA 109 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 12: Aerodelismo – Bifurcação	193
FIGURA 110 – Janela para criar um <i>slide show</i>	194
FIGURA 111 – <i>Field</i> no <i>dataview</i> de uma base de dados, ligando os <i>slides</i> aos respectivos pontos	195
FIGURA 112 – <i>Slide show</i> de um dos pontos investigados no campo	195

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Principais aspectos de alguns sistemas computacionais preliminares de gerência de pavimentos	12
TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas	27
TABELA 03 - Condições das vias não-pavimentadas da África, em 1988	37
TABELA 04 - Estrutura rodoviária do Brasil e do Estado de São Paulo	37
TABELA 05 - Sistema <i>Gravel-PASER</i> de avaliação e classificação da superfície de vias de cascalho	51
TABELA 06 - Especificação proposta de materiais para revestimento primário (D'ÁVILA, 1996)	64
TABELA 07 - Relação entre profundidade e diâmetro do buraco x nível de severidade	75
TABELA 08 - Tabela com os valores de <i>DV</i> para o defeito "Pó"	80
TABELA 09 - Folha de inspeção com os dados obtidos em um trecho no levantamento de campo	85
TABELA 10 - Exemplo quanto à obtenção da quantidade de buracos segundo adaptações introduzidas no método	89
TABELA 11 - Limite superior da densidade do método x Valores do levantamento de campo superiores ao limite	92
TABELA 12 - Contagem manual na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997)	141
TABELA 13 - Dados referentes às classes pedológicas do município de São Carlos – SP	151
TABELA 14 - Cotas dos pontos de levantamento de campo, obtidas a partir do modelo digital do terreno	178

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO	- American Association of State Highway and Transportation Officials
ASPLA	- Assessoria de Planejamento
CAD	- Computer Aided Design
CADD	- Computer Aided Drafting and Design
CATS	- Chicago Area Traffic Study
CBR	- California Bearing Ratio
DEM	- Digital Elevation Model
DMR	- Distress Management Rating
DOT	- Department of Transportation
DV	- Deduct Value
ERCI	- Earth Road Condition Index
GNE	- General Network Editor
GPS	- Global Positioning System
HDM-III	- Highway Design and Maintenance Standards Model
IAC	- Instituto Agrônômico de Campinas
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	- Instituto Geográfico e Cartográfico
ISTEA	- Intermodal Surface Transportation Efficiency Act
MC	- Meridiano Central
MCT	- Miniatura Compactado Tropical
MCV	- Moisture Condition Value
MDS	- Maintenance and Design System
PCI	- Pavement Condition Index
PES	- Pavement Evaluation System

PMSC	- Prefeitura Municipal de São Carlos
RTIM2	- Road Transport Investment Model
SDI	- Surface Distress Index
SIGs	- Sistemas de Informações Geográficas
SIG-T	- Sistema de Informação Geográfica para Transporte
TDV	- Total Deduct Value
TIGER	- Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing
TIN	- Triangulated Irregular Network
TRRL	- Transport and Road Research Laboratory
URCI	- Unsurfaced Road Condition Index
URMS	- Urban Roadway Management System
USGS	- United States Geological Survey
UTM	- Universal Transversa de Mercator

RESUMO

VIVIANI, E. (1998). *A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas*. São Carlos, 1998. 292p. Tesc (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

As estradas rurais não-pavimentadas constituem significativa parcela da rede rodoviária do Brasil, e a responsabilidade pela manutenção de grande parte delas está nas mãos das administrações municipais. Por outro lado, a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) apresenta-se como ferramenta promissora em atividades que envolvem manuseio e análise de informações, sendo uma ferramenta destinada especialmente para atividades que envolvem planejamento e gerência, podendo servir como poderoso auxílio na tomada de decisões. Assim, procurou-se analisar o potencial de utilização de um SIG como meio de se armazenar e manipular informações referentes às vias não-pavimentadas, conduzindo diferentes análises com as bases de dados, com vistas a um futuro auxílio a um sistema de gerência de manutenção. Fazendo-se uso das ferramentas do SIG, para cada segmento de estrada inspecionada no campo, foi possível atribuir, graficamente, características distintas em função de suas classificações. Também, trechos considerados críticos foram facilmente identificados através do procedimento de consulta condicionada. Um modelo digital do terreno foi usado para avaliar o relevo da área de estudo, e sua possível influência na classificação da via. Os tipos de solos também foram utilizados para análise. Quanto à inspeção de campo, foi adotado um método para o cálculo da condição da via. Apesar das dificuldades com a aquisição de dados básicos e com a não completa adequação do método de avaliação das vias às condições locais, pôde-se constatar que a utilização da tecnologia dos SIGs é muito útil, podendo vir a ser uma grande ferramenta de auxílio à gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas.

Palavras-chave: Sistema de Informação Geográfica; estradas não-pavimentadas; defeitos; avaliação da superfície; sistemas de gerência.

ABSTRACT

VIVIANI, E. (1998). *The use of a Geographic Information System a tool to aid in the maintenance management of rural unpaved roads*. São Carlos, 1998. 292p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Unpaved roads constitute a large portion of the total road network in Brazil and the responsibility of maintaining a significant share of them is in the hands of local governments. On the other hand, Geographic Information Systems (GISs) technology presents itself as a promising tool in activities involving information handling and analysis, being particularly suited to planning and management related activities, where it serves as a powerful aid in decision making. This study analyzes the potential use of a GIS as a means to store and manipulate information on unpaved roads. Several analyses are made using data stored in the database with the objective of providing future support for a maintenance management system. Different characteristics were attributed graphically for each segment of road inspected in the field based on GIS tool classifications. Furthermore, stretches of road considered critical were easily identified by means of the conditional querying procedure. A digital terrain model was used to evaluate the relief of the area under study and its possible influence on the road's classification. The soil types were also used in the analysis. With regard to the field inspection, a method was adopted to calculate the road's conditions. Despite the difficulties involved in acquiring the basic data and the fact that the road evaluation method was not entirely suitable for the local conditions, it was possible to ascertain that the GIS technology is very useful and that it can become a great tool to aid in the maintenance management of rural unpaved roads.

Keywords: Geographic Information System, unpaved roads, distresses, surface evaluation, management systems.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

As estradas rurais não-pavimentadas constituem significativa parcela do total da rede rodoviária no Brasil, e desempenham importante papel sócio-econômico, uma vez que são o acesso da produção agropecuária às rodovias, bem como o único acesso das comunidades rurais na busca de serviços essenciais como saúde, educação, comércio, bancos, dentre outros, nos centros urbanos.

Levantamentos realizados pela Fundação IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), órgão oficial brasileiro de dados estatísticos, mostram que, do total da rede viária nacional, aproximadamente 91% são vias não-pavimentadas e apenas 9% vias pavimentadas. Além disso, com relação à extensão de vias não-pavimentadas, aproximadamente 91% estão sob a jurisdição de governos municipais, sendo 8% de responsabilidade dos governos estaduais e 1% de responsabilidade do governo federal (FIBGE, 1992, 1994, 1995). A manutenção dessas estradas, em geral, é feita de maneira empírica e sem planejamento, por municípios que enfrentam problemas financeiros e precariedade técnica. Condições satisfatórias na infra-estrutura rodoviária rural são essenciais para a manutenção das atividades econômicas e sociais da região, mas quase sempre observa-se a ausência de uma postura gerencial mais adequada, o que leva, muitas vezes, a atividades de conservação para a solução apenas de problemas emergenciais, gerando com isso diversos problemas, como a dificuldade de circulação e conseqüente perda de produção agrícola.

Por outro lado, os avanços tecnológicos na informática nos últimos anos têm facilitado o manuseio de grande número de dados através de sistemas computacionais. Para os dados georeferenciados (dados referenciados espacialmente ou geograficamente) esses

sistemas são denominados Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, os quais vêm sendo largamente explorados como ferramental para auxiliar e agilizar especialmente os procedimentos de planejamento, gerência e de tomadas de decisão.

Os SIGs apresentam o potencial de combinar informações gráficas (referenciadas espacialmente) e alfanuméricas (atributos). No entanto, essa tecnologia não é um mero auxílio à produção cartográfica. Além da possibilidade de lidar com diversas projeções cartográficas, os SIGs possuem a capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos, definidas como topologia.

Devido às suas características, os Sistemas de Informações Geográficas vêm sendo utilizados nas mais diferentes aplicações. Uma das áreas com grande potencial para se servir dessa tecnologia é a Engenharia de Transportes, que já tem utilizado esse ferramental em diversas de suas atividades.

Esses aspectos, quais sejam, a situação alarmante das estradas rurais não-pavimentadas e a possibilidade de utilização promissora da tecnologia dos SIGs como auxílio à gerência de manutenção, motivaram o início da pesquisa.

1.2 Objetivos e aspectos gerais

O objetivo global da pesquisa era verificar a viabilidade de utilização de um SIG como possível administrador das atividades de manutenção das estradas rurais não-pavimentadas, com vistas a um futuro auxílio às prefeituras municipais, responsáveis pelas atividades de conservação dessas estradas.

Para o trabalho, foram definidas como principais etapas a serem desenvolvidas, os seguintes aspectos:

- Realizar um levantamento das informações já existentes na área (na forma de mapas, relatórios, ou outra forma qualquer) para a geração das bases de dados gráficos e de atributos do SIG;
- Realizar o levantamento das condições da superfície das estradas não-pavimentadas;
- Adotar a utilização de um método para o levantamento das condições da superfície das vias e verificar sua aplicabilidade às condições locais;

- Realizar a análise sobre a utilização de um receptor GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global) nos levantamentos de campo;
- Desenvolver o aprendizado do manuseio do *software* do SIG;
- Realizar a análise quanto a entrada de dados através do processo de digitalização com mesa digitalizadora;
- Desenvolver um procedimento para a entrada dos dados gráficos e dos atributos no sistema computacional;
- Verificar a possibilidade de aproveitamento de dados já armazenados no *software AutoCAD*, através da conversão dos arquivos;
- Verificar o potencial do SIG em armazenar grandes quantidades de dados, além do seu potencial na manipulação das informações referentes às vias não-pavimentadas e a vantagem na introdução de imagens em sistemas de administração de informações;
- Verificar a possibilidade de obtenção de um modelo digital do terreno com a disponibilidade das curvas de nível na forma de bases de dados e
- Desenvolver a obtenção de mapas temáticos, resultantes da sobreposição das bases de dados construídas, representando diversos níveis de análises com as informações armazenadas.

A solução para os problemas das vias rurais não-pavimentadas encontra-se, sem dúvida, na implantação de sistemas de gerência, através dos quais se consiga realizar atividades de conservação não apenas de caráter *curativo* (ou emergencial), mas também de caráter preventivo. Em outras palavras, é preciso conhecer a realidade local, que envolve desde aspectos tidos como óbvios, como a localização das estradas, até atributos bem mais específicos, como por exemplo, o relevo e a natureza do solo em cada microrregião. A partir de levantamentos detalhados, que gerem dados confiáveis, é que se pode conduzir análises capazes de antever os tipos de defeitos decorrentes da reunião de diferentes atributos.

Vale ressaltar ainda que, se por um lado vislumbra-se que especialmente as prefeituras de municípios de pequeno e médio porte sejam as grandes beneficiadas com a proposta, por outro lado tem-se também a consciência de que são grandes as dificuldades que circundam esses órgãos, a começar pela ausência de informações básicas. Durante o desenvolvimento das várias etapas do trabalho foi possível constatar, por exemplo, o desconhecimento quase que total da situação das estradas e a precariedade das poucas

informações disponíveis. Foi possível observar também, a situação deplorável em que se tornam alguns dos trechos das estradas, especialmente nas épocas de chuva.

Para a inspeção das condições da superfície das estradas não-pavimentadas adotou-se o método desenvolvido pelo *U. S. Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos). Durante as inspeções de campo, no entanto, constatou-se ser necessária a introdução de alguns procedimentos, em função dos tipos de defeitos e formas de ocorrência encontrados. Para a inspeção de campo foram percorridas estradas situadas no chamado “cinturão verde” do município, situadas em condições distintas de solo, relevo, condições geométricas e volume de tráfego.

Aspectos relacionados à implantação do SIG (como a criação das bases de dados, a entrada dos dados gráficos e dos atributos no sistema computacional, a transferência de dados entre os programas computacionais (gráfico e SIG) e o manuseio propriamente dito dos programas envolvidos) resultaram em uma etapa consideravelmente demorada, o que acabou influenciando todo o desenvolvimento restante da pesquisa. No entanto, o aprimoramento do *software TransCAD* para a versão “3.0 for windows” foi significativo, vindo a facilitar em muito todas as etapas relacionadas a ele.

A ausência de trabalhos na bibliografia técnica consultada relacionando os Sistemas de Informações Geográficas com a gerência da manutenção das estradas não-pavimentadas, e as diversas dificuldades encontradas durante as várias etapas da pesquisa (as quais estarão sendo apresentadas ao longo do trabalho), dão indícios de que esta é uma linha de pesquisa que merece muita atenção dos técnicos. No entanto, este trabalho pode e deve ser considerado apenas como introdutório na área.

1.3 Estrutura do trabalho

Apresenta-se neste item a estrutura geral do trabalho, com uma síntese do que trata cada capítulo. O trabalho está dividido em 8 capítulos e um anexo.

No CAPÍTULO 2 apresenta-se uma revisão sobre os principais aspectos dos sistemas de gerência de pavimentos, a importância de sua implementação e sua possível economia decorrente, apresentando alguns sistemas gráficos de gerência de pavimentos. O capítulo apresenta ainda aspectos relacionados à utilização dos Sistemas de Informações Geográficas

para a gerência de pavimentos, mostrando as principais características dessa tecnologia, os principais procedimentos que englobam os SIGs e as diversas análises que podem resultar do manuseio das informações. São apresentados também os principais aspectos da implantação de sistemas de gerência de pavimentos em diferentes localidades, alguns utilizando-se de diferentes programas computacionais, outros já empregando a tecnologia dos SIGs.

O CAPÍTULO 3 retrata aspectos relacionados às estradas rurais não-pavimentadas, mostrando a situação dessas estradas em diferentes países (inclusive no Brasil) e as deficiências existentes, que comprometem o estabelecimento de um programa de manutenção. Apresenta também aspectos relacionados a um sistema de gerência de vias não-pavimentadas implantado na África, os principais aspectos relacionados à deterioração dessas estradas, os custos envolvidos nessa deterioração e alguns sistemas de avaliação das condições da superfície das estradas não-pavimentadas. São apresentados ainda alguns aspectos referentes aos prejuízos decorrentes da utilização de uma estrada não-pavimentada sem manutenção e algumas experiências brasileiras com os defeitos das estradas de terra.

O CAPÍTULO 4 apresenta em detalhes o procedimento de avaliação das condições da superfície proposto pelo *U. S. Army Corps of Engineers* e adotado neste trabalho, mostrando seus principais princípios, o método de trabalho para o levantamento de campo e para o cálculo do índice da condição da via, os níveis de severidade associados a cada defeito, os gráficos necessários para o cálculo do índice e os procedimentos introduzidos no método para as condições de defeitos encontrados.

O CAPÍTULO 5 apresenta as principais características da área de estudo, a aquisição dos dados básicos, o *software* de SIG utilizado e a entrada de dados no sistema computacional. São apresentadas também todas as bases de dados obtidas, ponto de partida para a manipulação das informações pelo SIG. O capítulo aborda ainda aspectos referentes ao levantamento de campo efetuado, mostrando as estradas percorridas e os pontos de obtenção de coordenadas com o receptor GPS.

No CAPÍTULO 6 são apresentadas em detalhes todas as estradas percorridas na investigação de campo, suas respectivas extensões e a localização de todos os pontos de obtenção de coordenadas e de avaliação da condição através da medição dos defeitos. São apresentadas também várias considerações em relação às inspeções de campo, através de imagens obtidas, aspectos relacionados ao levantamento do volume de tráfego nas vias não-pavimentadas e a obtenção do volume diário em uma das estradas percorridas.

O CAPÍTULO 7 apresenta alguns procedimentos específicos utilizados na manipulação do *software*, as principais características derivadas da classificação pedológica dos solos existentes na área de estudo, os diferentes mapas temáticos resultantes das bases de dados existentes, obtidos a partir da sobreposição das bases de dados, ou a partir da interseção das informações, ou ainda a partir do procedimento de consulta condicionada. O capítulo aborda também sobre os procedimentos envolvidos para a geração do modelo digital do terreno na área de estudo, as dificuldades enfrentadas para obtê-lo, mostrando os mapas temáticos resultantes desta etapa. É apresentada uma análise comparativa entre as declividades obtidas a partir do modelo digital do terreno e aquelas observadas no levantamento de campo. São mostrados os perfis das estradas percorridas e a variação da cota fornecida para cada ponto pelo receptor GPS. Finalmente, são apresentados alguns aspectos referentes ao módulo de criação de *slides* do *software TransCAD*.

No CAPÍTULO 8 são apresentadas as principais conclusões e sugestões do trabalho.

No ANEXO constam todas as fichas de avaliação das condições da superfície do levantamento de campo, mostrando os valores obtidos para cada defeito, o cálculo do índice *URCI* (*Unsurfaced Road Condition Index* – índice da condição da via não-pavimentada), sua respectiva classificação e as imagens de cada seção avaliada.

2. ADMINISTRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO SISTEMA VIÁRIO

2.1 Sistemas de Gerência de Pavimentos

Os sistemas de gerência de pavimentos, pontes ou da infra-estrutura de uma forma geral são o caminho para a análise de grandes quantidades de dados visando a tomada de decisões. Esses sistemas devem representar os diferentes níveis de condições dos pavimentos (através da severidade e extensão dos defeitos), as estratégias de reabilitação e o custo para cada uma dessas estratégias. Um sistema de gerência de pavimentos pode ser definido também como um conjunto de procedimentos sistemáticos, destinado a auxiliar engenheiros e gerenciadores na tomada de decisões, visando o planejamento, o projeto, a construção, a manutenção e a reabilitação dos pavimentos (CABLE & SMADI, 1992).

A gerência da infra-estrutura é o processo de coordenação adequada, avaliação sistemática e manutenção eficiente da infra-estrutura de serviços básicos, estando relacionada a ações como planejamento, projeto, construção, manutenção, reabilitação e avaliação, através de procedimentos de análise racionais e bem ordenados. A idéia geral de gerência da infra-estrutura é que todos os componentes possam ser integrados em uma plataforma comum para as decisões gerenciais (ZHANG et al. 1994).

Um sistema de gerência de pavimentos também pode ser definido como um sistema composto por diversas atividades coordenadas, relacionadas com o planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação e pesquisa dos pavimentos, com o objetivo principal de poder utilizar informações confiáveis e gerar critérios de decisão que permitam produzir um programa de construção, manutenção e reabilitação dos pavimentos, de forma a dar o máximo retorno possível para os recursos aplicados. Assim, um sistema de gerência de

pavimentos deve ser capaz de comparar, priorizar e alocar recursos de seu programa de manutenção e reabilitação entre todos os trechos da rede viária (HASS et al., 1994).

Dentre as principais características e exigências atribuídas a um sistema de gerência de pavimentos está a necessidade de se utilizar dados espaciais e não espaciais, a grande quantidade de dados, as complexas relações entre os dados espaciais, a existência de problemas muito dinâmicos, a necessidade de gerência e integração dos dados, a necessidade de interface natural com o usuário, a possibilidade de ser modificado facilmente e a possibilidade de uma implementação rápida. A habilidade para interpretar informações é extremamente importante para engenheiros e supervisores da manutenção viária, e os sistemas de gerência de manutenção viária permitem planejar os programas anuais de ação, direcionar custos, além de prever custos futuros, conforme relatam FLETCHER & KRUEGER (1990) e BEIMBORN et al. (1991).

Em geral, em torno de 30% a 40% das despesas rodoviárias são gastas nas atividades de manutenção rodoviária. Nos Estados Unidos, por exemplo, foram gastos entre 1956 e 1979, 80 bilhões de dólares na manutenção das rodovias de todas as classes; de 1972 a 1985 os gastos com manutenção aumentaram 195%, onde, só no ano de 1984 foram gastos 15 bilhões de dólares na manutenção de toda a rede viária. Fora isso, em 1985, ainda 42% do total viário foram considerados em condições precárias (CABLE & SMADI, 1992).

Em vista de todos os valores envolvidos em um sistema de vias de transporte, a importância da implantação dos sistemas de gerência de pavimentos é notória. O Estado do Arizona, por exemplo, conseguiu economizar 40 milhões de dólares, entre 1980 e 1985, após implantar um sistema de gerência de pavimentos, sistema este que, utilizando bases de dados históricos, só no primeiro ano conseguiu economizar 14 milhões de dólares (atribuído ao fato da manutenção corretiva ter sido trocada por uma manutenção bem mais barata – a manutenção preventiva) (SVALSTAD et al., 1992). Os autores mostram ainda que, na época, 15 Estados americanos (Alabama, Arizona, Colorado, Kansas, Minnesota, Montana, Nebraska, Nevada, New Mexico, North Dakota, South Carolina, Utah, Washington, Wyoming e Wisconsin) estavam coletando dados em sistemas de gerência de pavimentos, de forma a determinar a condição atual da rede viária e classificar os pavimentos, possibilitando o estabelecimento de critérios para a manutenção. Desses, 9 Estados estavam desenvolvendo sistemas que utilizassem dados de mais de um ano. E embora nessa época apenas o Estado de Wisconsin já estivesse utilizando um SIG, diversos departamentos rodoviários estavam procurando implementar seus dados de forma a viabilizar uma futura implementação dessa tecnologia.

Os componentes principais de um sistema de gerência de pavimentos incluem inventário, análise da condição atual, estratégias possíveis, necessidades de recursos, prioridades para as necessidades, programas de intervenções e estimativas orçamentárias.

Em 1969 o Banco Mundial iniciou um programa para desenvolver um método para a análise econômica de projetos rodoviários em países em desenvolvimento, denominado modelo HDM (*Highway Design and Maintenance Standards Model* – Modelos padronizados de projeto e manutenção rodoviária) e realizado em duas fases: na fase I, foram desenvolvidos a estrutura conceitual e o Modelo de Custos Rodoviários, interrelacionando os custos de construção, de manutenção e de operação dos veículos; na fase II foram iniciados estudos em diversos países em desenvolvimento (Quênia, Ilhas do Caribe, Brasil e Índia) visando a obtenção de resultados que pudessem servir de base para o desenvolvimento teórico do modelo.

Os estudos sobre a deterioração dos pavimentos foram conduzidos no Quênia e no Brasil. Os resultados dos estudos realizados no Quênia permitiram o desenvolvimento do modelo computacional RTIM (*Road Transport Investment Model* – Modelo de investimento no transporte rodoviário), capaz de analisar uma dada seção, ao longo de sua vida útil, sob uma única estratégia de manutenção. Esses dados foram utilizados também para a melhoria do Modelo de Custos Rodoviários e nesta etapa o modelo passou a ser denominado HDM-II. Já o estudo conduzido no Brasil foi bem mais amplo, onde foi considerada uma grande variedade de estruturas de pavimentos, tipos de materiais, volumes de tráfego, condições climáticas, traçados geométricos e tipos de veículos. Nas Ilhas Caribenhas foi desenvolvido um estudo dos custos operacionais sob condições extremas de terreno e traçado geométrico, e na Índia foi desenvolvido um estudo restrito aos custos de operação dos veículos e das condições de congestionamento e acidentes locais. As análises dos resultados obtidos no Brasil levaram à produção de modelos para a previsão dos custos e das velocidades de operação dos veículos (para previsão da evolução da deterioração das rodovias e dos efeitos da manutenção) e para a previsão dos quantitativos para a construção. Os modelos resultantes foram incorporados à terceira versão do modelo HDM, passando a se chamar modelo HDM-III, versão esta lançada em 1987, com versão para microcomputadores lançada em 1989.

Embora o HDM-III não seja, por si só, um sistema de gerência de pavimentos, é um poderoso modelo analítico que fornece importantes avaliações econômicas e de otimização de uma rodovia, ao longo de sua vida útil.

Os dados de entrada necessários para o modelo HDM-III referem-se à estrutura e condição atual da rede viária existente, às várias alternativas de manutenção, reabilitação ou reconstrução, à manutenção padrão, aos custos unitários, às projeções de tráfego e aos parâmetros ambientais. Com esses dados, o processamento do modelo fornece os seguintes cálculos: velocidades dos veículos e consumo de recursos, deterioração da via e respectivos recursos para a manutenção, recursos para a construção da via, custos dos usuários, custo da agência, custo total financeiro e econômico (calculados com base nos quantitativos físicos e custos unitários), taxa interna de retorno e benefícios no primeiro ano (HUDSON et al., 1997).

O termo “sistema de gerência de pavimentos” começou a ser utilizado por grupos de pesquisadores no final da década de 60 e começo da década de 70, com o objetivo de descrever todas as atividades envolvidas com os pavimentos.

As ferramentas dos sistemas de gerência, apesar das importantes avaliações que fornecem e das inúmeras análises que realizam, em geral possuem limitações na saída dos dados, especialmente no que se refere à forma de apresentação dos resultados. Os programas computacionais utilizados geralmente fornecem apenas resultados na forma numérica, na forma de textos, ou quando muito, na forma de tabelas. Por outro lado, informações gráficas são de grande impacto para as informações que estão sendo transmitidas ou repassadas. Os mapas, por exemplo, são uma das formas mais antigas de comunicação gráfica utilizadas pelo homem, havendo registros de mapas mais antigos que a própria escrita (o mapa mais antigo que se tem informação data do século 20 antes de Cristo) (GUROVITZ, 1994). Com o avanço da informática nos últimos anos, os mapas em papel já estão em desuso, e cada vez mais se buscam formas gráficas digitais e/ou imagens para a apresentação das informações. Os SIGs e os sistemas inteligentes são dois exemplos de classes genéricas de *softwares* que fornecem ferramentas nessa linha aos gerenciadores de pavimentos.

Uma das necessidades mais urgentes relacionadas aos sistemas de gerência de pavimentos, no entanto, é a necessidade para produzir mapas que apresentem a localização e a respectiva condição de seções de pavimentos que não estejam em condições satisfatórias, sendo esta uma aplicação ideal para um SIG. Um SIG permite também apresentar uma lista de prioridades referentes às necessidades dos pavimentos na forma gráfica (em adição aos relatórios), e uma saída gráfica permite mostrar a distribuição e a localização das várias seções, tendo um forte impacto visual. Um SIG é um bom recurso para integrar arquivos gráficos, grandes quantidades de dados e outras informações necessárias para o processo de gerência de pavimentos, e a sua capacidade para integrar dados e apresentá-los graficamente,

bem como integrar um método analítico baseado na localização geográfica pode ser considerada como a primeira grande vantagem dessa tecnologia (HASS et al., 1994).

Há diversos formatos para expressar a condição da rede viária conforme apresentam HASS et al. (1994), incluindo:

- mapas codificados através de cores, indicando através de categorias a condição de todos os pavimentos da rede;
- representações gráficas da qualidade do pavimento;
- representações tabulares, mostrando, por exemplo, a percentagem de cada classe do pavimento no intervalo de variação da condição.

Sem dúvida alguma tem havido uma evolução nos sistemas de gestão das informações viárias. Dentro dessa evolução encontram-se em um primeiro estágio os sistemas computacionais mais simples (utilizando planilhas, por exemplo) e sistemas gráficos de gerência. Posteriormente, acompanhando a própria evolução da informática, encontram-se exemplos de sistemas de gerência de pavimentos mais aprimorados, fazendo uso da tecnologia dos SIGs, sendo essa uma das tendências mais modernas e permitindo, dentre as várias vantagens inerentes à tecnologia, uma melhor visão de conjunto.

Na Tabela 01 a seguir estão apresentados os principais aspectos de alguns sistemas computacionais preliminares de gerência de pavimentos, como o sistema de informação gráfica implantado no distrito de Cedarburg – Estado de Wisconsin, nos Estados Unidos, o sistema gráfico de gerência de pavimentos urbanos implantado na cidade de Austin – Estado do Texas, também nos Estados Unidos, o sistema de gerência de pavimentos do Estado de Iowa, e o sistema de gerência de rodovias e vias urbanas implantado na cidade de Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, este já com vistas à uma implementação futura em um Sistema de Informação Geográfica (BEIMBORN et al., 1991; UDDIN, 1992; CABLE & SMADI, 1992 e CHEN et al., 1993).

TABELA 01 - Principais aspectos de alguns sistemas computacionais preliminares de gerência de pavimentos.

Localidade	Sistema criado	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Características dos segmentos	Condição do pavimento	Saída dos dados
Distrito de Cedarburg-Wisconsin	Sistema gráfico de informação	Planilha – <i>Quattro Pro</i> ; Processador de texto – <i>Word Perfect</i> ; Editor gráfico – <i>General Network Editor – GNE</i> (US\$800 em 1991).	90 km de vias pavimentadas	Comprimento, largura, acostamentos, tipo de pavimento, ano de construção e avaliação da superfície.	<i>Asphalt – PASER</i> (com avaliação visual)	Informações gráficas dos atributos de cada segmento, representadas por espessuras diferentes de linha.
Cidade de Austin - Texas	Sistema gráfico de gerência de pavimentos urbanos	Turbo Pascal	36 seções necessitadas de manutenção.	Seção, nome, localização, tipo de pavimento, largura, extensão da seção, faixas, ano da construção, ano da maior reabilitação, tráfego médio, taxa de crescimento do tráfego, percentagem de caminhões e condição do pavimento.	Índice PCI (*)	Quatro listagens (informações básicas, projetos de manutenção recomendados, dados de defeitos dos pavimentos e coordenadas do mapa viário). Três tipos de resumos (classe funcional/tipos pavimentos, condição do pavimento/ tráfego e manutenção necessária/ recomendada).

(*) Índice PCI (*pavement condition index*) – índice indicativo da condição da superfície do pavimento, em uma escala variando de 0 a 100, onde 100 indica uma superfície em perfeitas condições e o valor zero indica uma superfície completamente deteriorada.

TABELA 01 - Principais aspectos de alguns sistemas computacionais preliminares de gerência de pavimentos (continuação).

Localidade	Sistema criado	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Características dos segmentos	Condição do pavimento	Saída dos dados
Cidade de Dubai – Emirados Árabes Unidos	Sistema de gerência de pavimentos de rodovias e vias urbanas	<i>Dbase IV e Micro PAVER</i> versão 2.1 (p/ análise da base de dados de defeitos e análises de custos)	3.400 km (área urbana e rural).	Dados geométricos e de construção, defeitos	Índice PCI	Prioridades para as seções (em função da necessidade de manutenção, da classe funcional e do volume de tráfego, ou em função do índice PCI). Como aprimoramento do método, acoplar o sistema a um SIG com a obtenção de coordenadas através de sensoriamento remoto.
Estado de Iowa	Sistema de gerência de pavimentos	<i>Lotus 1-2-3</i>		Localização, tráfego médio, largura, extensão, espessura das camadas, classificação funcional e avaliação da superfície (severidade e extensão dos defeitos).	<i>U.S. Army Corps of Engineers</i> (com avaliação visual)	

2.2 Os Sistemas de Informações Geográficas

2.2.1 Aspectos Gerais

Nas últimas décadas o avanço da tecnologia da informática tem sido das mais revolucionárias, atingindo diversos aspectos da sociedade, e tem servido de base para diversas ciências. Especialmente nas ciências que lidam com problemas de ordem espacial, desenvolveram-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os quais tem como característica principal, focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial, tratando-se assim de sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente (TEIXEIRA et al., 1992).

A tecnologia da informação geográfica desenvolveu-se a partir da evolução paralela de diferentes sistemas, como os sistemas de desenho auxiliados por computador (conduzindo às ferramentas gráficas), os sistemas orientados à análise (conduzindo às ferramentas de análises espaciais) e os sistemas estatísticos relacionados a diversos campos (conduzindo às ferramentas de gerência das bases de dados). Esses campos podem ser, por exemplo, referentes a mapeamento cadastral e topográfico, cartografia temática, engenharia civil, geografia, estudos matemáticos de variações espaciais, ciência do solo, levantamento topográficos e fotogrametria, planejamento rural e urbano, redes de infra-estrutura, sensoriamento remoto e análises de imagens, dentre inúmeros outros (BURROUGH, 1986 e ANTENUCCI et al., 1991).

Um Sistema de Informação Geográfica pode ser definido como um sistema computadorizado que gerencia bases de dados para a captura, armazenamento, recuperação, análise e apresentação de dados espaciais, devendo conter dados georeferenciados espacialmente e dados de atributos. Dados georeferenciados espacialmente definem objetos que tem uma orientação e um relacionamento com o espaço bi ou tridimensional. Cada objeto é classificado como ponto, linha ou área, relacionando-se uns com os outros através de uma topologia matemática, e contendo dados de atributos associados a esses objetos topológicos, os quais possuem uma determinada posição na superfície da Terra (SIMKOWITZ 1989a, 1989b, 1990b).

Definição apresentada pelo *Federal Interagency Coordinating Committee* (Comitê Federal de Coordenação Interagências), em 1988, diz que um SIG é um sistema composto por *hardware*, *software* e procedimentos criados para dar suporte à captura, gerência,

manipulação, análise e saída de dados espaciais referenciados geograficamente, de forma a resolver questões complexas de planejamento e gerência (ANTENUCCI et al., 1991).

O *U.S.G.S. (United States Geological Survey* – Cadastro Geológico dos Estados Unidos) define um SIG como um sistema de *hardware* e *software* destinado à coleta, manipulação, análise e saída de dados digitais referenciados espacialmente, sendo estes definidos como feições referenciadas geograficamente, descritas tanto por sua posição geográfica como por seus atributos (HASS et al., 1994).

HASS et al. (1994) definem ainda um SIG como uma metodologia envolvendo um sistema computadorizado de gerência de dados destinado à captura, armazenamento, recuperação, análise e saída de dados referenciados espacialmente.

Historicamente, os SIGs estão relacionados aos avanços na área da computação. O primeiro sistema a reunir as características básicas de um SIG foi denominado como *Chicago Area Traffic Study (CATS)* – (Estudo do Tráfego da Área de Chicago), implementado em Chicago no final da década de 50, e que apresentava graficamente o volume de tráfego de algumas vias. Nessa mesma época trabalhos isolados envolvendo mapeamento temático começaram a surgir, como para representar informações da flora desenvolvidas por botânicos e representação de contornos de linhas a partir de informações meteorológicas. As universidades (especialmente as universidades americanas) tiveram também importante papel na década de 70 para que as primeiras aplicações comerciais dos Sistemas de Informações Geográficas fossem possíveis no início da década de 80. A Universidade de Washington foi pioneira nas pesquisas e desenvolvimento dos SIGs, tendo desenvolvido em 1962 um protótipo com ferramentas que permitiam obter resultados referentes a planejamento urbano. Em 1964 foi implementado pelo governo do Canadá um sistema completo de SIG, denominado *Canadian Geographic Information System* (Sistema de Informação Geográfica do Canadá), contendo informações de agricultura, silvicultura, animais selvagens, áreas de recreação, divisões censitárias e uso do solo, permitindo conduzir análises referentes a vários de seus recursos naturais e condições sócio-econômicas. Outros sistemas desenvolvidos em seguida foram o *New York Land Use and Natural Resources Information Systems* (Sistemas de Informações de Recursos Naturais e Uso do Solo de Nova York), em 1967, e o *Minnesota Land Management Information System* (Sistema de Informação para gerência do solo de Minnesota), em 1969 (ANTENUCCI et al., 1991 e TEIXEIRA et al., 1992).

A Figura 01 mostra parte da evolução da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas até se firmar como tecnologia emergente na década de 1990.

DÉCADA	1950	1960	1970	1980
PRINCIPAIS TECNOLOGIAS	↓Computadores eletrônicos ↓Digitalizadores ↓CAD ↓ <i>Plotters</i> ↓SIG ↓Grade de células ↓Sobreposição de polígonos ↓Scanner ↓SIG em micros			
USUÁRIOS (*) (ou sistemas desenvolvidos)	<i>Chicago Area Traffic Study (CATS)</i> Serviço Florestal Americano Serviço Meteorológico Americano Universidade de Washington <i>Canadian Geographic Information System</i> <i>New York Land Use and Natural Resources Information Systems</i> Universidade de Minnesota <i>Minnesota Land Management Information System</i> Universidade de Iowa Universidade de Wisconsin Governos estaduais (GEs) de New York, Maryland e Minnesota GEs de Kentucky, Carolina do Norte, Illinois e Utah GEs do Alaska GEs Florida, Arizona e Vermont			

(*) dentre vários outros

FIGURA 01 - Parte da evolução da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991).

Os SIGs mais completos geralmente suportam três tipos de entidades gráficas: pontos, linhas e áreas (ou polígonos), como mostra a Figura 02. O tipo mais simples são os dados de pontos, que abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas x,y , os quais podem conter informações do tipo de atributo desse ponto específico ou objeto (como por exemplo, pontes, bueiros, pontos de ônibus, hidrantes etc). Outra entidade gráfica são as linhas, que representam um conjunto de pelo menos dois pontos, e que podem representar ruas, rios, ferrovias, segmentos de pavimentos, linhas de abastecimento de água e esgoto, entre outros, sendo muito importante, em diversas aplicações, armazenar informações dessas entidades (como por exemplo, as características das vias - dimensões, nível de deterioração etc). Quanto à entidade gráfica de áreas, destinam-se especialmente ao armazenamento de contornos, associando-se a elas propriedades de áreas geográficas, como limites de municípios, dados censitários, zonas administrativas, dentre outros (KURT, 1992 e TEIXEIRA et al., 1992).

FIGURA 02 - Entidades gráficas componentes de um SIG (adaptado de U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1992a).

Os componentes gráficos de uma base de dados de um SIG são frequentemente descritos através de uma série de camadas, cada uma contendo feições relacionadas à sua funcionalidade. Cada camada é composta por um conjunto de feições homogêneas que estão registradas em relação às outras camadas da base de dados através de um sistema de coordenadas comum. A separação em camadas é baseada em relações lógicas e na representação gráfica das feições. A maior finalidade dessa segregação é simplificar a combinação das feições para a saída dos dados (ANTENUCCI et al., 1991). Na Figura 03 é apresentado um esquema da representação em camadas de uma situação hipotética.

FIGURA 03 - Conjunto de camadas representativas de uma situação hipotética (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991).

As principais funções que um SIG completo deve ter são representadas pelas funções de captura dos dados (gráficos ou atributos, na forma de importação de dados, digitalização, *scanner*, importação dos formatos do *CAD* (*Computer Aided Design* – projeto auxiliado por computador), levantamentos de campo, entre outros), gerência dos atributos (edição, gerência da base de dados), manipulação espacial (edição, *raster x vector* etc), análise dos dados (análise espacial, consultas condicionadas, sobreposições, modelagens) e saída dos dados (mapas, relatórios e imagens) (U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1992a).

Um dos grandes potenciais dos SIGs é a capacidade de elaboração de mapas temáticos utilizando cores ou símbolos distintos, através de um dos seus procedimentos mais importantes, que é a ligação entre a base de dados de atributos ao mapa computadorizado. Em geral, os SIGs utilizam a latitude/longitude como sistema de coordenadas para a definição da geografia do mapa (SIMKOWITZ, 1989a,b e KURT, 1992).

Assim, um SIG combina a habilidade gráfica de um sistema com a capacidade de armazenamento da informação de uma base de dados. Num sistema *CAD* apenas a geometria está presente, ou seja, a topologia não existe; no entanto, alguns produtos *CAD* podem ser utilizados como base para um SIG, pois permitem a representação precisa de linhas e formas,

podendo ser utilizados na digitalização de mapas e cartas. A tecnologia dos SIGs não é um mero auxílio à produção cartográfica. O que difere um SIG de um CAD é, além de sua capacidade de lidar com diversas projeções cartográficas, a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos através da topologia (como proximidade, conectividade e adjacência) e a possibilidade de cruzamento das informações dos diferentes temas (ou camadas) (SIMKOWITZ, 1989a,b; ANTENUCCI et al., 1991; DENNING, 1993 e CÂMARA, 1994).

Um SIG deve ser capaz também, entre diversos outros aspectos, de efetuar complexas operações geométricas, de processar sobreposições para efetuar a união ou interseção de objetos cartográficos, de ler dados armazenados em latitude/longitude ou qualquer outro sistema de referência, de converter os dados para um sistema de referência de coordenadas comum, e de apresentar os dados em diferentes escalas, de acordo com o interesse do usuário. Com esses aspectos, na verdade, um SIG acrescenta um certo grau de “inteligência” à base de dados (SIMKOWITZ, 1989a,b).

Em um SIG os principais modelos de dados espaciais são (ANTENUCCI et al., 1991 e VONDEROHE et al., 1993):

- *Raster*: divide o espaço em elementos discretos. Consiste de uma matriz de células homogêneas (geralmente quadradas), obtida a partir de uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente. A área de cada célula define a resolução espacial do *raster*, onde quanto maior o tamanho da célula, menor a precisão da informação, e quanto menor a célula, maior a base de dados resultante. Cada célula armazena um número associado ou identificador para o tipo e o valor ou índice do atributo que está sendo mapeado na área. Uma célula individual em uma imagem *raster* é denominada de “*pixel – picture element*”, o qual pode ser definido como um elemento gráfico bidimensional que representa o menor elemento indivisível de uma imagem.
- *Vector*: os dados *vector* são representados por coordenadas horizontais (x e y) das posições dos pontos, codificando a localização e extensão de feições espaciais, bem como as relações de incidência e conectividade ao longo das feições. Um modelo topológico de dados *vector* enquadra-se bem nas análises de conectividade e de adjacência espacial. Os dados *vector* definem polígonos, objetos e outras entidades complexas, que podem ser manipuladas ou mostradas graficamente com base em seus atributos. As redes de transporte geralmente são representadas por modelos *vector*.

A Figura 04 mostra um exemplo dos principais tipos de dados gráficos espaciais: dados *vector* e dados *raster*.

FIGURA 04 - Exemplo dos tipos de armazenamento de dados gráficos espaciais: *vector* e *raster* (adaptado de ANTENUCCI et al., 1991).

Para aplicações que envolvem redes (por exemplo, uma rede viária), o formato *raster* de dados é impraticável, devido à grande quantidade de processamento exigido para se extrair a informação apenas de uma linha, além do que, para se obter distâncias precisas, seriam necessárias células *raster* muito pequenas. Assim, o formato *vector* é o mais recomendado, formato este no qual as vias são representadas como *polilinhas*, que são um conjunto de pequenos segmentos conectados ligando duas interseções (WANG & WRIGHT, 1991).

Há alguns anos tem havido grande esforço na implantação de sistemas de representação gráfica e SIGs, em diversas áreas, no mundo todo. LANE & HARTGEN (1990) mostram que, na época, uma pesquisa realizada em 26 Estados americanos indicava que todos eles dispunham de sistemas *CADD* (*Computer Aided Drafting and Design* – Projeto e desenho auxiliados por computador), e que destes, 15 Estados já possuíam algum tipo de SIG implementado.

2.2.2 Os Sistemas de Informações Geográficas e a Engenharia de Transportes

Um SIG com aplicações direcionadas à área de transportes pode ser denominado de SIG-T.

Na maior parte das atividades de transportes (e dentre estas, a gerência de pavimentos) as considerações espaciais são fundamentais. Modelos de gerência de pavimentos requerem, em geral, uma diversidade de dados relacionados à via, como por exemplo, levantamentos das condições dos pavimentos, medidas de resistência ao cisalhamento, contagem do tráfego, inspeções das pontes, inventário da sinalização, investigação de acidentes, registros sobre a construção e obras de manutenção. Às vezes é até possível encontrar esses dados disponíveis no formato digital, mas, em geral, um não está relacionado com o outro, dispondo-se, muitas vezes, de informações duplicadas ou inconsistentes. Também pode ocorrer que os arquivos estejam utilizando sistemas de referência diferentes, ou ainda, os dados podem simplesmente não estar referenciados espacialmente. Assim, essas características permitem ressaltar, mais uma vez, o grande potencial da tecnologia dos SIGs (SIMKOWITZ, 1989a, 1990b).

Os SIGs são particularmente hábeis na produção de relatos concisos na forma de mapas, sendo poderosa ajuda visual para a representação da condição da rede viária. A representação gráfica da qualidade do pavimento é outra importante ferramenta visual. Os histogramas são outro tipo de representação, e podem mostrar as percentagens do pavimento em condições boa, regular e ruim, por exemplo. A comparação de histogramas de um ano para outro pode demonstrar imediatamente alterações na qualidade da rede de pavimentos. Os dados, estando armazenados em bases de dados de acesso imediato, permitem ao analista grande flexibilidade no desenvolvimento de relatórios e resumos estatísticos (HASS et al., 1994).

Os SIGs, com seu grande potencial de gerenciar dados gráficos (espaciais) e alfanuméricos (atributos das entidades representadas), apresentam-se com enorme potencial para a integração com os sistemas de gerência de vias. Além de permitirem a compatibilização de sistemas de gerência mais abrangentes (envolvendo não só o pavimento, mas todos os elementos componentes de uma via) fornecem a possibilidade de rápido acesso a todos os dados armazenados e às diversas análises realizadas. Apresentam também diversos recursos de visualização gráfica, ampliando a capacidade de percepção e

entendimento dos resultados por parte dos usuários, e permitindo uma apresentação mais adequada do produto final.

Há várias outras aplicações do SIG para o processo de gerência de pavimentos. Por exemplo, um SIG pode ser usado na modelagem do fluxo de tráfego e na simulação interativa do tráfego. Este tipo de modelagem pode permitir a análise de alterações propostas nas características físicas da via e, conseqüentemente, avaliar as mudanças no desempenho do pavimento sem ter que reanalisar a base de dados a cada poucos anos nem desenvolver e reescrever um novo modelo. No futuro será possível também coletar digitalmente um inventário do pavimento e os dados das suas condições em velocidade normal usando coordenadas GPS (HASS et al., 1994).

Uma das primeiras etapas para a utilização de um SIG no processo de gerência de pavimentos é o levantamento de dados de inventário, a caracterização dos principais defeitos e suas respectivas medidas de severidade e extensão, permitindo, já neste ponto, realizar diversas análises através de mapas temáticos. Todo sistema de gerência de pavimentos necessita de um inventário (ainda que rudimentar) da rede viária, o qual forneça informações sobre a extensão da rede, os tipos de pavimentos, sua geometria, os níveis de tráfego, condições ambientais etc. Devido à grande variedade de elementos, geralmente é necessário um ajuste entre o nível de detalhamento desejado e o custo para a coleta e gerência dos dados requeridos. Grandes agências, por exemplo, geralmente compilam inventários extensos e detalhados, enquanto que outras operam apenas com o mínimo de dados possível (HASS et al., 1994).

Os Sistemas de Informações Geográficas já têm apresentado resultados satisfatórios na gerência da malha viária de diversos países desenvolvidos. VONDEROHE et al. (1991), por exemplo, mostram, a partir de uma pesquisa envolvendo 51 Estados americanos, para verificação do esforço para implementação de um SIG-T, que 45 Estados já dispunham de um SIG-T e que apenas 07 Estados não dispunham de alguma base de dados digital (nesse caso, as bases de dados disponíveis eram, na maioria, na escala 1:24.000 – em 27 Estados e na escala 1:100.000 – em 20 Estados; outras escalas existentes constatadas foram 1:1.000, 1:5.000, 1:12.000, 1:250.000 e 1:500.000, cada uma delas em apenas um Estado, alguns deles dispondo, no entanto, de bases de dados em mais de uma escala). Além disso, 40 dos 51 Estados tinham por objetivo implementar um SIG-T para aplicação em gerência de pavimentos.

MARTIN (1992); MEYER & SARASUA (1992); JOHNSON & DEMETSKY (1994a,b) e SARASUA & JIA (1995), mostram que em 1991 os Estados Unidos definiram o

ISTEA (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act – Ato para Eficiência do Transporte Intermodal de Superfície), que recomenda, entre outras, que as agências rodoviárias estaduais americanas estabeleçam sistemas formais de gerência de informações, relacionadas à gerência de pavimentos, pontes, segurança, congestionamento do tráfego, transporte público e transporte intermodal.

Pode-se dizer que os sistemas de gerência de pavimentos são métodos que auxiliam os tomadores de decisão nas estratégias de encontrar uma alocação eficiente para os recursos, avaliando-se e mantendo-se os pavimentos em condições permanentes de serventia. Os gerenciadores da infra-estrutura de transportes, de uma forma geral, preocupam-se com 3 questões principais:

- Qual é a condição da área de sua responsabilidade?
- Qual a tendência dessa condição?
- Quanto tempo há antes que sejam necessárias as ações?

Essas informações são importantes tanto para as decisões técnicas como para as provisões financeiras. Atenção especial tem sido dada nos últimos anos à aplicação dos SIGs ao processo de gerência dos pavimentos. Um SIG relacionado à gerência dos pavimentos, pode auxiliar o processo de decisão com base em aspectos como:

- Identificar as condições correntes do pavimento;
- Identificar as tendências dessas condições e
- Prever quando e onde as maiores ações de manutenção e reabilitação serão necessárias.

Um Sistema de Informação Geográfica pode ser utilizado em um processo de gerência de pavimentos levando-se em conta os seguintes aspectos (SIMKOWITZ, 1990b):

- Coleta e registro das condições dos segmentos viários, permitindo mostrar, rapidamente, as várias classes de atributos através da utilização de cores distintas. Isto permite detectar, inclusive, omissões de informações e até erros de medidas (por exemplo, quando um trecho já sofreu um processo de manutenção e sua classificação continua como precária).
- Introduzir uma capacidade analítica ao sistema seja pela manipulação de fórmulas básicas, ou através da capacidade de consulta condicionada, de procedimentos estatísticos ou ainda pela representação gráfica dos dados (por exemplo, introduzindo-se a avaliação da condição da superfície dos vários segmentos – uma das possibilidades é através do *PCI – Pavement Condition Index* (índice da condição do pavimento), e consultando-se a base de dados através de várias condições, como: quantos quilômetros possuem avaliação com $PCI < 90$, ou quantos quilômetros dentro de um raio de 10 km

possuem avaliação $PCI < 50$ etc. Procedimentos estatísticos podem incluir a representação da condição média do segmento ou a proporção relativa de cada grupo de classificação PCI).

- Determinação de estratégias apropriadas para tratar com as deficiências do pavimento em um determinado período de tempo, e o total de recursos necessários para implementar essas estratégias.

Dessa forma, as principais funções requeridas para um sistema de gerência de pavimentos utilizando um SIG são: módulo de mapeamento temático, possibilidade de edição flexível da base de dados, edição de fórmulas, módulo estatístico, módulo de representação gráfica, manipulação de matrizes, geração de redes e modelos integrados.

Os sistemas de gerência de pavimentos requerem informações sobre todos os segmentos viários e as relações espaciais entre eles. Para uma ferramenta de gerência de pavimentos, cada registro é um segmento da via, os atributos de entrada devem definir os defeitos, os volumes do tráfego e o tipo da estrada, sendo que os atributos de saída definem a classificação da condição e/ou uma estratégia de correção. Uma base de dados para gerência de pavimentos deve conter informações sobre a composição original da via, todas as suas atividades de reparos e reconstruções, a classificação da condição da via e uma contagem do tráfego, devendo também estar associada a um inventário viário, que deve conter todas as informações sobre as faixas da via (largura e número de faixas) e o tipo de superfície (SIMKOWITZ, 1990a).

Nesse tipo de estrutura fica evidente a necessidade da segmentação dos trechos de mesmas características, normalmente feita através de um método denominado como SEGMENTAÇÃO DINÂMICA, que permite uma múltipla sobreposição de atributos armazenados (os quais, em geral, variam diferentemente no mesmo trecho), sem provocar uma duplicação da geometria desse trecho. Essas variações (também chamadas de eventos), são ocorrências dos dados que definem porções dos trechos com um mesmo atributo, podendo ser (SIMKOWITZ, 1990a e U. S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1992a):

- um ponto (por exemplo, dados de acidentes),
- linear (por exemplo, fragmento de trecho deteriorado),
- contínuo (por exemplo, atributo ao longo de todo o comprimento do trecho).

A segmentação dinâmica envolve a divisão ou agregação de segmentos dentro de um trecho, que são homogêneos para os atributos especificados. A segmentação é dinâmica porque é criada em resposta aos atributos correntes da rede. Se os atributos são alterados, a

segmentação cria um novo conjunto de segmentos homogêneos (VONDEROHE et al., 1993).

A Figura 05 mostra um exemplo de como seria o resultado de uma segmentação dinâmica em um trecho, baseada em dois atributos distintos.

FIGURA 05 - Exemplo do resultado de uma segmentação dinâmica baseada em dois atributos distintos.

O *software TransCAD* possui todas as ferramentas que uma análise de gerência de pavimentos necessita, ao mesmo tempo que suporta modelos e algoritmos complexos e específicos da Engenharia de Transportes. Trata-se de um *software* de SIG com potencial para aplicação em planejamento, gerência, operação e análise de sistemas de transportes. Ele pode ser utilizado para qualquer aplicação que requeira mapeamento digital, análise espacial e manutenção e recuperação de dados, podendo analisar todos os tipos de dados geográficos e espaciais, com especial capacidade para os dados de transportes. É um SIG adequado para diversas aplicações de transportes, tais como planejamento e operações viárias ou de trânsito, sistemas de inventário e gerência das instalações, documentação e análise de acidentes, gerência de pavimentos, planejamento de manutenção, modelagem e previsão de demanda, análise de custos, avaliação de impactos ambientais, planejamento, itinerários e horários de distribuição, dentre outras (SIMKOWITZ, 1989b, 1990b; CALIPER, 1990, 1996 e BAAJ et al., 1995).

Na Tabela 02 são mostrados alguns exemplos de sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando-se da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas, onde são apresentados seus principais aspectos e características (FLETCHER & KRUEGER,

1990; PAREDES et al., 1990; PETZOLD & FREUND, 1990; VONDEROHE et al., 1991; ADEYINKA & LEE, 1992; MARTIN, 1992; MEYER & SARASUA, 1992; U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1992b; VONDEROHE et al., 1993; JOHNSON & DEMETSKY, 1994a,b e ZHANG et al., 1994).

Como grande parte desses exemplos referem-se à implantação de sistemas de gerência de pavimentos em localidades dos Estados Unidos, cabe aqui uma observação prévia com relação à existência e disponibilidade de suas informações. Os Estados Unidos dispõem de dados em formato digital, basicamente em dois tipos de sistemas (SIMKOWITZ 1989a, 1990b; ABKOWITZ et al., 1990; PETZOLD & FREUND, 1990 e WANG & WRIGHT, 1991):

- Sistema *TIGER* (*Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing* – Endereçamento e Referenciamento Geográfico Integrado Topologicamente): Desenvolvido pelo *Bureau of the Census* (Agência do Censo) em cooperação com o *U. S. Geological Survey* (Cadastro Geológico dos Estados Unidos), os arquivos contêm os limites políticos e a rede viária (estruturados topologicamente), e os dados censitários, sendo que cada segmento viário tem o respectivo nome associado. Possui todas as ruas e quadras dos Estados Unidos para o censo de 1990, estando os arquivos referenciados por latitude e longitude.
- Dados do *U.S.G.S.* (*U. S. Geological Survey* - Cadastro Geológico dos Estados Unidos): disponíveis para todos os Estados Unidos, na escala 1:100.000 e 1:2.000.000 (alguns arquivos estão disponíveis na escala 1:24.000, porém apenas para algumas localidades). As informações estão contidas nos arquivos na forma de camadas, utilizando coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), com informações de transportes (rodovias, ferrovias etc) e hidrografia. Neste sistema apenas as vias principais tem o respectivo nome associado, e não incluem os dados censitários.

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas.

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Atlanta	Usar um SIG como ferramenta para a gerência devido à sua capacidade de associar objetos espaciais (vias) com os seus atributos.	<i>TransCAD</i> (*)	2.900 km e 193 pontes	Conversão dos arquivos <i>TIGER</i> para base de dados de linha do <i>TransCAD</i>	Condição da superfície do pavimento; informações ausentes ou incompletas, necessitando de edição; falta de segmentação dos trechos	Potencial dos mapas temáticos – segmentos com cores distintas. Potencial da consulta condicionada – destaque para determinados defeitos, facilitando os tomadores de decisão. Extensão da capacidade do sistema – introdução da tecnologia de inteligência artificial.
Condado de Angelina - Texas	Usar um SIG como suporte à gerência para a produção de mapas que identifiquem as seções deficientes do pavimento.	<i>PC Arc/Info</i> (**) <i>MICRO-PES</i>		Em 3 etapas: digitalização do mapa, integração dos atributos contidos no programa <i>PES</i> e produção final do mapa base (edição).	Foram selecionadas do programa <i>PES</i> 22 variáveis de maior interesse e introduzidas as variáveis estratégia, benefício, custo e percentagem de investimento.	Necessidade de introdução da segmentação dinâmica. Memória do ambiente <i>DOS</i> restrita a 640 <i>KBytes</i> , na época, para a integração dos <i>softwares</i> .
Estado de Minnesota	Usar um SIG como suporte à gerência de pavimentos.	<i>MGE</i> em computador de grande porte			Dados de avaliação do pavimento, histórico rodoviário, tráfego, acidentes dentre outros.	

(*) O *software TransCAD* foi escolhido, na época, em virtude de ser destinado a microcomputadores pessoais e dispor de rotinas que permitem análise de redes.

(**) A escolha pelo *software PC Arc/Info* se deu pelo fato do *software TransCAD*, na época em sua versão 1.20, não dispor de um módulo de digitalização.

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Cidade de South Kingstown – Rhode Island	Desenvolver um sistema municipal de gerência de pavimentos integrado com um SIG.	<i>PC Arc/Info</i> , versão 3.4D <i>Micro PAVER</i>	200 km de vias municipais (575 vias).	Foram geradas camadas no sistema UTM referentes ao limite do município, zonas de gerência do pavimento e zona viária.	Localização da via, largura, extensão, jurisdição, composição estrutural do pavimento, tipo de superfície, condição da superfície (índice PCI) entre outros.	<p>Como resultado foram gerados mapas mostrando todas as seções dos pavimentos, permitindo consultas como número da seção, comprimento, tipo de pavimento, idade, condições da superfície, além de permitir a obtenção de resultados gráficos, possibilitando comparação com os resultados tabulares do programa <i>Micro PAVER</i>.</p> <p>Como conclusões, a integração SIG/sistema de gerência de pavimentos é muito útil pois facilita a representação das condições do pavimento (favorecendo a tomada de decisão) e permitindo a consulta gráfica.</p> <p>Como recomendação, a utilização de um módulo para avaliar o modelo digital do terreno, com a estimativa das declividades da superfície do terreno, e um procedimento de análise com dados do solo local e atividades de uso do solo.</p>

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Condados de Albemarle e Greene - Virginia	Desenvolver um protótipo de um sistema de gerência de pavimentos utilizando um SIG.	<i>PC Arc/Info^(*), AutoCAD, dBase, Lotus 1-2-3 e Word Perfect.</i>	1.500 km de vias pavimentadas	Edição em ambiente <i>CADD</i> dos dados espaciais em arquivos <i>USGS</i> e <i>TIGER</i> , contendo limites das divisões políticas, linhas de energia elétrica, gás e telefone, rios e lagos e todo o sistema viário. Os dados espaciais continham o menor segmento possível, com base nos atributos, gerando uma nova camada a cada ano de informação das condições dos pavimentos.	Dados que descrevem as características físicas da via e os que descrevem as condições atuais da superfície da via. A avaliação da superfície baseou-se no valor DMR ^(**)	Como resultados são apresentados alguns mapas temáticos mostrando as condições do pavimento nos respectivos anos, as variações das avaliações dos trechos de um ano para outro, a variação média/ ano da avaliação do pavimento desde o último recapeamento e a vida útil restante dos pavimentos (quais os trechos que necessitam de recapeamento no próximo período de 5 anos). O SIG permite ao usuário variar os pesos atribuídos a cada um dos defeitos individualmente. Deve ser introduzido o módulo de segmentação dinâmica disponível em plataformas maiores de SIG, de forma a permitir a divisão na base de dados em tantos segmentos quantos forem o resultado da sobreposição.

(*) O software *PC Arc/Info* foi escolhido em função de permitir acesso a vários formatos de dados, além de permitir interface com outros SIGs e formatos de não SIGs.

(**) DMR (*distress management rating*) – valor derivado de uma fórmula de frequência e severidade do número de defeitos do pavimento, onde o valor 100 indica perfeitas condições e o valor 76 indica uma seção com necessidade imediata de recapeamento.

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Cidade de Austin – Texas-	Implementar um SIG integrado a soluções de gerência de infraestrutura, para a gerência de pavimentos urbanos.	<i>PC Arc/Info</i>		Para a base de dados geográficos foram utilizados os arquivos digitais <i>TIGER</i> .	Atributos como média anual do tráfego diário, características geométricas do pavimento, espessuras das camadas, histórico da manutenção e condição da superfície do pavimento (índice SDI ^(*)).	<p>Para a implementação do sistema foi utilizado um <i>PC 486/ 33MHz</i>, com <i>200 MBytes</i> de memória no disco rígido.</p> <p>Os módulos de funções do sistema foram: módulo de desenho, de legenda, de consulta condicionada, módulo texto, de seleção e módulo rede (que permite classificar informações segundo uma condição atribuída, podendo demonstrá-la na forma de mapas, informações estatísticas ou gráficos de barra).</p> <p>Como recomendação, a importância de se utilizar um algoritmo que permita efetuar a segmentação dinâmica nos trechos.</p>

(*) SDI (*surface distress index*) – índice indicativo da condição da superfície do pavimento, em uma escala variando de 0 a 10, onde 10 representa uma superfície perfeita e o valor zero indica uma superfície totalmente inaceitável. O cálculo do valor SDI inclui treze tipos de defeitos de pavimentos flexíveis, com avaliação de sua extensão e severidade.

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Cidade de Columbia		<i>TransCAD</i>		Base de dados <i>TIGER</i> e Columbia.	Os arquivos <i>TIGER</i> continham dados como limites políticos, nome e códigos de classificação das feições, coordenadas geográficas e nome das ruas. A base de dados Columbia continha informações de sinalização e localização de acidentes.	<p>O software <i>TransCAD</i> combinou o nome das ruas dos arquivos <i>TIGER</i> e da base de dados Columbia, permitindo integrar as informações de sinalização e localização de acidentes com os dados <i>TIGER</i>.</p> <p>A integração com os arquivos <i>TIGER</i> permitiu criar, rapidamente, um mapa base para um SIG-T, além de converter o sistema de referência da base de dados em latitude e longitude.</p> <p>Como vantagens do SIG tem-se a capacidade de integração dos dados, representação espacial (especialmente na forma de mapas), inovação de análises (através de combinação de modelos), e possibilidade de desenvolver aplicações específicas.</p>

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Condado de Rockingham - Virginia		<i>Geo/SQL, AutoCAD, Oracle SQL e Excel.</i>		Mapa base obtido a partir dos arquivos digitais do <i>USGS</i> , contendo a rede viária, no qual foram acrescentadas hidrografia, ferrovia e seus respectivos nomes.	Dentre outros atributos, fazia parte do sistema de gerência de pavimentos: o tipo do pavimento, sua classificação funcional, os tipos de reabilitação, os custos envolvidos e a avaliação da condição da superfície (*).	<p>O <i>hardware</i> utilizado constava de um <i>PC Intel 386</i>, processador de 20 <i>MHz</i>, coprocessador matemático, 8 <i>MBytes</i> de memória <i>RAM</i>, 100 <i>MBytes</i> de memória em disco rígido e monitor colorido.</p> <p>As classificações dos pavimentos foram vinculadas à sua localização através de uma função específica do <i>software Geo/SQL</i>, o que permitiu apresentar graficamente a rede viária utilizando-se de cores distintas.</p> <p>A correção das deficiências do pavimento pode basear-se em prioridades a partir do custo de manutenção e/ou outros critérios de decisão. Os projetos para a manutenção podem ser definidos, por exemplo, a partir das classificações do pavimento, indicando-se graficamente os locais que requerem ações imediatas.</p>

(*) Para a avaliação da condição da superfície do pavimento foi desenvolvida uma ficha de avaliação com base em um sistema de avaliação de pavimentos já existente no *Virginia DOT*. A ficha de inspeção incluía seis tipos de defeitos, a frequência de cada defeito (nenhuma, rara, ocasional ou frequente) e a severidade de cada ocorrência (não severa, severa ou muito severa), resultando disto a classificação do pavimento. Na avaliação de campo foram feitas leituras no odômetro do veículo para identificar a localização de cada ponto avaliado, relativas às interseções dos trechos.

TABELA 02 - Principais aspectos e características de alguns sistemas de gerência de pavimentos implementados utilizando a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas (continuação).

Localidade	Objetivo	Softwares utilizados	Aplicação do sistema	Mapa base/Bases de dados	Características dos atributos	Implantação final e/ou recomendações
Estado de Wisconsin	Verificar a potencialidade de se combinar um sistema de gerência de pavimentos com um SIG, demonstrando a facilidade de se construir um sistema de suporte de decisões de engenharia utilizando conceitos, ferramentas e métodos dos SIGs.	PC Arc/Info (instalado em estações de trabalho).	20.000 km da rede viária estadual.	Mapa base construído na escala 1:100.000 onde foram incorporadas atividades de avaliação, manutenção e melhorias em um sistema unificado, oferecendo decisões consistentes e racionais em relação aos pavimentos.	Para a análise do desempenho do pavimento foram necessários dados dos solos, tráfego, características das camadas, dentre outras.	<p>O sistema de gerência de pavimentos foi desenvolvido de forma a integrar a tecnologia SIG com um sistema inteligente (*).</p> <p>O sistema inteligente utilizava uma base de dados relacional construída dentro do SIG, contendo tabelas que eram consultadas pelo sistema inteligente lógico, de forma a avaliar o desempenho do pavimento, identificar problemas dos pavimentos e recomendar melhorias, permitindo também calcular o custo estimado para cada segmento.</p> <p>No sistema, tanto a tabela de avaliação como a de melhorias podia ser facilmente modificada, permitindo introduzir condições e experiências locais. A capacidade de apresentação gráfica do sistema mostrou-se de grande importância.</p>

(*) O SIG fornecia as ferramentas para desenvolver a base de dados espacial requerida para a entrada no sistema inteligente. O sistema inteligente codificava o conhecimento e a experiência acumulada na manutenção viária para a avaliação da condição do pavimento, elaborando recomendações para a manutenção e melhorias. Os resultados do sistema inteligente eram mostrados através de mapas temáticos, criados através do SIG, os quais mostravam os resultados propostos pelo sistema inteligente, melhorando a apresentação e o entendimento das soluções propostas.

3. BREVE ESTUDO SOBRE AS ESTRADAS RURAIS NÃO-PAVIMENTADAS

3.1 Situação das estradas não-pavimentadas

De uma forma geral, há uma grande extensão de estradas rurais em todo o mundo, estradas essas, na maior parte das vezes, enquadrando-se na categoria de rodovias de baixo volume de tráfego. No entanto, não há um consenso sobre a definição e limites que englobam essa categoria (na literatura técnica foram encontrados, por exemplo, como limite máximo para o volume médio diário valores como 50, 100, 200, 400 e até 2.000). A AASHTO (1993) define como rodovias de baixo volume de tráfego as vias que possuem para o período de projeto, no máximo, 10^6 repetições de carga equivalente ao eixo padrão de 82 kN.

Da grande extensão mundial de estradas rurais, significativa parcela é constituída por estradas não-pavimentadas. A seguir são apresentados alguns dados sobre as extensões de diversas redes rodoviárias, com a finalidade de se mostrar a importância das rodovias rurais de baixo volume de tráfego e, conseqüentemente, das estradas rurais não-pavimentadas, no contexto nacional e internacional.

O Banco Mundial estima que haja mais de 6 milhões de quilômetros de rodovias não-pavimentadas nos países em desenvolvimento (BANQUE MONDIALE, 1988), e ROLT (1995) afirma que mais de 80% das estradas dos países em desenvolvimento são não-pavimentadas. Já ALFELOR & McNEIL (1989) dizem que nos países desenvolvidos a proporção de vias não-pavimentadas, em 1978, variava de 5 a 63%, enquanto que nos países em desenvolvimento esta proporção variava de 70 a 97% do total da rede rodoviária.

Nos Estados Unidos aproximadamente 98% do total de vias rurais são consideradas como vias de baixo volume de tráfego (conduzindo menos de 2.000 veículos/dia), sendo que desse total, 42% são vias não-pavimentadas (em 1991, em torno de 1.793.000 km). Ainda, aproximadamente 69% do total de vias rurais está sob a jurisdição dos governos locais (ou municipais). Só no Estado de Wisconsin, por exemplo, há mais de 40.000 km de vias de cascalho de baixo volume de tráfego, sob a jurisdição dos governos municipais (WILSON & LIPINSKI, 1991 e UNIVERSITY OF WISCONSIN, 1992).

Na Hungria, do total da rede rodoviária, em torno de 56% são vias não-pavimentadas de baixo volume de tráfego. Além disso, em função das condições de solo e clima locais, as vias não-pavimentadas apresentam-se, em geral, da seguinte forma nas diversas estações do ano (VASARHELYI, 1993):

- secas e cobertas por pó (verão, início do outono);
- úmidas, lamacentas, escorregadias e podendo ficar intransitáveis por longo tempo após as chuvas (primavera, final de outono, inverno);
- cobertas de neve após as tempestades e intransitáveis por dias devido à camada de gelo.

Na Bélgica, em uma área de 30.000 km² e com uma população de 10 milhões de habitantes, a rede de vias secundárias é composta por aproximadamente 115.000 km, das quais em torno de 5% são não-pavimentadas (GORSKI & REICHERT, 1995).

O Egito, considerado um país em desenvolvimento, possui uma rede rodoviária composta por aproximadamente 19.000 km de vias pavimentadas (que equivalem a 58% da rede total) e 14.000 km de vias não-pavimentadas (correspondendo a 42% de toda a rede rodoviária) (ABDELRAHMAN & SHARAF, 1991).

Da rede total rodoviária canadense (formada por 800.000 km) aproximadamente 61% são de vias não-pavimentadas (em torno de 490.000 km). Também, em relação a esse total rodoviário, 76% são vias classificadas como rurais locais de baixo volume de tráfego (aproximadamente 610.000 km) (TENCHA, 1995). O autor define ainda como vias de baixo volume de tráfego no Canadá as vias rurais, que geralmente interligam comunidades isoladas, e que possuem um volume máximo de tráfego de 200 veículos/dia.

Na Áustria, a rede rodoviária total possui 200.000 km, dos quais 80% (ou 160.000 km) são classificados como vias rurais de baixo volume, com tráfego menor que 100 veículos/dia. Dessas, quase que todas são vias não-pavimentadas, e grande parte delas situa-se em regiões montanhosas. A rede viária rural de baixo volume de tráfego da

Áustria compreende todas as vias que não são federais nem provinciais, e que servem como acesso às áreas rurais (HASLEHNER, 1997).

Na Austrália, sendo este um país altamente urbanizado, as viagens por rodovias não urbanas são caracterizadas como de longas distâncias, altas velocidades e de baixos volumes de tráfego, e sua rede rodoviária tem, em geral, um volume de tráfego menor que 400 veículos/dia. Ainda, as rodovias de baixo volume desempenham um importante papel no transporte australiano, pois além de atenderem às funções de acesso rural, desempenham também funções de vias primárias e secundárias, além da enorme importância econômica e social para o país (McLEAN, 1995).

A rede rodoviária dos 47 países da África possui aproximadamente 63% de vias não-pavimentadas. A Guiné-Bissau, um pequeno país da costa oeste da África, possui uma área de 36.125 km² e uma população estimada em 900.000 habitantes, sendo este um dos países mais pobres do mundo, onde o setor rural emprega aproximadamente 90% da população. Sua rede rodoviária possuía 2.636 km, em 1991, dos quais 2.092 km são vias não-pavimentadas (representando aproximadamente 80%). Destes, 308 km são constituídos de vias de cascalhos lateríticos e 1.784 km de estradas de terra. Essa extensão, inclusive, não incluía várias dezenas de quilômetros de vias rurais, constituídos de precários acessos ligando pequenos vilarejos ou zonas de produção rural (QUEIRÓZ et al., 1991 e RIVERSON & DOYEN, 1995). Quanto à situação dessas vias não-pavimentadas da Guiné-Bissau, QUEIRÓZ et al. (1991) afirmam que encontravam-se, em geral, em condições deploráveis, tendo a extensão das vias de terra a seguinte classificação na época: 4% em boas condições, 9% em condições regulares e 87% em péssimas condições, situação esta afetando seriamente os custos de transporte entre as áreas de produção agrícola e os centros consumidores.

A África do Sul possuía, em 1987, aproximadamente 134.000 km de estradas rurais não-pavimentadas, representando 73% do total de sua rede rodoviária. Dez anos depois (em 1997), a África do Sul já possuía uma rede rural de aproximadamente 65.000 km de vias pavimentadas e 250.000 km de vias não-pavimentadas, representando 80% do total da rede. Nessa época ainda, além da extensa rede rural, a África do Sul possuía uma rede urbana de aproximadamente 70.000 km, dos quais praticamente a metade era constituída por vias não-pavimentadas (VISSER & VAN NIEKERK, 1987 e VISSER, 1997). A Província do Cabo, na África do Sul, possuía, em 1994, aproximadamente 17.000 km de vias pavimentadas e 52.000 km de vias não-pavimentadas, estas últimas com um tráfego que variava de 20 a 300 veículos/dia. Muitas dessas vias não-pavimentadas, inclusive, tem significativa

importância, especialmente aquelas que servem às indústrias de mineração, às áreas de produção agrícola e ao turismo (VISSER et al., 1994).

FAIZ *et al.* (1991), apresentando dados referentes a 1989, mostram que a África Ocidental possuía 84,4% de vias não-pavimentadas, que o Sub-Saara africano possuía 88,3% de vias não-pavimentadas e que a África Meridional e Oriental possuíam 91,6% de vias não-pavimentadas (dados esses que excetuam apenas o sistema rodoviário da República da África do Sul). Apresentam ainda dados interessantes, referentes a 1988, sobre as condições das vias não-pavimentadas, os quais estão apresentados no Tabela 03. Cabe citar que os autores consideram ainda que para a condição regular exige-se ao menos um recasalhamento e para a condição ruim exige a reconstrução completa do trecho.

TABELA 03 - Condições das vias não-pavimentadas da África, em 1988.

CONDIÇÕES DAS VIAS NÃO-PAVIMENTADAS	BOM	REGULAR	RUIM
ÁFRICA OCIDENTAL	19%	34%	47%
SUB-SAARA AFRICANO	29%	32%	39%
ÁFRICA MERIDIONAL E ORIENTAL	28%	30%	42%

Fonte: FAIZ et al. (1991).

Com relação à rede rodoviária nacional, alguns dados estatísticos foram obtidos junto à Fundação IBGE, juntamente com dados referentes ao Estado de São Paulo, os quais estão apresentados no Tabela 04.

TABELA 04 - Estrutura rodoviária do Brasil e do Estado de São Paulo.

BRASIL						SÃO PAULO				
ESTRADAS	Extensão (km)	(%)	JURISDIÇÃO (%)			Extensão (km)	(%)	JURISDIÇÃO (%)		
			Fed.	Est.	Mun			Fed.	Est.	Mun
PAVIM.	148.247	9,0	35,1	56,0	8,9	25.307	13,0	67,4	29,4	3,2
NÃO PAV.	1.500.925	91,0	1,1	8,1	90,8	169.720	87,0	--	1,2	98,8

Fonte: FIBGE - 1992, 1994, 1995.

Quanto à sua finalidade, as estradas rurais tem importância notória. Sendo elas o primeiro caminho percorrido por toda a produção da zona rural, são fundamentais para a economia, pois são as primeiras responsáveis pelo escoamento dos produtos agropecuários, podendo ser assim denominadas como rede viária secundária, coletora ou alimentadora. Além da sua importância econômica tem-se também a finalidade social, onde elas são a ligação que a comunidade rural dispõe para o acesso aos centros urbanos, na busca de educação, saúde, comércio, bancos, meios de comunicação, entre outros.

De uma forma geral, as vias secundárias não-pavimentadas apresentam, além de padrões de traçado e greide rudimentares, condições precárias de tráfego, principalmente nas épocas de chuva.

Aliado à grande extensão de estradas rurais não-pavimentadas tem-se que quase a totalidade delas está sob a jurisdição dos municípios. Os municípios, em geral, dispõem de escassos recursos técnicos e financeiros para os serviços de manutenção das vias, manutenção essa que é feita quase sempre de maneira empírica e sem planejamento, onde se observa a total ausência de uma postura gerencial mais adequada. Geralmente, a manutenção é feita por pessoas que se valem apenas da prática local para a definição dos procedimentos e materiais a serem utilizados, além de, muitas vezes, utilizarem-se apenas de critérios “políticos” ou “eleitorais” para a definição das estradas que devem receber alguma melhoria. Embora haja interesse para os municípios em manter as estradas rurais em boas condições de tráfego, todos esses problemas conduzem, freqüentemente, a atividades de conservação apenas para a solução de problemas emergenciais. E em geral, não se consegue quantificar o desperdício de recursos, nem a dificuldade de circulação imposta à região pela falta de uma manutenção regular e preventiva das estradas.

Uma solução que abre enormes perspectivas para os problemas das vias rurais não-pavimentadas encontra-se, sem dúvida, na implantação de sistemas de gerência, através dos quais se consiga realizar atividades de conservação não apenas de caráter *curativo* (ou emergencial), mas também de caráter preventivo. Em outras palavras, é preciso conhecer a realidade local, que envolve desde aspectos tidos como óbvios, como a localização das estradas, até atributos bem mais específicos, como por exemplo, a natureza do solo e o relevo em cada microrregião. Com isso, a partir de levantamentos detalhados, que gerem dados confiáveis, pode-se conduzir análises capazes de antever os tipos de defeitos decorrentes da reunião de diferentes atributos. E é exatamente neste aspecto que a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas está sendo cogitada como poderosa ferramenta de auxílio para as atividades de gerência.

GREENSTEIN & HUDSON (1994), em trabalho que trata sobre procedimentos relacionados à administração de vias não-pavimentadas, abordam que os SIGs fazem parte das modernas tecnologias computacionais, e que seu uso pode auxiliar, por exemplo, na localização das seções, através do uso de um sistema de coordenadas (utilizado para armazenar o mapa da rede no computador). Abordam ainda que a tecnologia dos SIGs pode ser bastante apropriada para utilização pelos governos locais.

Na Bélgica, sendo a manutenção de suas vias secundárias de responsabilidade das administrações provinciais ou municipais, as restrições orçamentárias levam, em geral, à necessidade de utilização de sistemas de gerência de manutenção e reabilitação. Como menos de 5% das vias secundárias da Bélgica são não-pavimentadas, foi desenvolvido um sistema de gerência aplicável para pavimentos asfálticos e de concreto de cimento, denominado GERSEC, que permite avaliar a rede através de informações de inspeções visuais, da extensão dos defeitos e de um monitoramento da rugosidade, além de interpretar os resultados e propor alternativas de manutenção e reabilitação (GORSKI & REICHERT, 1995).

Nos Estados Unidos, os governos municipais são responsáveis pela manutenção de grande extensão das vias de baixo volume de tráfego, os quais, se por um lado recebem grande pressão para manter as vias permanentemente em boas condições, por outro lado defrontam-se com as restrições orçamentárias, que exigem a constante redução dos gastos, o que tem levado, cada vez mais, à necessidade de utilização de sistemas de gerência viária. Neste sentido, um sistema de gerência rodoviária direcionado às vias de baixo volume de tráfego foi implementado, em meados de 1986, em três agências viárias locais no Estado de Wisconsin, nos Estados Unidos. No sistema, três aspectos foram considerados de grande importância: simplicidade, possibilidade de implementação por pessoal local ligado à manutenção e incorporação das necessidades e prioridades locais.

Embora esse sistema fosse bastante direcionado às vias pavimentadas, havia a consideração de um procedimento para a avaliação de vias não-pavimentadas. O procedimento de avaliação considerava superfície de cascalho, uma vez que no Estado de Wisconsin esse é o tipo de superfície mais comum nas vias não-pavimentadas (WALKER & SCHERER, 1987). Segundo o método, à superfície deve ser atribuído um valor de 1 a 5, correspondendo a:

- 5 – superfície perfeita, boa drenagem, boa base e bom cascalho.
- 4 – superfície mais ou menos boa, boa drenagem, boa base, mas necessitando de cascalho.
- 3 – maior parte da superfície necessitando de areia e cascalho.

- 2 — pouca ou nenhuma drenagem, maior parte necessitando de serviços de drenagem, necessitam de areia e cascalho e vias com largura possivelmente inadequada.
- 1 — pouca ou nenhuma seção longitudinal ou transversal adequada, necessitam quase de reconstrução total, incluindo drenagem, base, areia e cascalho.

Outros aspectos também avaliados no campo incluem o alinhamento horizontal, o alinhamento vertical e o sistema de drenagem, aos quais são atribuídas as avaliações do tipo: excelente, boa, regular ou ruim. Nesse caso, os autores apresentam ainda os modelos de formulário para a avaliação dos segmentos individuais, com as respectivas pontuações, função dos pesos atribuídos a cada item inspecionado, os quais, no entanto, não foram reproduzidos neste trabalho.

As atividades de manutenção são definidas como operações específicas de trabalho, realizadas com o objetivo de minimizar os defeitos ou a deterioração da via, de forma a proporcionar um nível adequado de acessibilidade às vias rurais. A organização do trabalho dentro de atividades distintas permite a simplificação e otimização do planejamento e a minimização dos gastos. Conhecendo-se o trabalho necessário e a produção diária para cada atividade, as requisições anuais e mensais para equipamentos, mão-de-obra e materiais podem ser programadas, sendo essa programação do trabalho o passo final do estágio de planejamento da manutenção (BERGER & GREENSTEIN, 1987).

Os problemas de gerência da manutenção viária para a rede de vias primárias têm sido bem documentados nos países em desenvolvimento, além de grande esforço que tem sido feito para melhorar a situação dessas vias. No entanto, dificilmente os resultados desse esforço poderão ser aplicados diretamente às vias de baixo volume de tráfego, vias essas que compreendem a maior parte da rede rodoviária. Assim, técnicas de gerência devem ser adaptadas para as características específicas das vias de baixo volume, especialmente para as vias de terra ou com superfície de material granular (ROLT, 1995).

3.2 Aspectos do sistema de gerência de vias não-pavimentadas da África

As vias de baixo volume de tráfego formam um importante elemento da rede rodoviária na África do Sul. Como não há recursos suficientes disponíveis para pavimentar os mais de 250.000 km de vias não-pavimentadas, é de grande importância um sistema que

permita gerenciar essas vias de forma eficiente. Os recursos financeiros limitados indicam que a maior parte das vias não-pavimentadas nunca serão pavimentadas. Atualmente, na África do Sul há aproximadamente 3.500 km de vias não-pavimentadas com tráfego maior que 400 veículos/dia, algumas delas, inclusive, com tráfego de 2.000 veículos/dia. As despesas anuais de manutenção da rede não-pavimentada são praticamente as mesmas da rede pavimentada, embora aproximadamente 95% da rede não-pavimentada tenham um tráfego menor que 200 veículos/dia (VISSER, 1997). O autor estima também que 130 milhões de veículos-quilômetro viajam diariamente pela rede rural pavimentada e 20 milhões de veículos-quilômetro viajam pela rede não-pavimentada.

A gerência de vias pavimentadas e não-pavimentadas de baixo volume deve levar em conta não apenas os custos de construção, mas também os custos de manutenção rodoviária e os custos do usuário. Técnicas usadas na África do Sul para gerenciar a rede rural não-pavimentada de baixo volume (neste caso enquadrando-se as vias não-pavimentadas com menos de 400 veículos/dia, em que a pavimentação geralmente não se justifica), têm servido como guia para a tomada de decisões pelos gerenciadores do sistema viário (VISSER & HUDSON, 1983 e VISSER, 1997).

Os responsáveis pela manutenção geralmente desejam informações referentes às rotinas de manutenção e correção das vias não-pavimentadas, como (PAIGE-GREEN & VISSER, 1991):

- Quanto deveria ser gasto para o recascalhamento e qual o volume de material necessário anualmente?
- Qual o orçamento requerido para a rotina de patrolagem especificada?
- Quais as conseqüências se o orçamento requerido não puder ser providenciado?
- Quantas motoniveladoras são necessárias para a manutenção, com o orçamento destinado?
- Com que freqüência cada trecho deve ser patrolado para garantir a alocação econômica ótima dos recursos de manutenção?
- Quais as vias que são economicamente justificáveis para pavimentar, e quais os recursos financeiros necessários para isto?

Os procedimentos de projeto e manutenção de vias não-pavimentadas geralmente são baseados em experiências locais. No entanto, para se aplicar conceitos de gerência de

pavimentos às vias não-pavimentadas é necessário quantificar o comportamento e o desempenho dessas vias.

Na década de 80 alguns sistemas de gerência de manutenção para vias não-pavimentadas foram desenvolvidos, como o MDS (*Maintenance and Design System* – Sistema de Projeto e Manutenção), desenvolvido por Visser, a partir de dados obtidos no Brasil, através de um estudo desenvolvido pelo Banco Mundial; o HDM-III (*Highway Design and Maintenance Standard Models* – Modelos padronizados de projeto e manutenção rodoviária), desenvolvido também pelo Banco Mundial, com base em dados coletados em diversos países, e o RTIM (*Road Transport Investment Model* – Modelo de investimento no transporte rodoviário), desenvolvido pelo TRRL (*Transport and Road Research Laboratory* – Laboratório de Pesquisa em Transporte e Rodovias), baseado em modelos de deterioração desenvolvidos principalmente no leste e oeste da África.

3.2.1 O Sistema RTIM

HODGES et al. (1975) relatam a pesquisa desenvolvida no Quênia, como parte do desenvolvimento do sistema RTIM. Trata-se de um modelo capaz de estimar o custo total de diferentes estratégias para as vias rurais dos países em desenvolvimento. O trabalho fez parte de um estudo para gerar relações adequadas para uso em um modelo computacional capaz de estimar os custos de construção, os custos de manutenção e os custos dos usuários, através do histórico da via.

As vias não-pavimentadas, em geral, são classificadas como vias de terra ou de cascalho, ficando a distinção entre uma e outra, muitas vezes, apenas pela classificação do material de superfície.

No sistema RTIM a deterioração das vias não-pavimentadas foi quantificada em termos de rugosidade da superfície, profundidade dos sulcos, quantidade de perda de material da superfície e espessura da camada de cascalho. Por sua vez, a quantidade de perda de material da superfície dependia de 4 fatores básicos: espessura de material perdido, tipo de material, resistência do subleito e da relação umidade - massa específica do material que é perdido.

Nesse caso, a deterioração das vias não-pavimentadas foi relacionada ao fluxo de tráfego, a fatores geométricos e de construção da via, às características do meio físico e

condições climáticas, às características dos materiais e às políticas de manutenção correntemente adotadas.

3.2.2 O Sistema MDS

A seguir estão descritos alguns dos principais aspectos relacionados ao sistema de gerência de vias não-pavimentadas que vem sendo utilizado na África, denominado sistema MDS, com base em VISSER & HUDSON (1983); VISSER & CURTAYNE (1987); PAIGE-GREEN & VISSER (1991); VISSER et al. (1994) e VISSER (1997).

O MDS é um sistema que auxilia a verificação das necessidades de manutenção da rede não-pavimentada, programando projetos para pavimentá-las, quando necessário, e permite a avaliação dos relativos benefícios econômicos das alternativas de projeto e manutenção. É um sistema baseado em relações que descrevem o desempenho das vias não-pavimentadas, bem como os custos de operação dos veículos (em função da imperfeição da via e de sua geometria). Suas relações de deterioração foram originalmente desenvolvidas a partir de dados obtidos no Brasil. Posteriormente ao seu desenvolvimento, o sistema foi aprimorado e adaptado para uso em microcomputadores.

Um estudo comparativo entre os resultados obtidos com o modelo original do sistema MDS obtido a partir de dados coletados no Brasil e aplicado na África do Sul, e do sistema MDS adaptado às condições africanas, mostrou ser necessário muito cuidado na aplicação de modelos em locais com condições muito diferentes dos locais em que os modelos foram concebidos. Assim, tendo-se verificado diversos problemas em relação à transferência de experiência e tecnologia com vias não-pavimentadas para locais distintos, foi introduzido no sistema MDS a possibilidade de ajustes para as práticas e necessidades locais.

Alguns dados de entrada no sistema MDS são básicos, e consistem da contagem do tráfego, de resultados de ensaios das características dos materiais e de uma estimativa das condições topográficas e climáticas. O sistema MDS aplicado à gerência de vias não-pavimentadas fornece informações referentes a:

- necessidade de uma manutenção rotineira (como por exemplo, a patrolagem);
- necessidade de uma manutenção especial, para vias que não podem ser mantidas rotineiramente;
- necessidade de recascalhamento e

- otimização do uso de materiais de empréstimo para recascalhamento, especialmente quando se utilizam de recursos naturais escassos.

Como experiência de aplicação teve-se a implantação do sistema na Província do Cabo, na África do Sul. Devido à extensão das vias não-pavimentadas, foi adotada uma avaliação das condições da via através de um monitoramento visual, evitando-se, assim, meios mais sofisticados e caros. A rede era monitorada de forma a determinar a deterioração global de suas vias, além de identificar, priorizar e determinar investimentos aproximados para a rede como um todo.

No caso da Província do Cabo, marcadores foram colocados ao longo das vias, de forma que todas elas pudessem ter um sistema de referência. Os marcadores foram colocados no início e final de cada via, bem como a cada 5 quilômetros, nos limites de mudança de região administrativa e nos pontos de mudança acentuada de topografia. A coleta de informações foi processada em uma base de dados computacional, obtendo-se resultados tanto para a gerência (para finalidades de estratégia e financiamentos) como para os engenheiros de manutenção (para finalidades de planejamento tático e de execução).

A avaliação visual foi feita através de um formulário específico, mostrado na Figura 06, onde eram considerados quatro tipos diferentes de atributos da seção da via: informações fixas, avaliação estrutural, avaliação funcional e informações gerais.

Com relação ao preenchimento desse formulário são feitas aqui algumas observações:

- Para a contagem do tráfego, consideram-se: tráfego leve (< 50 veículos/dia); tráfego médio (de 50 a 300 veículos/dia) e tráfego pesado (> 300 veículos/dia).
- As avaliações não devem ser feitas enquanto houver água na superfície da via.
- Todos os aspectos são avaliados em termos de extensão e severidade, mas as ocorrências são apenas estimadas (nenhuma dimensão é medida).

Três valores são usados para definir a severidade (entendendo-se severidade como o grau de gravidade de cada ocorrência):

- 1) Visualmente notável, mas ainda assim de pequena importância.
- 3) Necessita atenção, mas não urgente.
- 5) Necessita atenção urgente.

Caso a avaliação seja intermediária, consideram-se os valores 2 ou 4. Se não houver defeitos anota-se o valor zero, sem qualquer extensão. A extensão é dada numa escala de 5 pontos:

- 1- 0 a 5%
- 2- 5 a 20%
- 3- 20 a 60%
- 4- 60 a 80 %
- 5- 80 a 100%

Os defeitos da superfície da via são considerados como:

- Buracos – depressões locais.
- Corrugações – ondulações regulares, transversais à direção do tráfego.
- Trilhas de roda – causadas pelo desgaste ou compactação na trilha.
- Perda de material – material depositado adjacente à trilha de roda.
- Poeira.
- Ocorrência de pedras – indicando-se, inclusive, se as pedras estão fixadas (embutidas) ou se estão soltas.

ADMINISTRAÇÃO DA PROVÍNCIA DO CABO														
AVALIAÇÃO – INFORMAÇÕES FIXAS														
Região:	Data:			Estrada:		Terra		Cascalho						
Rodovia nº:				Rota:		Tronco		Principal		Distrital				
Seção:	De:	km		Tráfego:		Baixo		Médio		Pesado				
	Até:	km		Terreno:		Plano		Ondulado		Montanhoso				
Largura (m):	6-7,9	8-9,9	10-12	Umidade		Seco		Úmido		Molhado				
AVALIAÇÃO ESTRUTURAL														
ESTRUTURA					GRAU					EXTENSÃO				
					Pequeno		Severo			Rara		Frequente		
					1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Buracos					0									
Corrugações					0									
Trilhas de roda					0									
Perda de material					0									
Pó					0									
Presença de pedras: Fixadas					0									
Soltas					0									
CONDIÇÃO GERAL					Muito Bom		Bom		Regular		Ruim		Muito Ruim	
PROPRIEDADES DO CASCALHO														
Tipo de material		Arenito		Granito		Folhelho		Dolerita		Areia				
Tamanho máximo (mm)				> 50		25 - 50		13 - 25		< 13				
Classificação (graduação)				Grosso		Médio		Fino						
Índice de Plasticidade (aproximado)				< 6		6 - 15		> 15						
Espessura da camada de cascalho (mm)														
AVALIAÇÃO FUNCIONAL														
Qualidade do rolamento		Muito Boa		Boa		Regular		Ruim		Muito ruim				
Resistência ao escorregamento				Boa		Regular		Ruim						
Erosão: Direção longitudinal				Nenhuma		Pequena		Severa						
Direção transversal				Nenhuma		Pequena		Severa						
Drenagem: Na plataforma da via				0 – 2%		2 – 4%		> 4%						
Nas laterais da via				Boa		Regular		Ruim						
Problemas		Bueiros		Drenos laterais		Encaixe do dreno		Muito raso						
INFORMAÇÕES GERAIS				Semanas após última patrolagem				Patrolagem normal						
		Problemas com:		Pó		Sim		Não		(A cada quantas semanas)				
		Escorregamento		Sim		Não		Estação chuvosa (___)		Estação seca (___)				

FIGURA 06 - Ficha de inspeção de campo utilizada na Província do Cabo (adaptada de VISSER et al. (1994) e VISSER, 1997).

3.3 Aspectos relacionados à deterioração das estradas não-pavimentadas

Para a avaliação do desempenho das vias não-pavimentadas, há 4 tipos de deterioração relacionadas ao tráfego (VISSER & HUDSON, 1983):

a) Deterioração da superfície na estação seca.

Os principais mecanismos de deterioração são:

- desgaste e abrasão da superfície, com perda de material e desenvolvimento de rodeiros;
- perda de material da superfície devido à formação de pó;
- movimento de material formando corrugações, devido à ação do tráfego e
- descamamento da superfície em locais onde não há coesão suficiente do material para manter a superfície intacta, resultando em depressões.

b) Deterioração da superfície na estação chuvosa.

Nas vias em que a resistência ao cisalhamento da superfície e do material do subleito são maiores que os esforços produzidos pelo tráfego, a única deterioração que ocorre é superficial. Isto ocorre em regiões onde há boa drenagem ou bons materiais. Os mecanismos de deterioração nestas condições são:

- influências ambientais e do tráfego na erosão da superfície;
- desgaste e abrasão da superfície pelo tráfego, causando perda do material de superfície;
- formação de buracos sob a ação do tráfego.

c) Deterioração das camadas fracas de superfície na estação chuvosa.

Uma camada fraca de superfície é aquela em que a resistência ao cisalhamento, sob as condições de operação existentes, é menor que os esforços aplicados. Nessas condições, a via normalmente torna-se intransitável após a passagem de um determinado número de veículos aplicando um esforço de roda.

d) Deterioração do leito fraco da estrada na estação chuvosa.

Quando há um solo *in-situ* fraco, torna-se necessário a colocação de uma camada de um solo melhor, de forma a reduzir os esforços e deformações provocados pelo tráfego.

Muitas vezes, o excesso de tensões no subleito resulta em deformações. Este tipo de deterioração geralmente ocorre em áreas de drenagem insuficiente do subleito.

3.4 Aspectos referentes a alguns custos envolvidos na deterioração de uma estrada não-pavimentada

Os custos de operação dos veículos nas estradas não-pavimentadas são, em geral, de 10% a 30% maiores que os custos em vias pavimentadas com boa manutenção, isto principalmente devido às diferenças nas condições de rugosidade da superfície (LIAUTAUD & FAIZ, 1994).

A negligência na manutenção em uma estrada não-pavimentada pode causar aos custos de operação dos veículos um aumento de um fator de 2 a 3 vezes, porque a rugosidade pode aumentar muito, em poucas semanas, se o tráfego no local for alto.

A frequência das patrolagens e o tempo previsto para que uma via não-pavimentada seja cascalhada são requisitos básicos em qualquer programa de manutenção racional. No entanto, os padrões ótimos dependem de certos parâmetros, como tráfego, nível de serviço requerido, importância da via, condições climáticas (especialmente o índice pluviométrico), restrição orçamentária, recursos materiais e custos unitários da patrolagem e cascalhamento.

Quanto aos recursos materiais, os autores observaram que a deterioração depende das características físicas e geotécnicas do material de superfície. Uma camada de superfície de solo arenoso, por exemplo, sob as mesmas condições de tráfego e condições climáticas, pode deteriorar até 20 vezes mais que uma camada de cascalho laterítico, fazendo com que a frequência de patrolagem, no primeiro caso, para um mesmo nível de serviço, seja bem maior.

O custo médio de manutenção de 1 km de estrada não-pavimentada no Gabão, na África, por exemplo, incluindo recascalhamentos periódicos, varia entre 20 e 30 mil dólares, para tráfegos de 50 e 200 veículos/dia, respectivamente. Em comparação, para as mesmas condições, o custo médio para 1 km de estrada não-pavimentada no nordeste do Brasil varia entre 2 e 3 mil dólares, para o mesmo tráfego, ou seja, um custo 10 vezes menor.

A gerência de vias não-pavimentadas requer não apenas dados confiáveis de volume de tráfego e custos unitários das atividades de manutenção, mas também levantamentos

regulares assegurando as propriedades do material de superfície e as variações das progressões da rugosidade para os tipos mais comuns de materiais que constituem a rede de vias não-pavimentadas. Os fatores que influenciam os níveis de serviço de manutenção dessas vias sugerem estratégias distintas de manutenção, as quais devem ser avaliadas para cada conjunto específico de custo e recursos naturais de cada região.

3.5 Avaliação das condições da via

Os sistemas de gerência da manutenção viária estão ganhando popularidade nas agências rodoviárias e nos órgãos responsáveis pela manutenção das vias, e visam, principalmente, fazer o uso mais eficaz de recursos financeiros já limitados. Esses sistemas requerem uma avaliação objetiva das condições da via, em geral requerendo também uma escala numérica de avaliação, para ser usada na análise e seleção de prioridades. Muitos sistemas possuem o processo já completamente automatizado, outros, mais simples, incluem um inventário e o levantamento da condição da via, e requerem do próprio usuário que desenvolva as prioridades e as estimativas de custo (WALKER, 1991).

Diversos passos são necessários para desenvolver um plano de gerência viária. Primeiro, é necessário ter um inventário com as condições atuais existentes. Isto normalmente é feito dividindo-se o trecho em segmentos com condições similares. Há a necessidade também de algum método para avaliar a condição da via. Outro passo necessário é o estabelecimento de prioridades para as melhorias, sendo possível, por exemplo, usar a condição da via e a sua importância local para garantir as prioridades (UNIVERSITY OF WISCONSIN, 1992).

Vários procedimentos foram desenvolvidos para a avaliação de pavimentos asfálticos ou de concreto, sendo bastante limitados os sistemas para a avaliação de superfícies de cascalho. Dentre os sistemas desenvolvidos para este último, há o sistema desenvolvido pelo *U. S. Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos) e o sistema *Gravel-PASER*, desenvolvido pela Universidade de Wisconsin, na cidade de Madison, e que vem sendo incorporado a diversos sistemas de gerência de pavimentos (WALKER, 1991).

Para o levantamento das condições da superfície das estradas não-pavimentadas deste trabalho foi adotado o método desenvolvido pelo *U. S. Army Corps of Engineers*, o qual encontra-se descrito em capítulo específico.

3.5.1 O sistema *Gravel-PASER*

O manual *Gravel-PASER* usa um método visual para avaliar a condição da via, apresentando um sistema simples de avaliação da superfície e classificação das vias. O método apresenta também os problemas mais comuns nas vias de cascalho e os reparos típicos. Além disso, o manual possui diversas fotos para ilustrar o procedimento de avaliação, auxiliando o treinamento do pessoal de campo.

A escala de classificação usada no *Gravel-PASER* baseia-se no tipo e na severidade dos defeitos mais comuns, e toda a escala está diretamente relacionada aos tipos de manutenção mais apropriados. A avaliação e classificação das vias com superfície de cascalho difere em muito daquelas feitas em superfícies pavimentadas. Em uma superfície de cascalho as condições podem se alterar rapidamente, e de um dia para outro. Por exemplo, a ocorrência de chuvas, de tráfego pesado ou a execução de atividades de manutenção podem alterar significativamente as características da superfície. Dessa forma, o sistema de avaliação deve refletir os maiores fatores que afetam o desempenho da via, fatores que estão relacionados, de uma forma geral, ao abaulamento da seção transversal, ao sistema de drenagem e à camada de cascalho propriamente dita. O abaulamento e o sistema de drenagem (primeiros fatores nesse sistema de avaliação) podem ser prontamente observados; já a determinação da adequação da camada de cascalho pode ser mais difícil. Para a interpretação das condições e defeitos comuns das vias de cascalho é necessário separar as várias condições comuns. Cinco condições podem ser usadas para a avaliação e classificação, sendo que, na observação das diferentes condições e defeitos, é importante considerar sua extensão e severidade (WALKER, 1991; UNIVERSITY OF WISCONSIN, 1992):

- Abaulamento - inclinação do centro até as valetas laterais de drenagem;
- sistema de drenagem - capacidade das valetas laterais e bueiros conduzirem a água para fora da estrada;
- camada de cascalho - espessura e qualidade adequada do cascalho para conduzir as cargas do tráfego;
- deformação da superfície - corrugações, buracos e trilhas de roda e
- defeitos da superfície: pó e perda de agregados.

A classificação de um trecho envolve a avaliação das condições de um determinado comprimento. Obviamente nenhum trecho tem as mesmas condições em toda a sua extensão,

sendo necessário, portanto, classificar o trecho a partir de uma média. Também, os trechos não tem todos os tipos de defeitos listados para a respectiva classificação (eles tem, em geral, apenas um ou dois tipos de defeitos). Assim, a classificação indica a condição que representa a maior parte da via. Quando as condições variam consideravelmente no trecho (por exemplo, uma pequena seção em boas condições seguida por uma seção em condições ruins), a média das condições, nesse caso, não é recomendada, devendo-se avaliar o pior trecho, anotando-se no formulário de avaliação a variação das condições existentes. A finalidade geral da classificação da condição da via é fornecer uma comparação relativa da condição de todos os segmentos. Dentro de uma mesma classificação, no entanto, nem todos os segmentos tem a mesma condição. Assim, o importante é identificar os trechos de forma a distingui-los entre os que estão em melhores ou em piores condições (UNIVERSITY OF WISCONSIN, 1992).

No Tabela 05 são apresentadas a escala de avaliação utilizada no método do *Gravel-PASER* e a descrição de cada classificação, com os defeitos típicos e a manutenção recomendada. A escala de avaliação consiste em uma escala simples de classificação, de 5 pontos, onde cada categoria indica as condições diretamente relacionadas às necessidades de manutenção ou reabilitação (WALKER, 1991 e UNIVERSITY OF WISCONSIN, 1992).

TABELA 05 - Sistema *Gravel-PASER* de avaliação e classificação da superfície de vias de cascalho.

GRAVEL-PASER – SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO		
CLASSIFICAÇÃO	DEFEITOS IDENTIFICADOS	CONDIÇÃO GERAL/ MEDIDAS DE TRATAMENTO
5 - EXCELENTE	<ul style="list-style-type: none"> Nenhum defeito; Poeira controlada; Excelente condição de superfície. 	<ul style="list-style-type: none"> Construção nova (ou total reconstrução); Drenagem excelente; Pequena ou nenhuma necessidade de manutenção.

TABELA 05 - Sistema *Gravel-PASER* de avaliação e classificação da superfície de vias de cascalho (continuação).

CLASSIFICAÇÃO	DEFEITOS IDENTIFICADOS	CONDIÇÃO GERAL/ MEDIDAS DE TRATAMENTO
4 – BOA	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de pó (em estação seca); • Moderada perda de agregados; • Pequenas corrugações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Patrolagem recente; • Bom abaulamento e dispositivos de drenagem do começo ao fim; • Cascalho adequado para o tráfego; • Uma rotina de manutenção pode ser necessária.
3 – REGULAR	<ul style="list-style-type: none"> • Bom abaulamento (de 7 a 15 cm); valetas laterais presentes em mais de 50% da via; • Grande parte da camada de cascalho está adequada, mas agregado adicional pode ser necessário em alguns poucos locais, para ajudar a corrigir corrugações ou buracos isolados e trilhas de rodas; • Alguns bueiros necessitam de limpeza; ocorrência de moderadas corrugações (de 2 a 5 cm), sobre até 25% da área; • Moderada poeira, com obstrução parcial da visão; nenhuma ou pequena trilha de roda (menos de 3 cm de profundidade); 	<ul style="list-style-type: none"> • Mostra os efeitos do tráfego; • Patrolagem necessária para manter a superfície; • Necessários alguns melhoramentos nas valetas laterais e manutenção nos bueiros; • Algumas áreas podem necessitar de cascalho adicional.

TABELA 05 - Sistema *Gravel-PASER* de avaliação e classificação da superfície de vias de cascalho (continuação).

	<ul style="list-style-type: none"> • Buracos pequenos ocasionais (menos de 5cm de profundidade); • Pequena perda de agregados (até 5 cm de espessura). 	
2 – RUIM	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeno ou nenhum abaulamento (menos que 7 cm); • Valetas laterais adequadas em menos de 50% do trecho, e trechos de valetas apresentando obstruções, crescimento de vegetação e/ou erosão; • Algumas áreas com pouco ou nenhum agregado; • Bueiros parcialmente cheios de entulhos; • Corrugações moderadas a severas (acima de 7 cm de profundidade) sobre 25% da área; • Trilhas de roda moderadas (de 2 a 7 cm de profundidade) em 10 a 25% da área; • Buracos moderados (de 5 a 10 cm) em 10 a 25% da área; • Severa perda de agregados (acima de 10 cm). 	<ul style="list-style-type: none"> • Torna-se necessário uma baixa velocidade para o percurso (menos que 40 km/h); • Necessita-se adicionar novo agregado; • É requerida a construção de valetas laterais maiores e manutenção nos bueiros.
1 - PÉSSIMA	<ul style="list-style-type: none"> • Não há qualquer abaulamento ou a via está encaixada, com superfície do tipo “banheira”; 	<ul style="list-style-type: none"> • Viagem é difícil e a via pode ficar intransitável por algum tempo;

TABELA 05 - Sistema *Gravel-PASER* de avaliação e classificação da superfície de vias de cascalho (continuação).

	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca ou nenhuma valeta lateral; • Bueiros obstruídos ou danificados; • Severas trilhas de roda (mais de 7 cm de profundidade), em mais de 25% da área; • Severos buracos (mais de 10 cm de profundidade) em mais de 25% da área; • Mais de 25% da área com pouco ou nenhum agregado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita completa reconstrução e/ou novos bueiros.
--	---	---

3.5.2 Avaliação das condições da superfície de estradas de terra, desenvolvida para Madagascar

Foi desenvolvida uma metodologia para definir os trabalhos de reabilitação de estradas de terra e de cascalho em Madagascar (ilha situada no oceano Índico), metodologia esta testada também no Zaire, na África, baseada em investigações de campo e partindo-se do princípio que os trabalhos de reparos requeridos são função da deterioração provocada especialmente pelas condições do tráfego e do clima (HORTA, 1991).

Esta metodologia compreende, basicamente, três fases:

- Primeira fase – inventário e levantamento das condições da via, incluindo inventário dos bueiros e pequenas estruturas, a inspeção de pontes e o inventário de solos e materiais locais;
- Segunda fase – projeto dos trabalhos de manutenção e reabilitação, a qual deve ser completada no campo para permitir toda a checagem necessária, coleta de informações adicionais e avaliação das condições de campo; e
- Terceira fase – estimativa dos quantitativos envolvidos nos trabalhos de reabilitação definidos na fase anterior.

a) Levantamento das condições e elaboração do inventário

Para esta fase o primeiro passo é o estaqueamento da estrada, onde as estacas devem ser colocadas a cada 50 m, de forma a permitir uma fácil localização durante as investigações de campo. Um inventário detalhado da via e uma classificação das condições da superfície devem ser feitos durante o percurso pela estrada. Dependendo do terreno e das condições da estrada, de 5 a 20 km de estradas de terra podem ser levantados durante um dia de trabalho.

O levantamento é feito preenchendo-se uma ficha previamente preparada, na escala 1:10.000 (ou seja, cada 1 mm representando 10 m da estrada). O trecho é desenhado, indicando-se todas as interseções, localização das estruturas de drenagem e travessias de água, dispositivos estes que são levantados com mais detalhes em uma ficha separada, específica para bueiros e pequenas estruturas de drenagem.

A ficha de avaliação é composta por 6 seções, que incluem:

- Alinhamento – informações quanto à largura, perfil longitudinal e seção transversal, estimados sem o auxílio de instrumentos (exceto seções particulares com existência de aterros ou cortes importantes);
- Ambiente da estrada – informações quanto aos rios, córregos ou qualquer travessia de água (com estimativa do nível e fluxo e identificação de evidências de inundação); tipo e densidade da vegetação e caracterização do tipo de terreno (plano, ondulado, montanhoso ou escarpado);
- Ocorrência de materiais – informações quanto às ocorrências superficiais e afloramentos ao longo da via. Quando possível, deve-se estimar ou determinar o valor CBR (*California Bearing Ratio* – Índice de Suporte Califórnia), além de uma possível estimativa do volume do material. Informações adicionais devem ocorrer após ensaios de laboratórios em amostras de solos selecionados;
- Classificação das condições da superfície – são dois os agentes principais na deterioração das estradas de terra: o tráfego e a água (esta, especialmente nos países tropicais). Esta classificação é descrita em mais detalhes no item em sequência;
- Valetas laterais – devem ser avaliadas com os valores de 0 a 2, respectivamente, para boas condições, obstruídas por entulhos e vegetação e valetas ausentes; e

- Erosão de talude – classificado com o valor 1 quando requer reparos simples e gramado, com o valor 2 quando requer reparos com materiais de empréstimo, e com o valor 3 quando necessita de reconstrução.

b) Classificação das condições da superfície das estradas de terra

Esta etapa requer identificação, classificação objetiva e interpretação dos defeitos da superfície. Qualquer tipo de defeito deve ser sempre caracterizado por sua extensão e severidade. Os defeitos aqui considerados são: seção transversal em “W”, corrugações, buracos, depressões, ravinas longitudinais, ravinas transversais, trilhas de roda, poeira e recalques. Uma avaliação objetiva desses defeitos é feita através de medidas e da avaliação dos parâmetros de severidade dos defeitos (como profundidade, amplitude e densidade). O grau de severidade de um defeito pode ser indicado através de dígitos, em uma ficha específica, onde são considerados quatro graus de severidade. Alguns defeitos, no entanto, requerem apenas 3 dígitos para uma classificação adequada.

A água escoando por gradientes elevados e por longas distâncias provoca ravinas de erosão na superfície. Ravinas longitudinais ao longo de altos gradientes resultam em uma seção transversal do tipo “W” e aumentam de profundidade com o aumento do comprimento.

Os defeitos induzidos pelo tráfego nas superfícies de terra podem ser tanto funcionais como estruturais. Defeitos funcionais resultam da ação de desgaste dos veículos. Elementos de solo são arrancados pelos pneus dos veículos, com perda de finos para a atmosfera e deslocamento das partículas mais grossas. Esses defeitos levam à formação da seção transversal em “W”, corrugações e buracos.

O defeito seção transversal em “W” é provocado pelo atrito do tráfego de veículos que circulam pelo meio da pista, levando as partículas de solo para as laterais e para o centro, juntamente com o atrito diferenciado ao longo das trilhas de roda.

Um efeito adicional do atrito do tráfego em superfícies de cascalho é o desenvolvimento de corrugações. Após a quebra da coesão durante a estação seca, partículas maiores de areia e cascalho são conduzidas para ondas transversais, com um espaçamento regular de aproximadamente 1 m na maioria dos casos, resultante da vibração dos veículos pesados e da tração provocada pelos pneus.

Buracos geralmente resultam do arrancamento de simples partículas graúdas. Dessa forma, buracos não são muito comuns em superfícies de areia e solo fino, mas são típicos de superfícies de cascalho e de pedra britada.

Defeitos estruturais são resultado da resistência insuficiente do solo para suportar as cargas do tráfego. O cisalhamento do solo sob o tráfego raramente resulta em cisalhamento local mas geralmente produz trilhas de roda. As trilhas desenvolvem-se longitudinalmente à medida que o solo é expelido pelas rodas, formando um sulco lateral. As trilhas caracterizam solos com baixa capacidade de suporte, como solos finos não coesivos úmidos e secos, areias mal graduadas, bem como solos pouco compactados.

Solos finos secos apresentam também um tipo particular de defeito estrutural, resultante da quebra de coesão pelas vibrações induzidas pelo tráfego. A camada superior do solo com baixo peso unitário transforma-se em pó, cobrindo e escondendo trilhas, buracos e a rugosidade da superfície.

A ação combinada de alagamentos periódicos e o desgaste do tráfego resultam em grandes depressões. Este tipo de defeito é típico de seções em que a água atravessa transversalmente a superfície e onde estruturas de drenagem ou proteções apropriadas estão ausentes.

Alguns tipos de solos argilosos em regiões áridas podem formar trincas de contração após a compactação e durante a estação seca, formando blocos ou trincas do tipo pele de jacaré, que originam os buracos.

3.5.3 Avaliação das condições da superfície de estradas de terra a partir do índice ERCI

Qualquer sistema de gerência viária deve envolver, como subsistema, a gerência da manutenção. A primeira finalidade da fase de manutenção em um sistema de gerência é determinar os custos associados com os vários níveis de serventia. Para isto, são requeridos dados específicos sobre a condição da via, sendo importante que essas informações sejam usadas diretamente no sistema de gerência da manutenção. Para as estradas de terra é importante que se desenvolva um subsistema único de avaliação das condições (ABDELRAHMAN & SHARAF, 1991).

O índice ERCI (*Earth Road Condition Index* – Índice da Condição da Estrada de Terra) foi aplicado em 190 km de estradas de terra, situadas em diferentes condições ambientais. O método para classificar a condição das estradas de terra e estimar os custos de manutenção inclui os seguintes passos:

- dividir a rede viária em seções e trechos amostrais;
- inspecionar as seções;
- classificar as seções através de uma escala classificatória; e
- aplicar o modelo de custo de manutenção nas seções inspecionadas.

Antes do início da inspeção a rede viária deve ser dividida em seções e unidades amostrais. O número de amostras deve ser determinado de acordo com a homogeneidade das seções a serem avaliadas. Em geral, 10% da extensão de toda a seção é considerada suficiente para representar esse comprimento de seção; assim, uma amostra aleatória de 100 m é considerada representativa de 1 km.

As unidades amostrais são definidas aleatoriamente em cada seção homogênea, e identificadas precisamente de forma que possam ser localizadas posteriormente, para futuras inspeções comparativas.

O sistema ERCI envolve dois níveis de severidade (baixa e severa). O peso do defeito é definido como a razão entre o comprimento deteriorado e o comprimento total da unidade amostral. Para o cálculo do ERCI é necessário obter-se o valor de dedução, o qual é um número que varia de 0 a 100, onde o valor 0 indica que o defeito não tem qualquer impacto na condição da via e 100 indica um defeito extremamente sério, que provoca a total deterioração da superfície. O conceito do valor de dedução para qualquer defeito baseia-se no impacto deste defeito na condição da via.

O procedimento de cálculo do ERCI para uma unidade amostral envolve quatro passos:

- 1) Cada unidade amostral é inspecionada e os dados dos defeitos são registrados em uma ficha específica;
- 2) Os valores de dedução são determinados multiplicando-se o peso de cada defeito pelo nível de severidade, e o peso da extensão por cada registro de defeito;
- 3) Um valor de dedução total é obtido através da soma de todos os valores de dedução individuais; e
- 4) O valor ERCI é obtido utilizando-se a relação: $ERCI = 100 - \text{valor de dedução total}$

O valor ERCI para todo o trecho é a média dos valores obtidos para as unidades amostrais. A escala de classificação, com base nos valores ERCI, é dada a seguir:

ERCI	Classificação
90 – 100	→ MUITO BOA
80 – 90	→ BOA
65 – 80	→ REGULAR
40 – 65	→ RUIM
0 – 40	→ DETERIORADA

Os autores apresentam também as diversas fichas utilizadas neste sistema, tanto em relação à delimitação dos índices que definem a severidade dos defeitos, como a ficha para as inspeções de campo propriamente dita, a ficha com os respectivos pesos para os cálculos do índice ERCI e as diversas práticas de manutenção associadas a cada tipo de defeito.

3.6 Prejuízos decorrentes da utilização de uma estrada não-pavimentada sem manutenção

Pesquisas realizadas principalmente na África e nos Estados Unidos mostram que uma estrada não-pavimentada que esteja danificada oferece uma resistência ao rolamento que varia de 90 a 180 kg/tonelada de peso bruto dos veículos. Se essa mesma estrada for melhorada com o emprego de motoniveladoras e posterior aplicação na superfície de material do tipo pedregulho ou cascalho, por exemplo, mesmo que tenha como compactação apenas a passagem do próprio tráfego, pode apresentar uma resistência ao rolamento de apenas 30 a 45 kg/tonelada de peso bruto dos veículos (MACHADO et al., 1997).

Os autores mostram ainda um exemplo, considerando como veículo-padrão um caminhão de 12 toneladas, com motor diesel de 130 HP, de fabricação nacional (brasileira). No caso de uma estrada não-pavimentada sem melhoramento, danificada pelo tráfego e pelas chuvas, com uma resistência ao rolamento de 90 kg/tonelada de peso bruto do veículo-padrão, apresenta um consumo de combustível que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{C * HP * f}{V * d} \quad (01)$$

onde:

L = consumo (em litros/km);

C = consumo específico (em kg/HP de potência no motor);

f = fator de rendimento (potência disponível);

V = velocidade operacional (km/h) e

d = densidade do combustível (kg/l).

Nesse caso, aplicando-se os respectivos valores na expressão (01), onde $C = 0,188$ kg/HP, $HP = 130$, $f = 0,65$, $V = 21,44$ km/h e $d = 0,85$ kg/l, tem-se que $L = 0,872$ litros/km/veículo.

No caso da estrada ter sido melhorada, conforme a suposição apresentada, o veículo-padrão poderia trafegar com uma resistência ao rolamento de apenas 45 kg/t (no máximo), o que implicaria em uma força de tração (disponível nos sistemas de tração do veículo) de $F = 45 * 12 \text{ t} = 540$ kgf, proporcionando uma velocidade operacional de 42,87 km/h, cujos valores na expressão (01) resultam em $L = 0,436$ litros/km/veículo.

Nessa condição, haveria uma economia de **0,436 litros/km/veículo** ($0,872 - 0,436$). Como a rede rodoviária brasileira possui uma extensão aproximada de 1.200.000 km de estradas municipais não-pavimentadas, e admitindo-se ainda um tráfego médio de apenas 20 caminhões/dia, a economia diária seria de **10.464.000 litros/dia** ($0,436$ litros $\times$ 1.200.000 km $\times$ 20 caminhões), o que corresponderia em um ano (considerando o preço médio obtido para o diesel em Jan/98 de R\$ 0,426/litro) a uma economia anual da ordem de **R\$ 1.627.047.360,00**. Isso equivale, dentre outros aspectos, além de uma economia considerável em termos de divisas, a uma grande reserva no número de barris de petróleo utilizados e a uma importante redução na emissão de poluentes atmosféricos.

3.7 Algumas experiências brasileiras com os defeitos das estradas de terra

RIBEIRO & HAUENSTEIN (1985) descrevem as características e as soluções adotadas para uma estrada de terra na região noroeste do Estado do Paraná, no município de Umuarama. O município possui uma área equivalente a 2.911 km² e uma extensão de aproximadamente 1.200 km de estradas rurais não-pavimentadas. Na estrada citada, de extensão de 5 km, predomina o solo do tipo latossolo vermelho escuro, com presença também de solo do tipo podzólico vermelho amarelo. Os principais problemas detectados foram leito profundo com sulcos erosivos ao longo do percurso, além da reduzida largura do

leito trafegável (de 3 a 4 metros). Os problemas surgiram, basicamente, devido à ausência de um trabalho de conservação dos solos das propriedades lindeiras, que levava a água das chuvas para o leito da estrada, a qual, não dispondo de dispositivos de drenagem e aliado à topografia ondulada, ocasionavam a ocorrência da erosão. Como principais soluções fez-se o erguimento do leito, o aumento da largura para 8 metros, a construção de caixa de retenção e de lombadas ao longo de toda a extensão, a construção de aterro na parte mais baixa da estrada, dispondo-se inclusive de um bueiro, além da plantação de grama e árvores nas laterais da estrada. Segundo os autores, essas medidas permitiram a eliminação completa dos problemas de erosão.

CUNHA et al. (1986) afirmam que o Estado de São Paulo possui uma grande variedade de materiais que podem ser usados na manutenção das estradas de terra. A utilização destes, no entanto, depende da distância de transporte entre a jazida e o trabalho de manutenção que está sendo executado. Do ponto de vista econômico, os materiais devem ser utilizados até uma distância de no máximo 10 km.

Os principais tipos de materiais que ocorrem no Estado de São Paulo e que podem ser usados na manutenção das estradas de terra podem ser classificados através de condições geológicas, geomorfológicas e pedológicas, o que permite e facilita a utilização de mapas já existentes, permitindo assim a orientação para os trabalhos de campo.

Muitos dos materiais, no entanto, não apresentam as propriedades geotécnicas necessárias para proporcionar um bom desempenho, requerendo, em geral, uma mistura adequada de material granular (que sempre apresentam uma boa capacidade de suporte) com materiais argilosos (que adicionam coesão à mistura). Algumas outras aplicações podem ser dadas aos solos em função de suas propriedades, como drenos (quando os materiais são granulares sem qualquer fino) ou valetas laterais de drenagem (utilizando argila compactada sobre solos que sejam bastante erodíveis).

SANTOS et al. (1986) mostram também que a erosão representa um dos problemas mais sérios das estradas de terra, e sua causa está associada, basicamente, à ausência de um sistema adequado de drenagem.

Segundo os autores, dois pontos básicos devem ser obedecidos nas estradas de terra:

- a) As estradas devem ser construídas sobre o solo superficial do terreno:

Os solos superficiais possuem maior resistência à erosão, e devido à sua composição granulométrica, são também mais fáceis de serem compactados. Os solos mais profundos, denominados solos residuais, apresentam baixa resistência à erosão, principalmente devido à

sua baixa percentagem de argila, sendo também mais difíceis de compactar devido à sua grande quantidade de silte.

Por essas razões, as atividades de manutenção baseadas em patrulagens sistemáticas são totalmente condenadas, por serem atividades que provocam a remoção justamente do solo mais resistente e compactado (solo superficial), deixando exposto os solos menos resistentes (solos residuais). Além disso, quanto mais “enterrada” no terreno ficar a superfície da via, tanto mais difícil (senão impossível) será a construção de dispositivos e saídas laterais para a água.

b) Sem um sistema eficiente de drenagem, a deterioração da estrada, mais cedo ou mais tarde, torna-se completa:

O sistema de drenagem deve garantir a retirada completa da água, tanto da superfície como das laterais da via, através do abaulamento da seção transversal, de buciros, valetas laterais, saídas laterais, dentre outros dispositivos.

Os autores apresentam ainda diversos tipos de dispositivos de drenagem e trabalhos preventivos relacionados a eles e recomendados para as estradas não-pavimentadas, dentre os quais: abaulamento da seção transversal, valetas laterais, saídas laterais (“sangras”), bueiros, descidas de água com proteção de pedras (ancoradas por estacas de madeira), dissipadores de energia, bacias de acumulação, dentre vários outros.

PASTORE et al. (1986) mostram que o Estado de São Paulo possui uma área de 247.898 km², com quase 170.000 km de estradas de terra. A maior parte delas possui um tráfego médio diário em torno de 30 veículos, e com larguras que variam de 5 a 7 metros. Essas estradas, em geral, apresentam-se em estado precário, especialmente durante a estação chuvosa (de novembro a março).

Foram feitas algumas seções experimentais nos municípios de Mairinque, Araçoiaba da Serra e Salto do Pirapora, à aproximadamente 100 km da cidade de São Paulo, com extensões de 200 m, 264 m e 230 m, respectivamente, onde foi experimentada a técnica do revestimento primário, e no município de Capela do Alto, a aproximadamente 120 km da cidade de São Paulo, em um trecho de 240 m de extensão, foi experimentada uma mistura de areia/argila.

A análise do desempenho foi feita durante um período de 17 meses, incluindo duas estações chuvosas, onde foram detectados alguns problemas:

- ocorrência de pequenas erosões em seções com declividade acima de 8%;

- perda excessiva de material granular da superfície, onde a camada foi executada sem uma mistura com solo argiloso;
- uma seção construída com material granular sem adição de solo argiloso laterítico apresentou pó excessivo e perda de material, embora estivesse de acordo com as especificações adotadas. Isto foi devido ao fato de que a fração fina do solo era silte, fração comum em solos saprolíticos, os quais apresentam baixa coesão quando com baixa relação umidade – massa específica do solo.

Como principais conclusões os autores apresentam que os revestimentos primários têm mostrado ser uma solução econômica para tratamento de seções críticas e a mistura areia/argila tem se mostrado eficiente alternativa para o tratamento de seções que apresentam excesso de areia.

ODA (1995) procedeu a uma caracterização das estradas municipais não-pavimentadas no município de São Carlos – SP, através do auxílio de mapas geológicos, topográficos e pedológicos, além de realizar um levantamento de campo, em que utilizou um método de avaliação das condições da superfície de rolamento.

A avaliação de campo mostrou que os maiores problemas surgem devido à seção transversal inadequada e à ausência ou deficiência do sistema de drenagem. Tais características, juntamente com o efeito da passagem do tráfego e da ação de intempéries aceleram o processo de deterioração da superfície, especialmente nas vias em que não existe uma manutenção adequada.

Outra constatação foi quanto à influência do tipo de solo e do relevo na formação dos defeitos, onde as corrugações, os arciões e os buracos são mais freqüentes em solos arenosos, em trechos planos, e problemas de erosão ocorrendo nesses mesmos solos, em trechos de rampas acentuadas (maiores que 8%). Já as pistas escorregadias e os atoleiros são característicos de solos argilosos, em épocas de chuvas, esses últimos ocorrendo em trechos planos ou fundos de vale; já em épocas de seca ocorrem as ondulações irregulares em trechos planos ou em rampas, e a poeira e a segregação de agregados em trechos de rampas, em que se tem uma camada de material granular acrescentada à superfície, sem compactação adequada.

D'ÁVILA (1996) desenvolveu uma nova especificação de materiais para revestimento primário, fundamentada no método MCT (Miniatura Compactado Tropical). A Tabela 06 a seguir sintetiza a especificação proposta, para cada grupo da classificação MCT. Deve-se ressaltar, no entanto, que esta especificação parte do pressuposto de que as

condições de drenagem são adequadas, o que implica que não haja água empoçada na plataforma da via.

TABELA 06 – Especificação proposta de materiais para revestimento primário (D'ÁVILA, 1996).

CLASSIFICAÇÃO MCT	POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO
LA	Aplicável como revestimento primário para estradas de baixo volume de tráfego médio diário (< 20 veículos/dia), greide plano a suave, em camadas de pequena espessura (< 2 cm), sobrejacente à camada coesiva com suporte adequado. Apresentam melhores características quanto mais bem graduados e menor a percentagem de areia fina.
NA	Aplicável como revestimento primário para estradas de baixo volume de tráfego médio diário (< 20 veículos/dia), com greide plano a suave, em camadas de pequena espessura (< 2 cm), sobrejacente à camada coesiva com suporte adequado. Apresentam melhores características quanto mais bem graduados e menor a percentagem de areia fina.
LA'	Aplicável como revestimento primário. Para valores de c' menores que 1,1 a durabilidade deve ser avaliada.
NA'	Aplicável como revestimento primário. Zona limítrofe com NS' e NG' ($c' \geq 1,8 - 0,5 c'$) deve atender a critérios complementares. A durabilidade deve ser avaliada.
NS'	Não é aplicável como revestimento primário, exceto quando na faixa limítrofe com NA' ($c' \leq 2,1 - 0,5 c'$) onde podem ser utilizados desde que atendam aos critérios complementares. Nesse caso, a durabilidade deve ser avaliada.
LG'	Aplicável como revestimento primário desde que corrigida a deficiência de aderência com a cravação de agregado com dimensões entre 1,5 a 3,75 cm. Para $c' < 1,7$ pode ser utilizado sem aplicação de agregados, desde que o greide seja plano ou suave. Apresentam excelente durabilidade. Na faixa limítrofe com NA' e NG' (c' entre 1,10 e 1,15) deve atender aos critérios complementares.
NG'	Não é aplicável como revestimento primário, exceto quando na faixa limítrofe com LG' (c' entre 1,15 e 1,20), onde podem ser utilizados desde que atendam aos critérios complementares. Nesse caso apresentam deficiência de aderência, a ser corrigida com a cravação de agregado com dimensões entre 1,5 a 3,75 cm.

Ainda segundo o autor, as areias puras ou com muito baixo teor de finos (percentagem que passa pela peneira nº 200 $< 5\%$) - para as quais não é possível utilizar o método MCT - podem ser aplicadas como revestimento primário, nas mesmas condições

especiais previstas para os grupos LA e NA, as quais apresentam melhores características quanto mais bem graduadas e quanto menor for a percentagem de areia fina. Inclusive, essa alternativa de revestimento primário produz muito pouca quantidade de poeira.

Quanto à avaliação da durabilidade do revestimento primário, o autor propõe a análise com base na taxa de ligante, determinada através do ensaio de percentagem de dispersão e definida como a percentagem menor que 0,075 mm (obtida no ensaio de análise granulométrica com uso de defloculante) menos a média aritmética entre a percentagem menor que 0,075 mm e a percentagem menor que 0,050 mm (obtidos no ensaio de análise granulométrica sem uso de defloculante). Os valores propostos para avaliação da durabilidade do revestimento primário são:

TAXA DE LIGANTE (TL)	DURABILIDADE
TL < 12%	Baixa
$12 \leq TL \leq 20$	Média
TL > 20	Alta

Quanto aos critérios complementares para as zonas limítrofes, o autor propõe os seguintes valores:

CRITÉRIO	VALOR MÍNIMO
mini-CBR _{umidade ótima}	13%
mini-CBR _{umidade ótima - 3%} / mini-CBR _{umidade ótima}	1

O mini-CBR_{umidade ótima} deve ser obtido na condição imersa sem sobrecarga, com ensaio realizado segundo o método de compactação Mini-MCV. Já a relação mini-CBR_{umidade ótima - 3%} / mini-CBR_{umidade ótima} > 1 visa identificar materiais cujas propriedades tendem a sofrer uma melhora relativa quando compactados pela ação do tráfego. Como os revestimentos primários estão sujeitos à variação de umidade devido à sua posição superficial na via, e como os materiais possuem uma tendência a um aumento em seu grau de compactação quando na condição abaixo da umidade ótima, materiais que não apresentam uma reversão nesse grau de compactação quando umedecidos são muito desejáveis.

Os critérios complementares para os agregados grosseiros, aplicáveis a todos os grupos classificatórios do método MCT, recomendam que:

- Os agregados grosseiros devem apresentar uma boa distribuição granulométrica, com o objetivo de evitar a rugosidade excessiva, o corte dos pneus e obter uma maior estabilidade;
- O tamanho máximo deve ser de 37,5 mm (tamanhos maiores são tolerados apenas em agregados lamelares), de forma a evitar a irregularidade excessiva e o corte dos pneus;
- Os agregados devem ser resistentes ao desgaste provocado pelos veículos e aos ciclos de secagem e umedecimento, evitando-se assim materiais que apresentam processo de degradação acentuado, tornando-se material de baixo suporte; e
- A presença de agregados grosseiros em quantidade adequada aumenta significativamente a durabilidade do revestimento primário.

PASTORE (1997), em recente pesquisa realizada nas estradas não-pavimentadas do município e de usinas de açúcar e álcool de São Joaquim da Barra – SP, pôde constatar que em relação à drenagem, ocorrem problemas de forma generalizada pela malha viária, que em geral propiciam a degradação da estrada. Os problemas mais comuns são:

- ausência de abaulamento transversal, de forma a permitir o rápido escoamento da água do leito da estrada para as valetas laterais;
- ausência de valetas laterais e, em muitos casos, presença de pequenos sulcos ou leiras longitudinais, impedindo o escoamento para as laterais da estrada; e
- falta de saídas d'água, do tipo “sangras”, que permitam drenar as águas que escoam pela lateral da via.

Com relação aos problemas mais freqüentes relacionados ao leito natural da estrada, função do tipo de solo constituinte, PASTORE (1997) identificou ainda:

- Em solos argilosos lateríticos (grupo LG' – segundo classificação MCT): superfície tipo couro de crocodilo na estação seca, provocando muita trepidação dos veículos; poeira excessiva, também na estação seca, e superfície lisa e escorregadia (especialmente em trechos em rampa), na estação chuvosa.
- Em solos arenosos lateríticos (grupo LA' – segundo classificação MCT): na estação seca, formação de camadas de arcia solta na superfície, devido ao tráfego, podendo formar corrugações, que causam fortes trepidações nos veículos.
- Em solos saprolíticos de basalto (grupo NS'/NG' – segundo classificação MCT): poeira excessiva, na estação seca, e superfície lisa e formação de lama, na época de chuvas.

Com relação ao cascalhamento das vias, dependendo da solução adotada podem surgir alguns problemas como:

- poeira excessiva – quando o cascalho utilizado contém elevada quantidade de silte;
- derrapagens, quebra de suspensão e amassamento de rodas dos veículos – quando os cascalhos são muito grandes e soltos na superfície de rolamento e
- desgaste excessivo dos pneus, quando o cascalho é muito resistente e pontiagudo.

Como recomendações básicas, o autor sugere que, além de um sistema adequado de drenagem, que inclui desde o abaulamento da seção da via, as valetas laterais para a condução longitudinal da água e as “sangras”, que permitem levar a água para o terreno lindeiro (a qual, pode ser bem aproveitada em plantações, por exemplo, devendo, no entanto, ser bem orientada para evitar a erosão desse terreno), a conservação das estradas não-pavimentadas devem obedecer também, de um modo geral, ao que segue:

- Evitar a patrolagem sistemática, que aos poucos deixa o leito encaixado no terreno, dificultando o escoamento das águas e muitas vezes alcançando a camada de solo saprolítico, de qualidade inferior;
- É preferível tampar os buracos do leito já consolidado pelo tráfego do que patrolar o trecho retirando a camada compactada;
- Em solos argilosos lateríticos (grupo LG') as soluções mais indicadas são o agulhamento e o revestimento primário;
- Em solos saprolíticos de basalto (grupo NS'/NG') o agulhamento não é recomendado e, devido à sua baixa capacidade de suporte, o revestimento primário deve ser executado sobre uma camada de reforço do subleito, de material adequado.
- Os solos arenosos lateríticos (grupo LA') são pouco problemáticos, devendo-se ter um cuidado especial apenas com a implantação e manutenção de um bom sistema de drenagem.

4. PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DE VIAS NÃO-PAVIMENTADAS PROPOSTO PELO *U. S. ARMY CORPS OF ENGINEERS*

4.1 Princípios do Método

O procedimento proposto pelo *U. S. Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos) encontra-se descrito no itens seguintes, com base nos trabalhos apresentados por EATON; GERARD & CATE (1987), EATON; GERARD & DATILLO (1987), EATON (1988), EATON & GERARD (1991), EATON & BEAUCHAM (1992) e HEADQUARTERS - DEPARTMENT OF THE ARMY (1995).

Trata-se de um método destinado à avaliação e gerência da manutenção das vias não-pavimentadas. Seu desenvolvimento consistiu, basicamente, de 3 fases. As fases I e II resultaram na publicação de um manual de campo, o qual apresenta como fazer a inspeção e como calcular o índice que indica a condição geral da via. A fase III corresponde à implementação do método e desenvolvimento de programas computacionais compatíveis com os sistemas de gerência de pavimentos, fase esta que não é apresentada em maiores detalhes pela literatura técnica consultada. A seguir são descritas as fases I e II:

a) Fase I - Desenvolvimento do manual de campo:

O manual de campo foi desenvolvido com objetivo de avaliar as rodovias não-pavimentadas de baixo volume de tráfego. Para desenvolver este sistema de avaliação foram utilizadas as práticas de gerência de manutenção empregadas por órgãos militares, municipais e estaduais, além de se levar em conta as práticas correntes de manutenção e levantamentos de campo para identificação dos diferentes tipos de defeitos das vias.

As principais etapas para o desenvolvimento do manual de campo foram:

- pesquisa bibliográfica, incluindo projeto, construção, operação e práticas de manutenção das vias, volume e cargas do tráfego e sistemas de gerência da manutenção;
- *workshops* entre profissionais especialistas em estradas não-pavimentadas, utilizando-se a técnica do painel de Delfos (o painel de Delfos resume-se a um grupo de especialistas em determinada área de conhecimento, que conduzem juntos um estudo a fim de discutir e documentar o assunto, até que cheguem a dados de consenso entre todos). Os *workshops* resultaram em um melhor conhecimento de como as vias não-pavimentadas são freqüentemente mantidas, identificou e caracterizou seus principais defeitos, identificou problemas econômicos, políticos e sociais, delineando também as informações que deveriam constar do manual; e
- inspeções *in-situ* para levantamento dos tipos de defeitos, verificação de como esses defeitos se manifestam e as estratégias de manutenção para combatê-los.

Os locais de inspeção eram representativos de vários tipos de solos do subleito e tipos de agregados na superfície, diferentes condições ambientais e graus de manutenção, e situavam-se em regiões militares ou próximas a essas na Georgia, Oklahoma, Arkansas, New Hampshire, Vermont, California, Washington e Alaska.

A partir dessas etapas foi possível elaborar um esboço preliminar do manual de identificação e avaliação, contendo os tipos de defeitos, os níveis de severidade e as formas de mensuração.

b) Fase II - Validação de campo e desenvolvimento do modelo do valor de dedução:

Nesta fase houve uma série de levantamentos de campo direcionados à validação do manual de campo, os quais providenciaram a informação necessária para definir e descrever os tipos de defeitos e seus respectivos níveis de severidade. Os levantamentos forneceram ainda os dados necessários ao desenvolvimento dos valores de dedução (denominados no método como *DV - deduct value* – valor de dedução) associados com cada defeito e nível de severidade.

Neste caso, define-se como defeito uma condição não desejável da via. O valor de dedução é uma medida da severidade de um defeito, onde o valor zero indica que o defeito não tem impacto nas condições da via e o valor 100 indica que o defeito provoca uma situação totalmente inadequada para a via. Estes termos são compatíveis com o sistema *PAVER* (sistema de gerência de pavimentos desenvolvido também pelo *U. S. Army Corps of Engineers*).

O ponto de partida para o desenvolvimento das curvas de valor de dedução dos vários defeitos das vias não-pavimentadas foram as curvas de valor de dedução dos defeitos corrugações, buracos, trilhas de roda e valor de dedução total para superfícies com pavimentos asfálticos. Tinha-se, assim, um conjunto inicial de curvas.

O grupo responsável pelo levantamento inicial de validação de campo era composto de 8 membros. O grupo reuniu-se em Kentucky, nos Estados Unidos, onde doze unidades amostrais de 30 m de comprimento foram selecionadas para avaliação e medida. Cada membro avaliou a seção usando observações qualitativas, em uma escala de 0 a 100 (com a respectiva classificação mostrada adiante), com o veículo percorrendo toda a extensão do trecho a uma velocidade de 40 km/h, e através de análises quantitativas, medindo-se os defeitos nas seções selecionadas, de forma a ser possível o cálculo do *URCI* (*Unsurfaced Road Condition Index* - índice da condição da via não-pavimentada) a partir das curvas de valor de dedução iniciais.

0 - 25 → Ruim

25 - 50 → Regular

50 - 75 → Boa

75 - 100 → Excelente

Após o levantamento em Kentucky, os membros do grupo estabeleceram algumas alterações na metodologia e estabeleceram o *ranking* dos defeitos. As principais conclusões do grupo foram:

- A metodologia é viável e o pessoal pode ser facilmente treinado para utilizar o manual de campo;
- Os defeitos SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS e PÓ devem ser considerados separadamente;
- O defeito SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA deve levar em conta problemas de drenagem na superfície da via, mesmo que não haja presença de água durante a inspeção;
- Os defeitos SOLOS MOLES e RECALQUES não são considerados pelo fato de que outros defeitos originados por eles são considerados;
- A ordem de importância dos defeitos na condição da via é: SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA, DRENAGEM LATERAL INADEQUADA, BURACOS, PÓ, CORRUGAÇÕES TRILHAS DE RODA e SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS, e

- Os defeitos SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA e DRENAGEM LATERAL INADEQUADA são os defeitos mais críticos na manutenção da via.

Com as análises qualitativas e os valores *URCI* calculados a partir dos levantamentos de campo e baseados nas curvas iniciais de valor de dedução observou-se que, embora os valores estivessem consistentes em relação às estimativas visuais, os valores propriamente dito eram significativamente maiores. Com isso, os valores de dedução foram reduzidos proporcionalmente de forma a se igualarem às avaliações visuais. A partir de um processo de análise de regressão, um novo conjunto de curvas de valores de dedução ajustadas foi desenvolvido, as quais, usadas em levantamentos subsequentes, foram sendo ajustadas até se chegar às curvas finais propostas. O processo completo utilizado para o ajuste das curvas encontra-se em EATON (1988).

4.2 Avaliação das condições das vias

A condição da superfície pode ser relacionada a fatores como integridade estrutural, capacidade estrutural, rugosidade e grau de deterioração. Efetuar medidas diretas desses fatores, além de requerer equipamentos caros, exige pessoal altamente treinado. No entanto, a avaliação desses fatores pode ser feita pela observação e medida dos defeitos da superfície, podendo ser representada pelo *URCI*.

O *URCI* é um indicador numérico que varia de 0 a 100 e indica a integridade da via e a condição operacional de sua superfície. Em geral, ele está correlacionado com o nível de necessidade de manutenção e reparo da via. A escala do índice *URCI* com suas respectivas avaliações é idêntica ao índice *PCI* (*Pavement Condition Index* - índice da condição do pavimento), utilizado para vias pavimentadas, e está apresentada na Figura 07.

URCI	CLASSIFICAÇÃO
100	EXCELENTE
85	MUITO BOA
70	BOA
55	REGULAR
40	RUIM
25	MUITO RUIM
10	REPROVADA
0	

FIGURA 07 - Intervalos dos valores *URCI* e respectivas classificações.

4.2.1 Método de trabalho

- As vias devem ser divididas em “SEÇÕES” que tenham características uniformes, e estas devem ser divididas em “UNIDADES AMOSTRAIS”.
- Uma unidade amostral deve ser considerada como a menor divisão de uma via, sendo este o trecho indicado para a realização das medidas, com a finalidade de determinar a condição da superfície da via.
- A unidade amostral deve ter, em geral, um comprimento de aproximadamente 30 m, desde que a largura do trecho esteja compreendida entre 4,5 m e 10,5 m (o que resulta numa área do trecho entre 135 m² e 315 m², respectivamente). Caso a largura seja menor que 4,5 m ou maior que 10,5 m, o comprimento do trecho deve ser aumentado ou diminuído, não se perdendo de vista que a área resultante deve estar compreendida no intervalo anteriormente citado.
- É importante que a unidade amostral seja representativa do trecho que está sendo analisado, ou seja, que permita uma justa estimativa de toda a seção em análise. No entanto, se uma pequena parte da seção tem problemas severos, deve-se fazer dessa parte uma unidade

amostral especial, realizar a inspeção normalmente, mas não utilizar essa avaliação para calcular a média de toda a seção.

- Deve-se ter, em geral, uma unidade amostral a cada 800 m. É importante também produzir um mapa indicando o tamanho e a localização das várias unidades amostrais selecionadas, e no campo, identificá-las através de piquetes permanentes, de forma a permitir que numa próxima inspeção o mesmo ponto seja localizado.

4.2.2 Inspeção nas vias não-pavimentadas

A inspeção pode ser feita através de dois métodos:

- 1) Através de uma inspeção rápida, realizada com o veículo em movimento, também denominada de “inspeção de pára-brisa”. Para essa inspeção deve-se percorrer toda a extensão da seção a uma velocidade de 40 km/h (podendo ser maior ou menor em função das condições da via), anotando-se todo e qualquer problema na superfície ou de drenagem no trecho percorrido. Essa inspeção deve ser feita quatro vezes por ano, englobando-se todas as estações climáticas. Os resultados podem ser bastante úteis para se estimar as necessidades e definir as prioridades de manutenção.
- 2) O outro método de inspeção envolve medidas detalhadas dos defeitos encontrados nas várias unidades amostrais, devendo a inspeção ser conduzida anualmente, sempre na mesma época do ano. Para efetuar as medidas deve-se ser capaz de identificar certos tipos de defeitos, que para as vias não-pavimentadas foram definidos como:

- Seção transversal inadequada
- Drenagem lateral inadequada
- Corrugação
- Pó
- Buraco
- Trilha de roda
- Segregação de agregado

Para a inspeção são necessários, basicamente, uma trena, uma régua, folhas de inspeção e um guia de defeitos.

4.2.3 Cálculo do *URCI* a partir das inspeções de campo

Para o cálculo do *URCI* são utilizados os valores de dedução (*DI*). O índice *URCI* é um valor numérico que varia de 0 a 100, onde o valor indica que o defeito não tem qualquer impacto na condição da via e o valor 100 indica que o trecho está completamente danificado. No entanto, para a determinação dos valores de dedução de cada defeito, faz-se necessário o cálculo da densidade de cada defeito da unidade amostral. O cálculo do *URCI* segue quatro passos principais, apresentados a seguir:

- Cálculo da densidade para cada tipo de defeito, exceto para pó (cujos valores já são pré-estabelecidos):

$$\text{DENSIDADE} = (\text{Quantidade de defeito} / \text{Área da Unidade Amostral}) \times 100\%$$

- Utilizando-se de curvas específicas encontram-se os valores de dedução para cada tipo de defeito, função do nível de severidade.
- Encontrar o valor de dedução total (*TDV* - *total deduct value*) e o valor *q*. O valor *TDV* é obtido através da soma dos vários valores de dedução e o valor *q* representa o número de valores de dedução individuais maiores que 5,0.
- O valor *URCI* para cada unidade amostral é obtido através de uma curva específica, conhecidos os valores *q* e *TDV*.
- A avaliação da seção é feita através da média aritmética dos valores *URCI* obtidos para todas as unidades amostrais em análise dessa seção.

4.3 Guia de defeitos

1) SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA

B - Pouca quantidade de água empoçada na superfície e superfície plana sem inclinação transversal.

M - Moderada quantidade de água empoçada na superfície e com trechos em formato côncavo.

A - Grande quantidade de água empoçada na superfície e severas depressões na superfície.

MEDIDA: Em metros lineares, ao longo do eixo central ou paralelo a este. Pode haver diferentes severidades na mesma unidade amostral.

2) DRENAGEM LATERAL INADEQUADA

B - Pequena quantidade de água acumulada nas valas laterais e entulho ou vegetação nas mesmas.

M - Água empoçada nas valas, entulho ou vegetação nas mesmas, ou erosão das valas em direção à plataforma.

A - Muita água empoçada nas valas, escoamento transversal da água pela plataforma, vegetação ou entulho nas valas ou erosão nas mesmas.

MEDIDA: Em metros lineares em cada lateral da estrada. O comprimento máximo é 2 vezes o comprimento da unidade amostral.

3) CORRUGAÇÕES

B - Profundidade $p < 2,5$ cm.

M - Profundidade $2,5 \text{ cm} \leq p \leq 7,5$ cm

A - Profundidade $> 7,5$ cm

MEDIDA: Em metros quadrados de área da superfície da unidade amostral.

4) PÓ

B - Nuvem pouco densa, sem obstruir a visibilidade, com altura < 1 m.

M - Nuvem moderadamente densa, obstruindo parcialmente a visibilidade, c/ altura entre 1 m e 2 m.

A - Nuvem muito densa c/ obstrução severa da visibilidade, com altura > 2 m.

MEDIDA: Dirigir o veículo a 40 km/h e observar a nuvem de pó formada.

5) BURACOS

TABELA 07 - Relação entre profundidade e diâmetro do buraco x nível de severidade.

PROFUNDIDADE MÁXIMA	DIÂMETRO MÉDIO			
	< 30 cm	30 - 60 cm	60 - 100 cm	> 100 cm (1 m)
1,5 - 5 cm	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO
5 - 10 cm	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 10 cm	MÉDIO	ALTO	ALTO	ALTO

Caso o buraco tenha mais que 1 metro de diâmetro, deve-se determinar sua área em m^2 e dividi-la por 0,65, de forma a encontrar o número equivalente de buracos.

MEDIDA: Conta-se o nº de buracos na unidade amostral.

6) TRILHAS DE RODA

B - Trilhas com profundidade $p < 2,5$ cm.

M - Trilhas com profundidade $2,5 \text{ cm} \leq p \leq 7,5$ cm

A - Trilhas com profundidade $> 7,5$ cm

MEDIDA: Em metros quadrados de área superficial da unidade amostral.

7) SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS

B - Berma com altura $b < 5$ cm

M - Berma com altura $5 \text{ cm} \leq b \leq 10$ cm

A - Berma com altura $b > 10$ cm

MEDIDA: Metros lineares paralelo ao eixo da estrada. Cada berma é medida separadamente, no acostamento ou na área menos trafegável.

4.4 Aspectos referentes à obtenção do índice URCI

4.4.1 Descrição dos defeitos e respectivos ábacos utilizados para o cálculo do URCI

1) SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA

O método considera que uma seção transversal é inadequada quando a superfície da via não apresenta qualquer declividade transversal, de forma que possa conduzir a água para as valetas de drenagem lateral. Quanto à severidade, maiores serão os níveis de severidade quanto mais depressões existirem na superfície da via, de forma que, além da dificuldade da água escoar para as laterais da pista propriamente dita, ainda há o acúmulo de água nas depressões da superfície.

As curvas utilizadas para a determinação do DV , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 08.

FIGURA 08 - Curvas para a determinação do DV do defeito “Seção Transversal Inadequada”.

2) DRENAGEM LATERAL INADEQUADA

O método considera que a drenagem lateral é inadequada quando as valetas laterais não apresentam condições satisfatórias para conduzir, longitudinalmente, a água que foi retirada da superfície da via. Os níveis de severidade são maiores à medida que há mais acúmulo de água nas valetas laterais.

As curvas utilizadas para a determinação do DV , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 09.

FIGURA 09 - Curvas para a determinação do DV do defeito "Drenagem Lateral Inadequada".

3) CORRUGAÇÕES

Denominam-se por corrugações as ondulações que se formam perpendicularmente à direção do tráfego, constituindo-se de pequenas ondas regularmente espaçadas. Os níveis de severidade são função, basicamente, da profundidade apresentada pela seqüência de ondas.

As curvas utilizadas para a determinação do DV , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 10.

FIGURA 10 - Curvas para a determinação do DV do defeito "Corrugações".

4) PÓ

Denomina-se como pó a ocorrência de partículas de solo soltas na superfície da via, originadas, principalmente, pela ação abrasiva do tráfego que atua sobre a via. Os níveis de severidade aumentam em função da obstrução da visibilidade, provocada pela nuvem de pó formada.

Nesse caso específico, não existem curvas em função da densidade do defeito, e sim valores fixos de DV já fornecidos, em função do nível de severidade do defeito no trecho. Os respectivos valores encontram-se indicados na Tabela 08.

TABELA 08 - Tabela com os valores de DI para o defeito “Pó”.

<u>PÓ</u>	
BAIXA	2 PONTOS
MÉDIA	4 PONTOS
ALTA	15 PONTOS

5) BURACOS

Denominam-se como buracos pequenas depressões em forma côncava que surgem ao longo da superfície da via, provocados, em geral, pelo desgaste que o tráfego provoca em pequena área, o qual pode ter seu crescimento acelerado com a presença de água, que leva a uma perda mais rápida do material de superfície.

O método considera buracos com diâmetro inferior a 1 metro, sendo os níveis de severidade função do diâmetro e da profundidade de cada buraco. Para buracos com diâmetro acima de 1 metro o método propõe encontrar um número equivalente, determinando-se a área do buraco em questão, em m^2 , e dividindo-se essa área por 0,65 (de forma a obter-se um número equivalente a um buraco de 1 metro de diâmetro).

As curvas utilizadas para a determinação do DI , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 11.

FIGURA 11 - Curvas para a determinação do DV do defeito "Buracos".

6) TRILHAS DE RODA

A denominação de trilha de roda é dada às depressões na superfície da via em forma de afundamento, que ocorrem nas regiões dos rodéis (paralelas ao eixo da via), às quais são devido, em geral, à ação repetida do tráfego atuando em pontos de baixa capacidade de suporte. Os níveis de severidade são função da profundidade dos sulcos formados pelo afundamento.

As curvas utilizadas para a determinação do DV , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 12.

FIGURA 12 - Curvas para a determinação do DV do defeito 'Trilhas de Rodas'.

7) PERDA (ou SEGREGAÇÃO) DE AGREGADOS

O método considera como perda (ou segregação de agregados) quando o tráfego, com sua ação abrasiva, desagrega as maiores partículas da superfície da via e, com sua ação permanente sobre a mesma, provoca o deslocamento dessas partículas para fora das trilhas, fazendo com que haja uma perda de material sob as rodas e acúmulo de partículas no centro e lateralmente aos rodeiros, formando-se assim as bermas de agregados. Os níveis de severidade desse defeito são função, basicamente, da altura da berma formada pela perda dos agregados.

As curvas utilizadas para a determinação do DV , em função do nível de severidade e da densidade de defeito no trecho em análise são mostradas na Figura 13.

FIGURA 13 - Curvas para a determinação do *DV* do defeito "Perda ou segregação de agregados".

4.4.2 Curvas para a determinação do *URCI*

Finalmente, tendo-se o levantamento de todos os defeitos do trecho em análise, e após utilizar as curvas respectivas de cada defeito e severidade e proceder aos cálculos requeridos, deve-se calcular o valor *URCI*, que é o índice que fornece a classificação do trecho. Para isso, dispondo-se dos valores q e TDV recorre-se às curvas mostradas na Figura 14, obtendo-se assim o valor *URCI* para o ponto da investigação de campo.

FIGURA 14 - Curvas para a determinação do valor *URCl*.

4.4.3 Exemplo de determinação do *URCl*

A seguir é apresentado um exemplo do cálculo do valor *URCl* para um ponto de investigação de campo. O exemplo inclui uma folha de inspeção com os dados obtidos no campo, mostrando todos os cálculos efetuados e as curvas empregadas para se chegar ao valor *URCl* e, conseqüentemente, à classificação do trecho.

- 1) TABELA 09 - Folha de inspeção com os dados obtidos em um trecho no levantamento de campo.

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu - SP-215 + Aparecidinha		Extensão (m): 9000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 01				
Distância do início (m): 2200 m		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.						
Distância do ponto anterior (m): 2200 m								
Localização início estrada: Próximo ao Condomínio Itaipu								
Coordenadas trecho: S = 22° 03' 21"				W = 47° 47' 08"				
Altitude (m): 1013 ± 150 m				Largura (m): 5,50 m				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 165 m²				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral:				TIPOS DE DEFEITOS 1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			45,5		20
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,2	A	22					
2	36,4	A	29,5					
5	27,6	A	62,5					
7	12,1	A	15					
TDV: 129		q: 04	URCI: 26	Classificação: RUIM				

- 2) Com a “quantidade” de cada defeito e a “área da seção” investigada calculam-se os valores da densidade de cada defeito, para cada nível de severidade.

$$\text{Por exemplo: } \frac{30}{165} \times 100 = 18,2\%$$

- 3) Tendo-se a “densidade” e o “nível de severidade” de cada defeito, determinam-se os valores de DV para cada defeito, a partir das respectivas curvas específicas, função do nível de severidade.

Por exemplo:

FIGURA 15 - Exemplo da determinação do valor de DV .

4) Tendo-se o valor de DV para cada defeito calcula-se o valor de TDV como sendo a soma de todos os valores de DV determinados. O valor de q indica o número de DVs individuais maiores que 5,0. Com os valores de TDV e q determina-se o valor $URCI$ através de curvas específicas. Por exemplo:

FIGURA 16 - Exemplo de determinação do valor $URCI$

5) Tendo-se determinado o valor *URCI* classifica-se o trecho através da escala *URCI* de classificação. Por exemplo:

URCI	CLASSIFICAÇÃO
100	EXCELENTE
85	
70	MUITO BOA
55	BOA
40	REGULAR
25	RUIM
10	MUITO RUIM
0	REPROVADA

URCI=26 ←

FIGURA 17 - Exemplo da determinação da classificação do trecho.

4.5 Procedimentos introduzidos no método de avaliação de defeitos

4.5.1 Em relação ao defeito “buracos”

Quanto ao defeito “BURACOS”, o método adotado para a avaliação dos defeitos recomenda determinar o número de buracos em cada nível de severidade, função do diâmetro e da profundidade dos mesmos, sendo que para diâmetros acima de 1 metro faz-se necessário determinar a área do buraco, valor com o qual é calculado um número equivalente (no caso, o número equivalente a um buraco de 1 metro de diâmetro).

Nas investigações de campo, de início constatou-se que eram poucos os buracos encontrados de pequena dimensão, ou seja, em geral, os buracos excediam a dimensão de 1 metro, e todos eles tendo um formato aproximadamente elíptico.

Para facilidade do levantamento de campo e também para uma determinação da área de forma mais direta, decidiu-se medir os buracos como retângulos, ou seja, registrando-se as medidas de comprimento e largura de cada defeito, considerando-se que, como a forma geométrica dos buracos não é perfeitamente definida, e portanto, já é inerente uma certa imprecisão na determinação das medidas (seja em termos de diâmetro ou em termos de comprimento e largura), considerou-se que não se estaria introduzindo um erro significativo nesta forma de obtenção de medidas, e portanto, no cálculo da área do defeito. Assim sendo, quando uma das medidas excedia 1 metro, calculava-se a área (através da medida do comprimento e largura), dividindo-a pelo valor 0,65 (valor que corresponde à equivalência com um buraco de 1 metro de diâmetro). Com isso, o número resultante indicava o número equivalente de buracos, que dividido pela área da seção de inspeção, resultava na densidade de buracos com o respectivo nível de severidade. A partir daí o procedimento para determinação do valor de DV é análogo aos demais defeitos.

Como forma de exemplificar o procedimento adotado, detalharemos, a seguir, a obtenção da quantidade de buracos indicada na folha de inspeção já discutida neste trabalho, mostrada na Tabela 09.

Para a determinação da quantidade de buracos, anotava-se, na folha de inspeção, todos os buracos (com suas respectivas medidas e profundidade). Sendo pelo menos uma das medidas maior que 1 metro, determinava-se a área e, juntamente com a profundidade, determinava-se o nível de severidade proposto pelo método, com base na Tabela 07, mostrada no item “Guia de defeitos”.

No caso do exemplo de campo citado, mostram-se, na Tabela 10 a seguir, as anotações referentes aos buracos encontrados na referida seção investigada.

TABELA 10 - Exemplo quanto à obtenção da quantidade de buracos segundo adaptações introduzidas no método.

<ul style="list-style-type: none"> • 6 buracos - dimensões = 1,5 m x 1,2 m - profundidade = 14 cm ✓ Área = 1,80 m² ✓ $n_{eq} = 1,8/0,65 = 2,77$ ✓ $n_{total} = 2,77 \times 6 = 16,6$ ✓ nível de severidade = Alto 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 buraco - dimensões = 2 m x 1 m - profundidade = 12 cm ✓ Área = 2,0 m² ✓ $n_{eq} = 2/0,65 = 3,1$ ✓ nível de severidade = Alto 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 buraco - profundidade = 15 cm <ul style="list-style-type: none"> ✓ Área = 17,0 m² ✓ $n_{eq} = 17/0,65 = 26,1$ ✓ nível de severidade = Alto
<ul style="list-style-type: none"> • Número total equivalente de buracos = 16,6 + 3,1 + 26,1 = 45,5 • Nível de severidade = Alto • Densidade do defeito = $45,5/165 = 0,276 = 27,6\%$ 		

4.5.2 Consideração do defeito “atoleiro”

Embora o método original não considere o defeito “atoleiro”, em diversos pontos do levantamento de campo (especialmente nos locais com solos argilosos e inspecionados em épocas de chuva), foi constatada sua ocorrência, os quais resultaram, em sua maioria, numa grande precariedade dos trechos.

Em função do seu efeito nocivo na qualidade da superfície dos trechos, decidiu-se que não se poderia omitir sua ocorrência, nem deixar de levá-los em conta no cálculo do índice da condição da via. Assim, em alguns pontos os atoleiros foram considerados como “segregação de agregados”, uma vez que a camada de lama formada acumulava-se em pequenas bermas, deixando na superfície uma espécie de trilha de roda. Em outras ocasiões os atoleiros foram considerados como “buracos”, haja visto a superfície formada pela passagem do tráfego resultar em uma depressão com lama. Portanto, nas avaliações, para a consideração dos atoleiros, primeiramente se avaliava a geometria do defeito, decidindo-se

em qual das duas categorias o defeito seria enquadrado (segregação de agregados ou buracos).

4.5.3 Consideração quanto à erosão da superfície

Em alguns trechos avaliados constatou-se a ocorrência de erosões na superfície, em geral, em locais de solo mais arenoso, em trechos com certa declividade longitudinal e com sistema de drenagem inexistente ou insuficiente (transversal e longitudinal). Nesses casos, como o método empregado não faz referência direta a esse tipo de defeito, e considerando-se que o mesmo pode afetar em muito a qualidade da superfície da via, decidiu-se por considerá-los como buracos, procedendo-se às medidas normalmente, da mesma forma que já citada anteriormente.

Decidiu-se, no entanto, em considerá-los como buracos, após uma análise de um mesmo trecho com erosão, avaliado em duas situações: como trilha de roda e como buraco. Nesse caso, a classificação resultante do trecho foi ruim e reprovada, respectivamente, tendo-se considerado a classificação reprovada mais condizente com a realidade do local. As respectivas avaliações podem ser vistas no Anexo, nas páginas 253 e 254.

4.5.4 Largura trafegável do trecho

Outro aspecto encontrado em alguns pontos investigados refere-se à largura trafegável da pista. Nesses casos, a ocorrência do defeito segregação de agregados (em todos os casos ligados à largura trafegável da pista teve-se a ocorrência desse tipo de defeito), formava enormes bermas que reduziam em muito a largura da pista, chegando, às vezes, a ocupar toda uma faixa do tráfego. Como para o método utilizado é necessário conhecer apenas o comprimento da berma, não se levando em conta a sua largura, decidiu-se introduzir o seu efeito através da adoção apenas da largura trafegável da pista como valor da largura da seção de estudo. Assim, nessas seções, media-se apenas a largura trafegável da pista, medindo-se normalmente o defeito segregação de agregados, ou seja, o comprimento de todas as bermas formadas.

Na Figura 18 pode-se observar o efeito da formação das bermas na redução da largura útil da faixa da pista.

FIGURA 18 - Exemplo do efeito das bermas de agregados na redução da largura da pista.

4.5.5 Extrapolação das curvas dos valores de dedução

Um fato que ocorreu com bastante frequência nas avaliações dos defeitos refere-se ao cálculo da densidade, visando a posterior determinação do valor de dedução, onde, especialmente nos defeitos drenagem lateral inadequada, buracos e segregação de agregados, muitas vezes a densidade calculada resultou maior que o limite superior apresentado nas curvas de valor de dedução.

Dos 62 pontos de avaliação no campo com medição dos defeitos, o fato ocorreu em 25 pontos, dos quais 07 pontos eram referentes à drenagem lateral inadequada, 13 pontos referentes ao defeito buracos e 05 pontos referentes à segregação de agregados.

Verifica-se ainda que no caso dos defeitos drenagem lateral inadequada e buracos, as curvas para determinação do valor de dedução possuem o limite superior igual à densidade de 50%, e no defeito segregação de agregados o limite superior corresponde à uma densidade de 70%. No entanto, nos 25 pontos citados, o valor da densidade obtido através dos cálculos das medidas dos defeitos resultou superior a esses limites. Na Tabela 11 são mostrados o limite superior desses defeitos e os valores maiores que esse limite superior encontrados no levantamento de campo.

TABELA 11 - Limite superior da densidade do método x Valores do levantamento de campo superiores ao limite.

DEFEITOS	DRENAGEM LATERAL INADEQUADA	BURACOS		SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS
LIMITE SUPERIOR DO MÉTODO	50%	50%		70%
VALORES CALCULADOS MAIORES QUE O LIMITE SUPERIOR DO MÉTODO UTILIZADO	51,3%	58,4%	100%	75,0%
	55,6%	62,1%	100%	75,0%
	55,6%	65,9%	100%	75,0%
	60,6%	70,8%	100%	83,3%
	66,7%	77,0%	100%	100%
	66,7%	84,8%	153,9%	
	66,7%	91,8%		

Nesses casos, como solução, decidiu-se por extrapolar as curvas fornecidas pelo método até o valor resultante dos cálculos, obtendo-se assim o respectivo valor de dedução para os valores de densidade não fornecidos pelo método. Vale ressaltar que, conforme também mostra a Tabela 11, há um valor que supera inclusive os 100% (neste caso, 153,9%). Trata-se justamente de um ponto em que a quantidade de água preenchendo a depressão no trecho era tanta, que não foi possível descer do veículo para a tomada das medidas, tendo-se estimado as dimensões a partir da imagem obtida pela filmadora. Trata-se do ponto 2_B da estrada Varjão – Represa do 29, cuja imagem pode ser vista nas Figuras 66, 67 e 68. Neste caso específico, extrapolar-se a curva até o valor de densidade igual a 100%, resultando, de qualquer forma, em um trecho de classificação reprovada.

5. ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DAS BASES DE DADOS

5.1 Definição da área a ser estudada

Os primeiros contatos efetuados deram-se com as Prefeituras de Poços de Caldas/MG e de Araraquara/SP, ambas demonstrando interesse em que o trabalho fosse desenvolvido em seu município.

Na Prefeitura de Poços de Caldas, apesar do interesse demonstrado pelos responsáveis locais, dificuldades em termos de não possibilidade de utilização da infraestrutura disponível no órgão (*hardware* - incluindo mesa digitalizadora, por exemplo) e a quantidade limitada de informações existentes no município (especialmente em termos de mapas) influenciaram na decisão de se procurar outro município.

Na Prefeitura de Araraquara os contatos não chegaram a se aprofundar pois, antes disso, foi contactada a Prefeitura Municipal de São Carlos, a qual, com apoio dos principais setores envolvidos na área (Divisão de Expansão Econômica, Assessoria de Planejamento e Departamento de Obras e Viação), veio a demonstrar grande interesse, colocando à disposição, de imediato, todos os dados disponíveis e prontificando-se a auxiliar no que fosse possível.

Não se podendo deixar de levar em consideração as distâncias envolvidas, especialmente para o acesso à área de estudo (no caso dos levantamentos de campo), os vários contatos com a administração pública municipal que se fazem necessários, bem como a maior facilidade proporcionada pela proximidade entre a área de estudo e a Universidade envolvida na pesquisa, optou-se por trabalhar com o município de São Carlos.

5.2 Caracterização da área de estudo e aquisição dos dados básicos

O município de São Carlos está situado próximo à região central do Estado, localizado entre os paralelos 21°35'55" e 22°09'42" sul e meridianos 47°42'56" e 48°05'27" oeste e faz limite com outros 11 municípios, dos quais: Américo Brasiliense, Analândia, Araraquara, Brotas, Descalvado, Ibaté, Itirapina, Luís Antônio, Ribeirão Bonito, Rincão e Santa Lúcia, conforme mostra a Figura 19.

FIGURA 19 - Localização do município de São Carlos - SP e municípios limítrofes.

Segundo dados fornecidos pela Assessoria de Planejamento da Prefeitura Municipal de São Carlos o município possui uma altitude média de 850 m, área total de 1.132,00 km² e uma área urbana de 55,20 km².

São conhecidos também os dados climatológicos da região [Tolentino (1967); Oliveira & Prado (1984); Mattos (1982) *apud* AGUIAR (1989)].

- Clima: entre Aw (clima tropical com verão úmido e inverno seco) e Cwa (clima quente de inverno seco) - pelo sistema KOEPPEN.
- Precipitação pluviométrica: média anual entre 1550 mm e 1700 mm.
- Temperatura média: 18,1°C (mês mais frio); 23,1°C (mês mais quente).

Quanto aos dados demográficos, segundo a Contagem da População (FIBGE, 1997), o município possuía uma população total de 175.517 pessoas, divididas em 164.103 pessoas na área urbana e 11.414 pessoas na área rural.

A área rural total do município destinada à produção corresponde a 937 km² e as atividades aí desenvolvidas estão divididas em: agroindustriais (como de cana-de-açúcar e citros), avicultura de corte, pecuária (com expressiva produção de leite), lavoura (com destaque à cana-de-açúcar, café, laranja e soja, e em menor escala, feijão, mandioca, milho e tomate), e produção de alimentos básicos e matérias-primas, nas pequenas e médias propriedades rurais. Há também alguma atividade mineradora (extrativa) incluindo portos de areia e pedreiras de arenito e basalto (FIBGE, 1991).

Além dessas informações realizou-se um levantamento para a aquisição de dados básicos como cartas topográficas, pedológicas e dados estatísticos do município. Foram adquiridas as cartas topográficas da Fundação IBGE de 1971 (vão de 1965), escala 1:50.000, abrangendo todo o município, num total de 7 cartas. Além disso, foram obtidas também as cartas pedológicas do IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), escala 1:100.000, num total de 3 cartas. A Figura 20 mostra o esquema de articulação das cartas.

FIGURA 20 - Articulação esquemática das cartas que abrangem o município de São Carlos.

Quanto à extensão e localização das estradas rurais do município, as informações disponíveis são precárias e desencontradas. Os mapas existentes, em geral, são incompletos e desatualizados, quando não, estão sem escala e sem sistema referencial de coordenadas, e não raro encontram-se contradições nas mesmas informações constantes em mapas diferentes. Não há nem ao menos um cadastro que registre a denominação das estradas rurais não-pavimentadas.

Após levantamentos preliminares junto a um funcionário de um setor administrativo da Prefeitura, responsável pelo registro dos equipamentos utilizados nas obras de conservação das estradas, obteve-se a informação de que o município possui em torno de 1500 km de estradas rurais não-pavimentadas, dos quais aproximadamente 500 km necessitam de conservação periódica. Já em uma consulta a um funcionário responsável pelos serviços de manutenção das estradas no campo obteve-se a informação de que são 1763 km de estradas rurais não-pavimentadas, e que parte destas não se encontra registrada em mapas.

ODA (1995) procedeu à uma caracterização da rede municipal de estradas não-pavimentadas no município de São Carlos, tendo feito levantamentos com base em fotos aéreas (em escala aproximada de 1:10.000) e em mapas existentes, principalmente na Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC), no IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico), no IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), além de investigações de campo. Pode-se observar em seu trabalho uma referência a um mapa fornecido pela PMSC, denominado no trabalho por Mapa 2, contendo

cerca de 600 km de estradas não-pavimentadas. Nesse mapa, elaborado entre 1989 e 1990, foi feita uma atualização com base nas cartas topográficas do IBGE de 1971 (escala 1:50.000) e do IGC de 1979 e 1989/1990 (escala 1:10.000), resultando em cerca de 640 km de estradas não-pavimentadas. O trabalho de ODA (1995) mostra também um quadro com a identificação, extensão e localização das estradas contidas no Mapa 2, resultando, no entanto, em cerca de 550 km. Ainda, aplicando-se o módulo estatístico do *software TransCAD* na base de dados de estradas não-pavimentadas constata-se um total de 758 km, conforme mostra a Figura 21. Esta base de dados foi construída a partir do Mapa 2 atualizado, produzido por ODA (1995).

FIGURA 21 - Base de dados das vias não-pavimentadas e a soma da extensão das vias através do módulo estatístico.

Disto pode se concluir que há uma precariedade muito grande quanto às informações disponíveis, haja visto as discrepâncias existentes. A própria prefeitura desconhece a extensão de vias rurais não-pavimentadas sob sua jurisdição. Os dados fornecidos diferenciam-se em muito dos obtidos a partir dos mapas disponíveis e a dificuldade para averiguação da extensão correta é difícil, função principalmente da ausência de informações (inclusive de mapas atualizados) e do total desconhecimento das pessoas e setores envolvidos nas atividades

referentes às estradas não-pavimentadas. E ainda, a ausência até mesmo de um cadastro com a denominação das estradas leva a um desconhecimento de quais vias são consideradas municipais e quais são apenas acessos particulares às propriedades rurais.

Em uma análise simples fica fácil observar que os dados fornecidos pela PMSC parecem inconsistentes e equivocados. Fazendo-se uma rápida simulação, considerando-se a área rural do município (neste caso, 937 km²) e a extensão das vias não-pavimentadas fornecida (aproximadamente 1500 km), chegar-se-ia a uma densidade de estradas de terra da ordem de 1 km para cada "célula" de 800 m x 800 m, como no exemplo da Figura 22. Ou seja, dividindo-se a área rural do município em uma grade de células nas dimensões citadas, para se chegar à extensão fornecida seria necessário que cada célula apresentasse aproximadamente um comprimento equivalente à sua diagonal em estradas não-pavimentadas. No entanto, não é isto que se verifica nos mapas fornecidos pela própria Prefeitura Municipal, em que a densidade se mostra inferior à densidade necessária obtida na simulação.

FIGURA 22 - Esquema ilustrativo de uma hipotética densidade de estradas não-pavimentadas no município de São Carlos - SP.

5.3 Entrada de dados

O *software* de SIG utilizado neste trabalho é denominado comercialmente por *TransCAD*, criado e comercializado pela *Caliper Corporation*, *software* este que fornece aos usuários amplo acesso a base de dados geográficos e de transporte, com a possibilidade de combinar esses elementos de diferentes maneiras.

Um dos conceitos básicos dos Sistemas de Informações Geográficas é que os dados necessitam estar referenciados espacialmente através de um sistema de coordenadas. A maioria dos programas para SIG dispõe de uma possibilidade de conversão de dados gráficos

oriundos de programas de desenho, para tanto sendo necessário o conhecimento e domínio dos procedimentos específicos de interface. Decidiu-se então pela digitalização dos dados no *software AutoCAD* e posterior conversão para o *software TransCAD*, motivado por diversas razões, como:

- intuito de se desenvolver um processo de implantação de um SIG a partir de bases de dados disponíveis na forma digital construídas em *AutoCAD*, na expectativa de que cada vez mais empresas e órgãos públicos tenham seus dados armazenados neste formato;
- disponibilidade, na época, de *hardware* (microcomputador e mesa digitalizadora) e *software* (*AutoCAD*) na Prefeitura Municipal de São Carlos, com possibilidade de uso em período praticamente integral;
- complexidade no manuseio do *software TransCAD* - versão 2.0 e 2.1 para *DOS* e precariedade nas rotinas do *software* referentes à digitalização dos dados; e
- falta de clareza do Manual Técnico do *software TransCAD* na versão *DOS*.

No caso desta pesquisa, a entrada dos dados gráficos se deu através de mesa digitalizadora, tamanho A4. Para a digitalização dos dados gráficos utilizando o *software AutoCAD* o sistema de coordenadas empregado foi o UTM; no entanto, a conversão dos dados para o *software TransCAD*, na época, exigia um procedimento específico. Atualmente, na versão *for windows* do *software TransCAD*, os procedimentos de conversão encontram-se bastante simplificados.

Em um sistema de coordenadas UTM tem-se um fuso a cada 6° , sendo que as coordenadas x,y possuem seus valores em relação ao meridiano central do fuso a que pertencem. No caso do município de São Carlos, houve uma dificuldade adicional, uma vez que o município situa-se em uma região de mudança de fuso, ou seja, parte do município situa-se no fuso $42^\circ - 48^\circ$ e parte situa-se no fuso $48^\circ - 54^\circ$. Assim, parte das coordenadas possui o meridiano central (MC) = 45° como referência, e parte possui o MC 51° . Na Figura 23 tem-se o limite do município com a grade de coordenadas UTM, podendo-se observar também as coordenadas em ordem não sequencial. Isso ocorre devido, justamente, à mudança de fuso na área.

FIGURA 23 - O município de São Carlos - SP e o sistema de coordenadas UTM com a mudança de fuso.

Como a mudança de fuso implica em valores de coordenadas não sequenciais, para a utilização do sistema de coordenadas UTM seguiu-se a recomendação de BRUNETTI (1994) de se aceitar uma tolerância de até 30' para cada lado do fuso, convertendo-se os dados para um único fuso. No caso específico do município de São Carlos, como boa parte da área está contida no fuso de MC 45° e aproximadamente 10% estão contidos no fuso de MC 51°, numa ampliação da ordem de 5', todos os dados foram convertidos para o fuso de MC 45°.

O procedimento específico de conversão de dados entre os programas *AutoCAD* e *TransCAD* (versão *DOS*) encontra-se descrito em VIVIANI et al. (1995) e não será aqui reproduzido por considerar-se esta uma etapa já superada, uma vez que na versão do *TransCAD for windows* este procedimento encontra-se bastante simplificado.

Alguns dados, no entanto, foram introduzidos através de digitalização, via mesa digitalizadora, utilizando o próprio *software TransCAD*. Neste caso foi utilizado o sistema de coordenadas geográficas, que ocorreu sem problemas.

5.4 Obtenção das bases de dados básicos

A primeira base de dados criada no SIG foi a do limite do município, através de sua digitalização a partir das cartas topográficas da Fundação IBGE, em uma base de dados de linha. Uma outra base de dados foi criada para a digitalização das estradas estaduais pavimentadas, a estrada de ferro e as estradas municipais pavimentadas que passam pelo município. Também foi criada uma base de dados de linha para as coordenadas UTM, sendo a entrada de dados feita através dos atributos, com os valores de latitude e longitude dos pontos. Para a entrada desses valores fez-se a conversão das coordenadas UTM para coordenadas geográficas, em milionésimos de graus. A Figura 24 ilustra o resultado da sobreposição destas camadas de dados, onde é possível observar também a mudança de fuso já mencionada.

FIGURA 24 – Sobreposição no SIG contendo limite do município, ferrovia, estradas estaduais e municipais pavimentadas e a grade de coordenadas UTM, com seus atributos.

Quanto à pedologia, os dados foram digitalizados a partir das cartas pedológicas do IAC, escala 1:100.000, num total de 3 cartas englobando o município, e armazenados em uma base de dados de área. Quanto aos atributos, foram considerados os grupos pedológicos principais, desconsiderando-se suas subdivisões. O resultado está mostrado na Figura 25.

FIGURA 25 - Mapa temático com dados de pedologia do município de São Carlos.

As curvas de nível foram digitalizadas a partir das cartas topográficas de 1971 (vão de 1965), escala 1:50.000, num total de 7 cartas abrangendo todo o município, adquiridas junto à Fundação IBGE. Neste caso, a entrada física dos dados através da digitalização (via mesa digitalizadora) ocorreu no *software AutoCAD*, procedendo-se posteriormente o processo de transferência de dados entre os programas *AutoCAD* e *TransCAD*, descrito em VIVIANI et al. (1995). O motivo deste procedimento foi, além do treinamento do processo de transferência entre os programas, enfatizar a possibilidade de aproveitamento de dados criados em *AutoCAD*. Para as curvas de nível foi criada uma base de dados de linha, e o resultado está mostrado na Figura 26, com a sobreposição do limite do município e das coordenadas geográficas, com seus respectivos atributos.

FIGURA 26 - Mapa temático contendo as curvas de nível, o limite do município e a grade de coordenadas geográficas, com seus atributos.

Para o levantamento de campo, apesar das informações e dados precários e contraditórios de que se dispunha, tinha-se em mente a grande extensão das estradas não-pavimentadas em todo o município. Assim, decidiu-se limitar a área para o levantamento de campo, o qual passou a concentrar-se em uma determinada área do município, que foi definida levando-se em conta alguns aspectos, como:

- a área percorrida é considerada como o “cinturão-verde” do município - com isso estima-se que nessa área concentram-se significativas atividades da zona rural do município;
- as estradas percorridas nessa área estão contidas em uma diversidade de tipos de solo (em relação à pedologia), permitindo uma associação dos defeitos com o tipo de solo; e
- as estradas possuem um volume de tráfego diversificado - embora não se tenha quantificado o volume de tráfego na maior parte das estradas, um conhecimento prévio e a obtenção de uma carta indicando a localização das principais atividades econômicas na zona rural permitiram estabelecer estradas com maior e menor volume de tráfego.

A área utilizada para o levantamento de campo apresenta, como limites, aproximadamente:

- ao Norte, estrada municipal que liga os distritos de Água Vermelha e Santa Eudóxia;
- a Oeste, a estrada estadual SP-318, que liga os municípios de São Carlos e Ribeirão Preto, incluindo aqui parte do limite da área urbana de São Carlos;
- ao Sul, a estrada estadual SP-215, que liga os municípios de São Carlos e Descalvado; e
- a Leste, o limite entre os municípios de São Carlos e Descalvado.

5.5 Aspectos do levantamento de campo

No levantamento de campo, propriamente dito, foram levados em conta dois aspectos: a identificação e medida dos defeitos e o levantamento do traçado. O procedimento utilizado para a identificação e medida dos defeitos encontra-se descrito em capítulo específico, detalhando-se aqui o levantamento do traçado. Para este levantamento foi utilizado um receptor *GPS*, modelo *Garmin GPS 40 - Personal Navigator*, com precisão horizontal

estimada de 100m, através do qual eram obtidas coordenadas geográficas do ponto inspecionado. A Figura 28 mostra uma imagem do receptor *GPS* utilizado no trabalho.

FIGURA 28 - Receptor *GPS* utilizado nos levantamentos de campo

Em geral, efetuavam-se registros das coordenadas geográficas no início e final de cada trecho, nas bifurcações, nos pontos de análise de defeitos e em pontos tomados especificamente para esse fim, tendo-se sempre o cuidado para que a extensão entre os pontos de registro de coordenadas não excedesse muito a 1000 m, salvo em regiões em condições especiais. Como condições especiais considerou-se áreas com vegetação densa ou com a

presença de torres e/ou redes de transmissão de energia elétrica, as quais, muitas vezes, dificultavam ou até impediam a captação dos sinais.

Para o registro e leitura das coordenadas, ligava-se o receptor no ponto de interesse, deixando-o no local, em média, de 3 a 5 minutos, tempo necessário para a estabilização dos sinais. Muitas vezes, no entanto, era necessário um tempo maior para a captação e estabilização dos sinais, função das condições locais (especialmente as condições de vegetação laterais à estrada).

Após a estabilização dos sinais, através da quantidade de satélites e frequência dos sinais, anotava-se o valor das coordenadas geográficas (longitude e latitude) e o valor da altitude. A Figura 29 ilustra a tela do receptor enquanto este capta os sinais dos satélites e a Figura 30 ilustra a tela após o receptor ter coletado sinais suficientes para fornecer informações das coordenadas geográficas e altitude do local pesquisado.

FIGURA 29 - Tela do receptor GPS captando os sinais dos satélites para a determinação das coordenadas geográficas e altitude do ponto.

FIGURA 30 - Tela do receptor *GPS* fornecendo as coordenadas geográficas e a altitude do ponto.

Na Figura 31 está mostrada a área do município com os todos os pontos (total de 62) em que se realizou a inspeção de campo. No total foram 12 estradas, em um percurso em estradas não-pavimentadas de aproximadamente 78 km, coletando-se 127 pontos com o receptor *GPS* e fazendo-se a inspeção de campo em 62 desses trechos.

FIGURA 31 - Pontos de inspeção de campo no município de São Carlos - SP.

Com as coordenadas geográficas lançadas no sistema procedeu-se a uma comparação entre o trecho percorrido *in loco* e o mesmo trecho registrado em mapas já existentes, conforme mostra a Figura 32. Através de uma análise dessa figura é possível observar que há trechos completos percorridos no campo e que são inexistentes nos cadastros. Os levantamentos de campo mostraram também que diversos trechos registrados nos mapas não existem na realidade. Resultando desta análise pode-se enfatizar, novamente, sobre a deficiência que se tem em termos de cadastro cartográfico que, quando existente, muitas vezes está desatualizado, quando não incompleto.

FIGURA 32 - Pontos obtidos com receptor *GPS* sobrepostos nas vias não-pavimentadas.

Tendo-se por base ainda a Figura 32 e o levantamento de campo efetuado durante o trabalho, deve-se aqui ressaltar alguns aspectos resultantes em relação às estradas percorridas, tendo-se em vista a imprecisão dos cadastros existentes.

Com relação aos trechos percorridos no campo e inexistentes nos cadastros, na Figura 33 há vários pontos assinalados em cores distintas, aos quais serão feitas algumas considerações. Os pontos assinalados em vermelho pertencem ao trecho, denominado no trabalho, por Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana. Embora nos mapas não haja o registro do trecho correspondente a esses pontos, no campo existe, inclusive, uma placa de informação indicando que essa é a direção a ser tomada para se chegar à cidade de São Carlos. Merece destaque aqui também que justamente esse trecho situa-se em uma rampa bastante acentuada, onde um levantamento expedito com uma régua de 1 metro de comprimento indicou uma inclinação de aproximadamente 14%, o que pode levar a situação crítica em termos de superfície da via.

Os pontos assinalados em azul pertencem a uma estrada que margeia o Condomínio Quinta da Felicidade. Próximo a esta há, inclusive, várias ruas, as quais não foram aqui consideradas (nem no levantamento de campo) por tratarem-se de ruas internas ao Condomínio, ainda que de responsabilidade do município. Já os pontos assinalados em rosa

pertencem a um trecho que é um dos acessos ao Condomínio Quinta da Felicidade, também não registrado nos mapas existentes consultados. No trabalho, o trecho contido pelos pontos assinalados em azul e em rosa foi denominado como Varjão - Quinta da Felicidade - Portal - Samambaia.

Já os pontos assinalados em verde pertencem a um trecho denominado no trabalho por Aeromodelismo - Bifurcação, também “descoberto” no próprio campo, uma vez que não consta dos registros municipais. Esse trecho está próximo à entrada da Fazenda Canchim, passando pelo Aeromodelismo, contornando a Universidade Federal de São Carlos e chegando à estrada que liga o Condomínio Samambaia ao Portal do Condomínio Quinta da Felicidade, ponto este denominado no trabalho de Bifurcação.

Figura 33 - Pontos identificados no campo e inexistentes nos cadastros.

Algumas outras observações em relação ao levantamento de campo e à imprecisão dos cadastros existentes estão sintetizadas na Figura 34 e explicadas a seguir, onde relatam-se sobre os vários trechos assinalados:

FIGURA 34 - Caracterização de alguns trechos através do levantamento de campo.

- Os trechos assinalados em verde indicam uma diferença no desenho existente nos mapas em relação às coordenadas obtidas no campo, ou seja, talvez a diferença tenha ocorrido na elaboração gráfica dos mapas;
- Os trechos assinalados em vermelho existem no campo, mas tratam-se de acessos particulares (no caso específico, acesso à Fazenda Engenho Velho). Esses trechos foram percorridos pessoalmente, obtendo-se essa informação através de funcionários da própria fazenda, que informaram ainda que esses acessos, muitas vezes, sofrem algumas alterações de traçado em função do plantio de cana efetuado na área a cada ano. Pôde-se observar, inclusive, que através desses trechos é que se tem acesso ao interior da referida Fazenda;
- Os trechos assinalados em amarelo, embora não percorridos pessoalmente, dão indícios de serem ruas internas utilizadas para a movimentação durante o plantio de cana;
- Os trechos assinalados em azul foram procurados no campo, recorrendo-se inclusive a moradores locais, constatando-se serem trechos inexistentes; e
- Já os trechos assinalados em rosa indicam trechos que, embora analisados apenas a partir das estradas percorridas, não apresentam indícios de existirem, pois as derivações existentes, em geral, são apenas entradas para propriedades particulares. No entanto, este aspecto merece uma análise mais específica sobre a existência ou não desses traçados.

6. INVESTIGAÇÃO DE CAMPO

6.1 Estradas percorridas na investigação de campo

Durante a investigação de campo foram percorridas 12 estradas rurais não-pavimentadas, num total de aproximadamente 78 km. As denominações e respectiva extensão aproximada das estradas percorridas são listadas a seguir, onde são apresentados também os esquemas do percurso de cada trecho e de localização dos pontos (de levantamento de defeitos e/ou determinação de coordenadas geográficas).

Cabe salientar que, nos esquemas mostrados, as distâncias registradas em cor preta indicam distâncias obtidas no campo, a partir do odômetro (no caso específico utilizou-se um taxímetro) do veículo utilizado e as distâncias registradas em cor vermelha indicam valores obtidos através do *software TransCAD*, com a distância (em linha reta) entre os pontos de coordenadas geográficas registradas.

- Trecho 1 → Varjão - Água Vermelha (extensão $\cong$ 5.600 m)
- Trecho 2 → Varjão - Represa do 29 (extensão $\cong$ 6.600 m)
- Trecho 3 → Samambaia - Portal (extensão $\cong$ 3.900 m)
- Trecho 4 → Varjão - Quinta da Felicidade - Portal (extensão $\cong$ 4.000 m)
- Trecho 5 → Condomínio Samambaia (extensão $\cong$ 1.200 m)
- Trecho 6 → Canchim - Represa do 29 (extensão $\cong$ 8.000 m)
- Trecho 7 → Siltomac - Babilônia (extensão $\cong$ 5.500 m)
- Trecho 8 → Babilônia - Represa do 29 (extensão $\cong$ 12.000 m)
- Trecho 9 → Condomínio Itaipu - SP-215 + Aparecidinha (extensão $\cong$ 9.000 m + 1.000 m)
- Trecho 10 → Represa do 29 - Fazenda da Barra (extensão $\cong$ 4.600 m)
- Trecho 11 → Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana (extensão $\cong$ 13.000 m)
- Trecho 12 → Aeromodelismo - Bifurcação (extensão $\cong$ 2.900 m)

6.1.1 Trecho 1 - Varjão - Água Vermelha

A estrada denominada no trabalho por Varjão - Água Vermelha (ou trecho 1) possui aproximadamente 5.600 m de extensão, iniciando-se junto à rodovia SP-318 (que liga São Carlos à Ribeirão Preto), ao lado do Bar Tutóia do Vale. Seguindo por essa estrada, passa-se pela entrada do Condomínio Tibaia de São Fernando e pela entrada do Condomínio Quinta da Felicidade. Após um percurso de aproximadamente 4.600 m encontra-se uma bifurcação em 90° à direita, cuja estrada leva até a Represa do 29. No entanto, seguindo-se em frente, numa extensão de aproximadamente 1.000 m, chega-se ao final da estrada, com o encontro da estrada municipal pavimentada que liga os distritos de Água Vermelha e Santa Eudóxia. Ainda, segundo ODA (1995), os primeiros 4.600 metros desse trecho correspondem à estrada SCA-237 e os 1.000 metros restantes (após a bifurcação para a Represa do 29) correspondem à estrada SCA-436.

O esquema do trecho 1 é mostrado na Figura 35.

FIGURA 35 - Esquema do trecho 1 percorrido: Varjão - Água Vermelha.

6.1.2 Trecho 2 - Varjão – Represa do 29

A estrada denominada de Varjão - Represa do 29 (ou trecho 2) possui uma extensão de aproximadamente 6.600 m, tendo-se considerado seu início na bifurcação junto à estrada Varjão - Água Vermelha (trecho 1). O término da estrada encontra-se junto à Represa do 29, ao lado do Bar do 29, ponto em que se cruzam várias outras estradas, como por exemplo, a estrada que liga à Babilônia, a estrada que liga à cidade de São Carlos, a estrada que liga à Usina da Barra e a estrada de acesso a diversas chácaras particulares. Segundo consta do trabalho de ODA (1995) este trecho corresponde à parte da estrada municipal SCA-237 (estando o restante da estrada constante no trecho 1 deste trabalho).

FIGURA 36 - Esquema do trecho 2 percorrido: Varjão - Represa do 29.

6.1.3 Trecho 3 - Samambaia - Portal

Considerou-se o início desse trecho junto à estrada pavimentada que dá acesso ao Condomínio Samambaia e distante aproximadamente 600 m da rodovia SP-318 (que liga os municípios de São Carlos e Ribeirão Preto). O trecho possui uma extensão de aproximadamente 3.900 m, e após um percurso de aproximadamente 1.500 m do início chega-se à uma bifurcação, com a existência de um “mata-burro”. Este ponto, inclusive, é o ponto final de outra estrada percorrida, denominada no trabalho de trecho 12. A estrada tem seqüência derivando-se à esquerda, passando-se sobre o “mata-burro”, e percorrendo-se

aproximadamente 2.400 m até chegar-se ao Portal (um dos pontos de acesso ao Condomínio Quinta da Felicidade), o qual foi considerado ponto final deste trecho. De acordo com os mapas obtidos das estradas rurais do município, deste trecho existe registrado cartograficamente apenas uma pequena extensão e que, segundo levantamento realizado por ODA (1995), mesmo esta pequena extensão da estrada não possui denominação oficial.

FIGURA 37 - Esquema do trecho 3 percorrido: Samambaia - Portal.

6.1.4 Trecho 4 - Varjão - Quinta da Felicidade - Portal

O trecho 4 possui uma extensão de aproximadamente 4.000 m, tendo seu início no acesso ao Condomínio Quinta da Felicidade, junto à estrada que liga o Varjão à estrada pavimentada Água Vermelha - Santa Eudóxia, referida no trabalho como trecho 1. O início da estrada situa-se próximo à sede da entidade social Desafio Jovem, contorna internamente o Condomínio Quinta da Felicidade, passando próximo à represa, e segue até o Portal (ponto final de outra estrada investigada, denominada no trabalho como trecho 3). O registro cartográfico deste trecho também encontra-se incompleto e erroneamente representado nos mapas obtidos, e segundo ODA (1995) também esta estrada não possui denominação oficial.

FIGURA 38 - Esquema do trecho 4 percorrido: Varjão - Quinta da Felicidade - Portal.

6.1.5 Trecho 5 - Condomínio Samambaia

Esse trecho possui uma extensão aproximada de 1.200 m, tendo seu início dentro do Condomínio Samambaia, no final da avenida principal, aproximadamente 1.000 m após a portaria do condomínio. Trata-se de uma estrada de acesso apenas a propriedades particulares, chegando, inclusive, ao término da estrada, na sede de uma dessas propriedades.

Cabe ressaltar que essa estrada não faz ligação com a estrada do Condomínio Quinta da Felicidade, como consta dos mapas existentes, nem possui denominação oficial conforme constata-se em ODA (1995).

FIGURA 39 - Esquema do trecho 5 percorrido: Condomínio Samambaia.

6.1.6 Trecho 6 - Canchim – Represa do 29

Esse trecho, com extensão de aproximadamente 8.000 m, teve seu início próximo à entrada para a Fazenda Canchim e à entrada para a pista do aeromodelismo. O trecho é constituído pela própria rodovia municipal Guilherme Scatena, e compreende a extensão não-pavimentada que liga o trecho próximo à Fazenda Canchim até a Represa do 29, ao lado do Bar do 29, ponto este considerado no trabalho como o término do trecho 6. Segundo levantamento de ODA (1995) este trecho é parte da estrada municipal SCA-010, da qual também faz parte o trecho Represa do 29 - Usina da Barra, considerado neste trabalho como trecho 10.

FIGURA 40 - Esquema do trecho 6 percorrido: Canchim - Represa do 29.

6.1.7 Trecho 7 - Siltomac - Babilônia

O trecho denominado como Siltomac - Babilônia (ou trecho 7) possui uma extensão de aproximadamente 5.500 m, tendo-se considerado como ponto inicial a Igreja de Santo Antônio, localizada junto à rodovia SP-215 (que liga os municípios de São Carlos e Descalvado), defronte a empresa Siltomac - Implementos Agrícolas. Contornando-se a

Igreja, deve-se seguir a direção referente à indicação para a Fazenda São Francisco. O ponto final da estrada refere-se ao encontro desta com a estrada municipal pavimentada SCA-020, conhecida como “antiga estrada da Babilônia”. Segundo ODA (1995) este trecho corresponde à estrada municipal SCA-453.

FIGURA 41 - Esquema do trecho 7 percorrido: Siltomac - Babilônia.

6.1.8 Trecho 8 - Babilônia – Represa do 29

O trecho 8 possui uma extensão de aproximadamente 12.000 m, tendo-se como ponto inicial o término do asfalto da estrada municipal pavimentada SCA-020, conhecida como “antiga estrada da Babilônia”, no sentido para a Babilônia. Após um percurso de aproximadamente 2.100 m, a partir do ponto de início, passa-se defronte a Fazenda Nossa Senhora da Conceição e, desse ponto, após um percurso de aproximadamente 3.100 m, passa-se defronte a Estação Floresta, antiga estação que servia à linha férrea. Considerou-se como ponto final desse trecho o Bar do 29, defronte a Represa do 29, mesmo ponto de término do trecho 6. Segundo mapa apresentado por ODA (1995) este trecho corresponde à estrada municipal SCA-123.

FIGURA 42 - Esquema do trecho 8 percorrido: Babilônia - Represa do 29.

6.1.9 Trecho 9 - Itaipu/SP-215 + Aparecidinha

Considerou-se como trecho 9 dois ramos próximos de estradas não-pavimentadas, denominados como Itaipu/SP-215 e Aparecidinha. O primeiro ramo (Itaipu/SP-215), com extensão de aproximadamente 9.000 m, teve início próximo ao Condomínio Itaipu. Percorrendo-se uma extensão de aproximadamente 3.200 m a partir desse ponto de início, encontra-se uma derivação à direita com a indicação de Fazenda Invernada. Seguindo-se em frente (não no sentido da derivação), após aproximadamente 1.200 m encontra-se outra derivação, à esquerda, sendo este o ponto final do segundo ramo considerado, ou seja, do ramo denominado no trabalho por “Aparecidinha”. Desconsiderando-se também esta derivação e seguindo-se em frente, num percurso de aproximadamente 3.200 m, cruza-se uma via pavimentada, a qual sai defronte da Fazenda Copacabana (próxima à Rodovia SP-215). Seguindo-se ainda em frente, num percurso de aproximadamente 2.700 m, chega-se ao ponto final do ramo 1, no ponto que esse trecho encontra a rodovia SP-215.

Já o ramo 2 que compõe o trecho (denominado de Aparecidinha), foi considerado com o início no ponto que cruza a Rodovia SP-215, defronte à entrada para a Capela de Nossa Senhora Aparecida (conhecida como “Aparecidinha”), no sentido São Carlos - Descalvado. Este ramo possui uma extensão de aproximadamente 1.000 m, e o ponto final foi considerado o ponto que cruza o ramo 2 com o ramo 1.

Segundo ODA (1995), nenhum desses trechos possuem denominação oficial.

FIGURA 43 - Esquema do trecho 9 percorrido: Itaipu/SP-215 + Aparecidinha.

6.1.10 Trecho 10 – Represa do 29 – Fazenda da Barra

O trecho que liga a Represa do 29 até próximo da Fazenda da Barra possui uma extensão de aproximadamente 4.600 m, tendo-se considerado como início a Represa do 29, defronte o Bar do 29 (ponto este já considerado como término do trecho 2 → Varjão - Represa do 29, do trecho 6 → Fazenda Canchim - Represa do 29 e do trecho 8 → Babilônia - Represa do 29). Seguindo-se por este trecho, contorna-se parte da represa; percorrendo-se uma extensão de aproximadamente 2.500 m, encontra-se uma curva acentuada à direita e, percorrendo-se ainda em torno de 2.000 m chega-se à uma bifurcação, ponto final do trecho 10 (e ponto inicial do trecho 11), sendo que essa bifurcação situa-se próxima ao limite entre os municípios de São Carlos e Descalvado. Neste ponto, seguindo-se em linha reta, atinge-se o município de Descalvado, sendo esta estrada o acesso à Usina da Barra. No entanto, derivando-se à esquerda tem-se o trecho que liga a Fazenda da Barra à Fazenda Copacabana, extensão esta considerada no trabalho como trecho 11. Conforme já foi dito no trecho 6, este trecho faz parte da estrada municipal SCA-010 (ODA, 1995).

FIGURA 44 - Esquema do trecho 10 percorrido: Represa do 29 - Fazenda da Barra.

6.1.11 Trecho 11 - Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana

O trecho 11, com uma extensão de aproximadamente 13.000 m, liga a Fazenda da Barra à Fazenda Copacabana, em um dos possíveis percursos. O trecho iniciou-se no cruzamento desta estrada com a estrada que liga a Represa do 29 à Usina da Barra. A estrada passa próximo à Represa da Barra e contorna boa parte da Represa Bom Retiro. Ao término da Represa Bom Retiro há uma curva acentuada à direita; seguindo-se uma extensão de aproximadamente 3.300 m, chega-se à uma nova derivação, com duas opções, sendo que, de acordo com informações obtidas através dos mapas topográficos, qualquer uma delas dá acesso à Fazenda Copacabana. Como neste ponto há uma placa informativa indicando o trecho à direita como acesso à cidade de São Carlos, seguiu-se este percurso, encontrando-se, logo a seguir, uma rampa bastante acentuada. Ao término da rampa surgiu uma nova bifurcação, onde seguiu-se o trecho à direita. Percorridos em torno de 800 m, surgiu novamente uma bifurcação, seguindo-se desta vez o trecho à esquerda, uma vez que já era possível avistar um silo da Fazenda Copacabana. A partir deste ponto seguiu-se sempre o caminho principal, sendo que após um percurso de aproximadamente 2.500 m o trecho passa próximo a uma represa, e após aproximadamente 1000 m, contorna parte da Fazenda Copacabana, chegando à estrada pavimentada que liga esta fazenda à Rodovia SP-215. O trecho de asfalto entre este ponto da Fazenda Copacabana e a Rodovia SP-215 corresponde à aproximadamente 5.500 m. Segundo mapa apresentado por ODA (1995), este trecho corresponde à estrada municipal SCA-115 (exceto no pequeno trecho em que se percorreu uma rampa acentuada, trecho este que corresponde a uma estrada sem denominação oficial).

FIGURA 45 - Esquema do trecho 11 percorrido: Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana.

6.2 Considerações em relação às inspeções de campo

A Figura 47 mostrada a seguir identifica um trecho da estrada SCA-020 que liga a estrada Babilônia - Represa do 29 (denominada no trabalho como trecho 8) até a Fazenda Copacabana, na altura da Fazenda Nossa Senhora da Conceição, em uma derivação à direita, logo após a sede da referida fazenda. Este ponto refere-se a uma ponte sobre o Córrego Botafogo, situada à aproximadamente 300 metros da derivação, a qual encontra-se completamente deteriorada, impedindo a passagem de qualquer veículo pelo local, e obrigando ao deslocamento de grandes distâncias para se contornar esse ponto e chegar à área próxima da Fazenda Copacabana. Segundo informações dos próprios funcionários da Prefeitura que realizavam serviços de manutenção próximo ao local mostrado, e como é possível observar pela própria imagem mostrada (inclusive pelo crescimento da vegetação), a falta de manutenção é de longa data.

FIGURA 47 - Ponte deteriorada na estrada SCA-020 (Babilônia - Fazenda Copacabana).

Já a Figura 48 mostra a presença de um lençol freático aflorante na estrada SCA-237 que liga a Represa do 29 até o entroncamento com a estrada que liga o Varjão à estrada municipal pavimentada Água Vermelha - Santa Eudóxia, denominada no trabalho como trecho 2 (Varjão - Represa do 29). Embora na semana de realização dessa inspeção não tenha havido qualquer intensidade de chuva, pode-se notar na imagem as consequências da ocorrência desse lençol freático, com grande quantidade de água escoando permanentemente e longitudinalmente pela superfície de toda a largura da pista, criando uma lâmina d'água, dando origem à ocorrência de depressões e propiciando o aparecimento de erosões.

FIGURA 48 - Lençol freático aflorante na estrada SCA-237 (Varjão - Represa do 29).

A imagem da Figura 49 mostra uma nuvem de pó formada pela passagem de um caminhão, em uma região de solo de classe pedológica do tipo LV - latossolo vermelho-amarelo. Segundo o método de avaliação de defeitos utilizado na pesquisa, essa nuvem de pó caracteriza-se como de severidade média, com uma obstrução parcial da visibilidade.

FIGURA 49 - Nuvem de pó de severidade média formada pela passagem de um veículo na estrada SCA-237 (Varjão - Água Vermelha).

As imagens das Figuras 50 e 51 mostram os serviços de recuperação de um aterro sobre uma obra de drenagem que cedeu, função de um volume excessivo de água, resultante de uma forte precipitação de chuva, serviços estes realizados por funcionários da Prefeitura

Municipal de São Carlos. O referido trecho situa-se na estrada SCA-123, denominada neste trabalho como trecho 8 (Babilônia - Represa do 29), logo após a Fazenda Nossa Senhora da Conceição, sobre o Córrego Botafogo, em uma área de solo de classe pedológica do tipo TE - terra roxa estruturada.

FIGURA 50 - Aterro rompido sobre obra de drenagem na estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29).

FIGURA 51 - Trabalho de recuperação no aterro rompido da estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29).

Nas Figuras 52 e 53 pode-se ter uma comparação do mesmo ponto no campo, inspecionado em épocas diferentes. Na Figura 52 tem-se a imagem da investigação realizada por ODA (1995), realizada na estrada municipal SCA-123, aproximadamente 800 m após a Fazenda Nossa Senhora da Conceição, em um solo de classe pedológica do tipo TE - terra roxa estruturada. Já na Figura 53 tem-se a imagem do mesmo ponto, na investigação de campo realizada neste trabalho, 14 meses após a primeira imagem, onde pode-se observar, inclusive, a passagem recente de máquinas de manutenção no trecho.

FIGURA 52 - Imagem obtida de ODA (1995) (foto 11), de inspeção na estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29).

FIGURA 53 - Inspeção do ponto 8 na estrada SCA-123 (Babilônia - Represa do 29), 14 meses após.

Outra comparação com a investigação efetuada por ODA (1995) é mostrada através das Figuras 54 e 55. Na Figura 54 tem-se a inspeção de ODA (1995) mostrando a situação do trecho. Já na Figura 55 tem-se a imagem do mesmo ponto, em um levantamento 14 meses após a primeira inspeção, em um trecho situado na estrada municipal SCA-453, em um solo de classe pedológica do tipo LV - latossolo vermelho-amarelo, inspeção essa realizada em uma semana de muita chuva. Observa-se, na comparação, que apesar da alta intensidade pluviométrica, o trecho encontra-se em melhores condições (provavelmente devido aos pequenos serviços de melhoria de drenagem e de superfície e ao recascalhamento do trecho).

FIGURA 54 - Imagem obtida de ODA (1995) (foto 20), de inspeção na estrada SCA-453 (Siltomac - Babilônia).

FIGURA 55 - Inspeção do mesmo ponto da estrada SCA-453 (Siltomac - Babilônia), 14 meses após.

Observa-se nas Figuras 56 e 57 o mesmo ponto da estrada SCA-123 (estrada esta denominada neste trabalho como trecho 8 - Babilônia – Represa do 29), em duas observações de campo, com um mês de diferença entre elas. Nota-se a consequência da ausência de uma drenagem adequada, que resultou com a permanência de uma depressão no trecho, inclusive com aumento da água acumulada. O ponto situa-se em local de solo com classe pedológica do tipo LE – latossolo vermelho-escuro, aproximadamente 3000 m após a Estação Floresta.

FIGURA 56 - Inspeção de campo na estrada SCA-123 (Babilônia – Represa do 29) – Ponto 5.

FIGURA 57 - Inspeção de campo no mesmo ponto 5 da estrada SCA-123 (Babilônia – Represa do 29), um mês depois.

Analisando-se as Figuras 58 e 59 observa-se o mesmo ponto da estrada SCA-010 (denominado neste trabalho como trecho 2 – Canchim – Represa do 29) em duas observações de campo, com quatro meses de diferença entre elas. Verifica-se, inclusive, nas Figuras, o efeito do tipo de manutenção que freqüentemente se faz, através da patrolagem da superfície, “enterrando-se” cada vez mais o perfil do trecho e não se deixando uma declividade transversal para o escoamento da água, dando-se, assim, condições para a rápida formação dos defeitos novamente. O ponto situa-se em solo do tipo LV – latossolo vermelho-amarelo, aproximadamente 1000 m após o término do asfalto da rodovia municipal Guilherme Scatena.

FIGURA 58 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) – Ponto 1.

FIGURA 59 - Inspeção de campo no mesmo ponto 1 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois.

Outra comparação com avaliações em épocas diferentes pode ser feita a partir das Figuras 60 e 61, onde tem-se um ponto da estrada SCA-010 (Trecho 2 - Canchim – Represa do 29) observado duas vezes, com quatro meses de diferença. O ponto situa-se em solo de classe pedológica do tipo LV – latossolo vermelho-amarelo, aproximadamente 2000 m após o término do asfalto da rodovia municipal Guilherme Scatena, podendo-se observar a permanência da ocorrência de depressões e buracos preenchidos por água.

FIGURA 60 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) – Ponto 2.

FIGURA 61 - Inspeção de campo no mesmo ponto 2 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois.

Outro ponto observado em épocas diferentes, com quatro meses de diferença, foi o ponto 4 da estrada municipal SCA-010 (Canchim – Represa do 29), estrada esta denominada neste trabalho como trecho 6. O ponto encontra-se em solo de classe pedológica do tipo LV – latossolo vermelho-amarelo, aproximadamente 4600 m após o término do asfalto da rodovia municipal Guilherme Scatena, podendo-se observar a repetição do mesmo tipo de defeito da superfície após a ocorrência de períodos de chuva.

FIGURA 62 - Inspeção de campo na estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29) – Ponto 4.

FIGURA 63 - Inspeção de campo no mesmo ponto 4 da estrada SCA-010 (Canchim – Represa do 29), quatro meses depois.

Já o ponto 4 da estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29 - estrada esta denominada neste trabalho como trecho 2), mostrado nas Figuras 64 e 65, situa-se em local de solo de classe pedológica do tipo LE – latossolo vermelho-escuro, à aproximadamente 3200 m da Represa do 29. Embora as observações tenham ocorrido com uma diferença de cinco meses, ambas foram feitas após um dia de chuva, tendo sido a intensidade da chuva de outubro um pouco maior que a da chuva de maio. O que se pode observar é a precariedade do trecho após a ocorrência de chuvas, estando a superfície “enterrada” e não havendo uma drenagem adequada.

FIGURA 64 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto 4.

FIGURA 65 - Inspeção de campo no mesmo ponto 4 da estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29), cinco meses depois.

É importante observar também através das Figuras 66, 67 e 68 as conseqüências da ocorrência de chuvas no local. Cabe ressaltar que as respectivas imagens referem-se à observação de campo do mês de outubro, uma vez que na observação do mês de maio este ponto não apresentava qualquer característica para a medição dos defeitos e/ou tomada da imagem. O ponto (denominado no trabalho como ponto B) situa-se a apenas 100 m de distância do ponto 4 mostrado nas Figuras 64 e 65, no sentido para o Varjão, estando situado também em solo de classe pedológica do tipo LE – latossolo vermelho-escuro. Tais figuras referem-se a uma seqüência de tomada das imagens, de dentro do veículo.

As imagens permitem observar também, da mesma forma que em diversos outros trechos inspecionados, que a superfície encontra-se “enterrada” e sem uma drenagem transversal/longitudinal adequada, sendo essas as principais causas de grande parte (senão da totalidade) dos defeitos encontrados, podendo-se considerar o trecho aqui mostrado como um trecho completamente deteriorado.

FIGURA 66 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Seqüência 1.

FIGURA 67 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Sequência 2.

FIGURA 68 - Inspeção de campo na estrada SCA-237 (Varjão – Represa do 29) – Ponto B – Sequência 3.

Como todos os pontos investigados no campo para o levantamento dos defeitos apresentaram deficiência quanto à seção transversal, não apresentando abaulamento adequado (e na maioria das vezes, inclusive, apresentando o abaulamento invertido, tornando a superfície uma espécie de “banheira”), prejudicando assim a drenagem da superfície da pista, decidiu-se ilustrar uma situação que apresenta abaulamento suficiente para drenar adequadamente a superfície, ilustrada na Figura 69. Trata-se, no entanto, de um trecho interno a um condomínio particular, cuja manutenção é realizada pelo próprio condomínio.

FIGURA 69 - Exemplo de abaulamento transversal adequado e existência de drenagem lateral.

6.3 Volume de tráfego em uma das estradas percorridas

Embora a escolha das estradas não-pavimentadas tenha sido feita com um conhecimento apenas empírico do volume de tráfego, onde tinha-se simplesmente uma idéia das estradas com maior ou menor volume de tráfego, decidiu-se, posteriormente, estimar o volume de tráfego nessas estradas. Decidiu-se, inicialmente, pela utilização do “Método do Veículo Teste em Movimento”, método este que tem sido divulgado como rápido e eficiente na determinação do volume de tráfego, através do percurso pela extensão do trecho com o

veículo em movimento, anotando-se os veículos que são ultrapassados e que ultrapassam o veículo teste, conhecendo-se a extensão do trecho e o tempo de percurso.

No entanto, conforme observa-se em MEIRELLES (1997), o método do veículo teste em movimento apresenta inconvenientes quando utilizado em vias de baixo volume de tráfego, podendo resultar em incoerências pois, uma vez sendo o volume de tráfego baixo e o comprimento dos trechos, em geral, não muito extensos, ocorre que muitas vezes o fluxo resulta em valor negativo, ou, em algumas situações, igual a zero, mesmo tendo havido a presença de veículos durante a inspeção de campo (este último caso ocorre quando, por exemplo, 1 (um) veículo ultrapassa o veículo de teste, o qual é ultrapassado também por 1 (um) veículo). Constatou-se, então, não ser esse um método adequado para as vias rurais não-pavimentadas, decidindo-se por realizar a contagem manual, durante todo um dia, na estrada Canchim – Represa do 29, sendo esta uma das estradas de maior volume de tráfego dentre as estradas da pesquisa.

Assim, MEIRELLES (1997) apresenta o resultado da contagem manual nessa estrada, realizada entre 6:00 hs e 19:30 hs, considerando os automóveis como fator de equivalência 1, ônibus e caminhões com fator de equivalência 2 e motocicletas com fator de equivalência 0,5. Com os dados apresentados é possível estimar-se em aproximadamente 350 veículos/dia o volume médio diário da estrada pesquisada. O autor apresenta também a variação horária do fluxo e a caracterização dos tipos de veículos que utilizaram a estrada durante o dia da contagem. Esses resultados estão mostrados na Tabela 12 e nas Figuras 70 e 71.

TABELA 12 - Contagem manual na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997).

Horário	Automóveis (1)	Ônibus (2)	Caminhões (2)	Motos (0,5)	Fluxo (veíc./h)
6:00-6:15	1	1			14
6:15-6:30	4	1			
6:30-6:45	3				
6:45-7:00	2				
7:00-7:15	1				11
7:15-7:30	3				
7:30-7:45	2				
7:45-8:00	5				

TABELA 12 - Contagem manual na estrada Canchim – Represa do 29
(MEIRELLES, 1997) (continuação).

Horário	Automóveis (1)	Ônibus (2)	Caminhões (2)	Motos (0,5)	Fluxo (veic./h)
8:00-8:15	6				24,5
8:15-8:30	5				
8:30-8:45	10			1	
8:45-9:00	3				
9:00-9:15	4		1		12
9:15-9:30	2				
9:30-9:45	3				
9:45-10:00	1				
10:00-10:15	2				12
10:15-10:30	2		1		
10:30-10:45	3				
10:45-11:00	3				
11:00-11:15	4		1		19
11:15-11:30	1				
11:30-11:45	3		2		
11:45-12:00	3		1		
12:00-12:15	3			1	25,5
12:15-12:30	1		2		
12:30-12:45	7		2		
12:45-13:00	5		1	1	
13:00-13:15	3		2		25
13:15-13:30	2		2		
13:30-13:45	3		1		
13:45-14:00	5		1		
14:00-14:15	4		1		19
14:15-14:30	3		2		
14:30-14:45	3				
14:45-15:00	5				
15:00-15:15	3				20
15:15-15:30	2		1	1	
15:30-15:45	3		2	1	
15:45-16:00	4				
16:00-16:15	2			1	25,5
16:15-16:30	4		1		
16:30-16:45	4		2		
16:45-17:00	5	1	1	1	

TABELA 12 - Contagem manual na estrada Canchim – Represa do 29
(MEIRELLES, 1997) (continuação).

Horário	Automóveis (1)	Ônibus (2)	Caminhões (2)	Motos (0,5)	Fluxo (veíc./h)
17:00-17:15	2	1			26
17:15-17:30	5	1	1		
17:30-17:45	4				
17:45-18:00	7	1			
18:00-18:15	9	1	1		41,5
18:15-18:30	7		2		
18:30-18:45	7		1	1	
18:45-19:00	6		1		
19:00-19:15	4		1	1	10*2 = 20
19:15-19:30	3			1

FIGURA 70 - Variação horária do fluxo na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997).

FIGURA 71 - Caracterização dos tipos de veículos na estrada Canchim – Represa do 29 (MEIRELLES, 1997).

7. MANIPULAÇÃO DO SIG E OBTENÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Neste capítulo são apresentados alguns procedimentos específicos utilizados na manipulação do *software TransCAD*, os diferentes mapas temáticos resultantes das bases de dados existentes, além de uma análise da variação de cotas das estradas percorridas.

Antes, no entanto, são apresentadas as principais características derivadas da classificação pedológica dos solos existentes na área de estudo.

7.1 Classificação pedológica

Para a descrição das várias classes pedológicas existentes na área do município de São Carlos – SP utilizou-se o “Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadricula de São Carlos – Memorial Descritivo” (OLIVEIRA & PRADO, 1984), e alguns aspectos de CONCIANI et al. (1995).

- **AQ – AREIA QUARTZOSA**

Solos profundos desenvolvidos sobre material de origem arenosa sendo, portanto, solos, por definição, arenosos. A fração areia, em geral, é maior ou igual a 70% e a fração argila menor que 15%.

Resultam em perfis pouco diferenciados, mas com o horizonte A e C apresentando variação grande em cor. A consistência ao longo do perfil é muito friável, não plástica e não pegajosa.

São solos que apresentam grandes problemas de erosão e estabilidade de taludes quando desenvolvidos em áreas com declividade maior que 6%. Quanto à susceptibilidade à erosão, podem ser classificados na Classe I, sendo esta a que apresenta o maior índice relativo de erodibilidade (em uma escala de 0 a 10, apresentam o índice de 8,1 a 10,0) e drenagem boa.

- **TE – TERRA ROXA ESTRUTURADA**

Solos derivados de rochas básicas, com presença de horizonte B textural argiloso ou muito argiloso. Solo ferruginoso tropical, apresentando cor idêntica à dos latossolos roxos.

A granulometria predominante é a argila (em torno de 50%) seguindo-se da fração areia fina (em torno de 30%). Geralmente ocorrem em relevos forte ondulados a escarpados esculpidos em rochas, estando, portanto, em relevo acidentado.

Quanto à susceptibilidade à erosão são classificados como Classe IV (com índice relativo de erodibilidade de 2,1 a 4,0), podendo-se considerá-los como pouco erodíveis.

- **Li – SOLO LITÓLICO**

Espessura do *solum* inferior a 40 cm e ausência de horizonte de subsuperfície (ou quando existente, muito pouco espesso). Solos imaturos, com teores relativamente elevados de minerais precários menos resistentes ao intemperismo. Textura bastante variada, estreitamente relacionada com a natureza do substrato.

Podem ser considerados solos de escavabilidade manualmente difícil, podendo requerer explosivos. Sua textura pode variar de arenosa a argilosa, com a drenagem considerada como superficial.

- **Hi – SOLO HIDROMÓRFICO**

Apresentam uma camada superficial de material orgânico (horizonte turfoso). Situam-se em áreas maldrenadas das planícies aluvionais, apresentando diversidade textural bastante acentuada, podendo-se identificar (abaixo da camada orgânica) desde textura arenosa até argilosa, sendo esses os solos mais abundantes.

Quanto às características analíticas, são solos bastante heterogêneos, ocorrendo solos arenosos até argilosos, porém com atividade da argila relativamente elevada.

Esses solos estão saturados todo o tempo, estando localizados em baixadas, fundo de rios e lagos, nascentes etc, sendo um grande auxílio para a verificação da necessidade de obras de arte ou de drenagem no terreno. Quanto à susceptibilidade à erosão podem ser classificados como Classe V (com índice relativo de erodibilidade de 0,0 a 2,0), sendo dos menos erodíveis. Quanto à drenagem, é classificada como ruim.

- **LE – LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO**

Solos, em geral, de cores vermelho-escuras, podendo ter a cor idêntica à dos latossolos roxos (a identificação no campo pode ser auxiliado por um ímã, uma vez que os latossolos roxos possuem mais magnetita que os latossolos vermelho-escuros). Esses solos representam material de cobertura de vários metros de espessura, identificáveis pelas freqüentes linhas de seixos, observáveis nos cortes mais profundos de estrada ou nas posições de meia encosta.

Os solos de textura argilosa ou muito argilosa provêm do intemperismo e retrabalhamento de sedimentos finos como argilitos e siltitos, tendo variada contribuição de rochas básicas. Em geral, a fração argila predomina na camada superficial (em torno de 55%) e o silte é a fração menos expressiva (em torno de 7%). Nessa textura, a consistência da amostra úmida é friável e da amostra molhada é plástica e pegajosa.

Já os solos de textura média se originam de material mais grosseiro, resultantes do intemperismo e retrabalhamento de arenitos, também com contribuição variada de rochas básicas. Na textura média a fração areia fina é a que predomina (em torno de 42%) seguida das frações argila e areia grossa (com praticamente a mesma proporção, ou seja, aproximadamente 27%). Nessa textura, a consistência da amostra seca é ligeiramente dura, da amostra úmida é friável ou muito friável e da amostra molhada é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

A drenagem desses solos é considerada boa e sua escavabilidade manualmente fácil. Quanto à susceptibilidade à erosão podem ser classificados como Classe IV (com índice relativo de erodibilidade de 2,1 a 4,0), podendo-se considerá-los como pouco erodíveis.

- **LV – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

Grande parte do latossolo vermelho-amarelo presente na área de estudo possui textura média, podendo também, em alguns pontos, ser encontrado com textura argilosa ou muito argilosa. São solos profundos, com vários metros de espessura, apresentando como algumas das características a grande espessura do *solum* e a pequena diferenciação a partir do horizonte B1.

Esses solos estão desenvolvidos em sedimentos arenosos da formação Rio Claro e em outros materiais de cobertura, também detríticos, resultantes do intemperismo de arenitos. Apresentam elevado teor de areia, baixa atividade das argilas e baixo teor de material agregante (óxido de ferro e matéria orgânica), limitando assim o desenvolvimento da estrutura.

A distinção entre os horizontes e subhorizontes é pouco marcante. Nesses solos de textura média a consistência da amostra úmida é muito friável e da amostra molhada é ligeiramente plástica e não pegajosa.

Quanto aos solos de textura argilosa, são materiais cuja origem resulta de sedimentos retrabalhados suprabasálticos. Às vezes apresentam teor de argila superior a 30% e com predominância de areia grossa sobre areia fina. Ocorrem em relevo suave ondulado, sendo raros os taludes profundos de estrada. Ocupam os topos das colinas, dando lugar, nas partes inferiores, aos latossolos roxos e vermelho-escuros.

Já os solos de textura muito argilosa, são materiais cuja origem resulta de sedimentos muito argilosos suprabasálticos. A textura é argilosa no horizonte A e muito argilosa no horizonte B (nesse horizonte o teor de argila chega a mais de 50%); contudo, apesar dos valores da fração argila, são solos muito friáveis e com elevada porosidade total. A consistência da amostra molhada é plástica e pegajosa.

Da mesma forma que os latossolos vermelho-escuros, sua drenagem é considerada boa e sua escavabilidade manualmente fácil. Quanto à susceptibilidade à erosão podem ser classificados como Classe III ou IV (com índice relativo de erodibilidade de 4,1 a 6,0 e de 2,1 a 4,0, respectivamente).

- **LR – LATOSSOLO ROXO**

São originários de materiais provenientes do intemperismo de rochas básicas (neste caso, basaltos e diabásios), com elevados teores de óxido de ferro. Apresentam textura argilosa ou muito argilosa (com teor de argila em torno de 60%), predominando os solos com pouca areia grossa (menor que 10%) e com fração areia fina em torno de 20%.

Sua espessura atinge vários metros de profundidade. O horizonte B possui aspecto maciço poroso “*in situ*” com microestrutura (do tipo pó-de-café) fortemente desenvolvida. A consistência da amostra seca é ligeiramente dura, da amostra úmida é friável ou muito friável e da amostra molhada (apesar dos elevados teores de argila) é ligeiramente pegajosa ou pegajosa. Isto se deve aos elevados teores de óxidos de ferro e/ou alumínio, que conferem baixa plasticidade e pegajosidade aos solos.

Os latossolos roxos são típicos de relevos altos e as características de drenagem e escavabilidade são idênticas às dos demais latossolos já descritos anteriormente (boa drenagem e escavabilidade manualmente fácil). Quanto à susceptibilidade à erosão são classificados como Classe IV (com índice relativo de erodibilidade de 2,1 a 4,0), podendo-se considerá-los como pouco erodíveis.

- **PV – PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO**

Solos de moderadamente profundos a profundos, com cores desde vermelho até amarelo no horizonte B1, com argila de atividade baixa. Transição abrupta do horizonte A para o B, com diferença de textura, cor e estrutura. Nos locais em que a textura no horizonte B é argilosa a muito argilosa, a espessura dos horizontes (A + B) gira em torno de 150 cm, sendo a consistência muito dura e firme.

Já nos horizontes com pouca argila, a consistência da amostra seca é muito ou extremamente dura, da amostra úmida é friável, raramente firme e da amostra molhada é plástica e pegajosa. A fração granulométrica predominante é a areia fina (em torno de 50%) seguida da fração areia grossa. A fração argila (em torno de 10%) apresenta aumento em profundidade, passando para próximo de 30%. Assim, a textura é arenosa em superfície e média em subsuperfície.

Em vista do relevo ondulado em que se situam, com acentuados declives (da ordem de

10% e 15%, em alguns locais podendo chegar a 30% e até a 50%), e da textura contrastante, esses são solos muito suscetíveis à erosão. Quanto à consistência, são solos friáveis ao longo do perfil, com tendência para firmes no horizonte B2, ligeiramente plásticos e ligeiramente pegajosos no horizonte A e plásticos e pegajosos no horizonte B.

A drenagem pode ser classificada como de média a baixa no horizonte B e de média a alta no horizonte A. A escavabilidade é manualmente fácil e, quanto à susceptibilidade à erosão, podem ser classificados como Classe I (solos com textura arenosa/média, com índice relativo de erodibilidade de 10,0 a 8,1), como Classe II (solos não abruptos, com índice relativo de erodibilidade de 8,0 a 6,1) e como Classe III (solos de textura argilosa, com índice relativo de erodibilidade de 6,0 a 4,1).

Dispondo-se do mapa pedológico na forma de base de dados no Sistema de Informação Geográfica foi possível avaliar as várias classes pedológicas existentes no município de São Carlos, através de uma análise comparativa das áreas abrangidas. Na Tabela 13 são mostradas as áreas correspondentes a cada classe pedológica, em todo o município, a área correspondente a cada classe pedológica na área do levantamento de campo, o quanto de cada classe pedológica do município foi abrangido pela área de estudo e o número de pontos inspecionados no campo em cada uma das classes pedológicas. Cabe ressaltar que o valor total da área excede o valor de 1132 km² da área exata do município em razão de, na base de dados, os polígonos limítrofes que representam as classes pedológicas excedem o limite exato do município de São Carlos, conforme pode ser observado nas diversas figuras em que são mostrados o mapa pedológico com a sobreposição do limite do município.

TABELA 13 - Dados referentes às classes pedológicas do município de São Carlos - SP.

CLASSE PEDOLÓGICA	ÁREA DO MUNICÍPIO		ÁREA DE ESTUDO		% DO TOTAL NA ÁREA DE ESTUDO	NÚMERO DE INSPEÇÕES DE CAMPO
	(km ²)	%	(km ²)	%		
AQ	237,66	17,10	13,62	4,23	5,73	07
Hi	78,97	5,68	5,05	1,57	6,39	0
LE	188,79	13,59	50,10	15,55	26,54	25
LR	280,63	20,20	59,78	18,55	21,30	06
LV	450,14	32,39	171,52	53,24	38,10	21
PV	59,62	4,29	0	0	0	0
TE	24,32	1,75	11,66	3,62	47,94	03
Li	69,47	5,00	10,43	3,24	15,00	0
TOTAL	1389,60	100	322,16	100	100	62

7.2 Mapas temáticos utilizando a pedologia

Com os dados básicos disponíveis em bases de dados (tanto graficamente como na forma de atributos) e utilizando-se de recursos do SIG foi possível obter a interseção de condições, onde, a partir da combinação de duas ou mais bases de dados, obtém-se uma nova base de dados resultante dessa combinação.

Na Figura 72 está ilustrado, como exemplo, o resultado da interseção entre a base de dados de pedologia e a de vias rurais não-pavimentadas. Como resultado, foi gerada uma base de dados de pedologia das estradas rurais não-pavimentadas, onde, para cada estrada, trecho a trecho, são apresentados os diferentes tipos de solo. Nesta figura apresenta-se também a sobreposição com o limite do município e com as estradas pavimentadas.

FIGURA 72 – Representação gráfica resultante da interseção entre a pedologia e as vias não-pavimentadas, com sobreposição do limite do município e estradas pavimentadas.

7.2.1 Inspeções de campo em solos TE - Terra Roxa Estruturada

A partir das inspeções de campo foi possível constatar que o principal aspecto encontrado nos locais com solos de classe pedológica do tipo TE - Terra Roxa Estruturada foi a presença de atoleiros, em trechos de baixa declividade longitudinal. Em um dos pontos investigados (ponto 11_6), no entanto, devido à existência de uma alta declividade longitudinal (estimada em mais de 15%), o que se constatou foi uma superfície “barrenta”, deixando a pista completamente escorregadia. Neste caso, além da péssima condição da superfície de rolamento, a alta declividade longitudinal contribuiu em muito para a

precariedade do trecho. Constatou-se também, em um dos pontos aqui avaliados (ponto 8_7), um pequeno trecho de afundamento de trilha de roda.

Na Figura 73 observam-se os pontos avaliados nesse tipo de solo, sendo que a magnitude dos defeitos pode ser vista em anexo, nas páginas 239, 240 e 264. Salienta-se que devido à característica desses solos, de apresentarem elevadas quantidades de fração argila, os defeitos podem ser associados a solos do tipo argilosos.

FIGURA 73 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica TE - Terra Roxa Estruturada.

7.2.2 Inspeções de campo em solos AQ - Areias Quartzosas

Nas avaliações efetuadas em locais de solos de classe pedológica AQ - Areias Quartzosas, uma das constatações foi a freqüente presença de buracos, defeitos esses associados também, em todos os referidos pontos, com a existência de uma seção transversal “encaixada”, fazendo com que a declividade transversal “invertida” não permitisse conduzir a água da superfície para fora da pista. Esses buracos, em sua maioria, encontravam-se preenchidos por água, haja visto as avaliações terem sido feitas em épocas chuvosas. Associado a esse tipo de solo constatou-se também, em uma das avaliações (ponto 1_1), a ocorrência de corrugação, presente em um trecho completamente plano e com deficiência também de drenagem lateral. Em duas das avaliações (pontos 4_4 e 4_5) foram constatados problemas de segregação de agregados, também conhecidos como “areíões”, ambos em trechos sem declividade longitudinal, e em seção transversal “encaixada” (portanto, também sem declividade transversal). No entanto, em um dos outros pontos de avaliação (ponto 8_4), como o trecho situa-se exatamente no limite entre as classes pedológicas AQ (areia quartzosa) e Hi (solo hidromórfico), pode-se observar defeitos característicos dos dois tipos de solos, como por exemplo, baixa drenagem do solo (caracterizada pela presença de água no trecho, em local aparentemente saturado), afundamento de trilha de roda (em presença de material orgânico), assim como a presença de buracos (já mais característico de trechos em solos arenosos).

Na Figura 74 pode-se observar os pontos avaliados em locais de solo AQ, sendo que a magnitude dos defeitos desses pontos pode ser vista em anexo, nas páginas 205, 221, 225, 226, 227, 235 e 243. Salienta-se que, em função das características das areias quartzosas, pode-se considerar os solos presentes nessas regiões como solos arenosos.

FIGURA 74 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica AQ - Areia Quartzosa.

7.2.3 Inspeções de campo em solos LR - Latossolos Roxos

Nas avaliações efetuadas em locais de solo do tipo LR - latossolo roxo, solos esses que podem ser considerados com textura argilosa, pôde-se constatar, em vários dos pontos levantados, a presença dos defeitos afundamento de trilha de roda e buracos, tendo-se observado que o primeiro deles é motivado pela perda de capacidade do solo quando saturado nas épocas chuvosas, e que, função da possível presença de elevada fração argila (e portanto, baixa permeabilidade dos solos), constatou-se a presença de buracos completamente

preenchidos por água. Pôde-se constatar ainda em relação aos defeitos que, embora em presença de fração argila, os defeitos resultantes pareceram um pouco menos danosos (especialmente em relação à perda de capacidade de suporte) que aqueles resultantes dos solos em classe TE - terra roxa estruturada, dando-se a impressão de que a possível pequena fração areia desses oferece melhor contribuição que nos solos TE. Em um dos pontos avaliados (ponto 11_2), já em uma semana não tão chuvosa, pôde-se constatar a presença de regular quantidade de pó, sendo esta também uma das evidências dos defeitos em locais de solo argiloso.

Na Figura 75 pode-se observar os pontos avaliados em locais de solo LR sendo que a magnitude dos defeitos desses pontos pode ser vista em anexo, nas páginas 213, 214, 228, 260, 265 e 266.

FIGURA 75 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LR - Latossolo Roxo.

7.2.4 Inspeções de campo em solos LE - Latossolos Vermelho-Escuros

Um dos aspectos mais característicos identificados nos pontos avaliados nos trechos com solos de classe pedológica do tipo LE - latossolo vermelho-escuro foi o defeito segregação de agregados, em que são formadas bermas nas laterais e no centro da pista, deixando pequenas trilhas nas linhas do tráfego. Em todos os pontos de ocorrência desses defeitos constatou-se uma completa deficiência na drenagem da pista, fazendo com que a água, ao invés de ser retirada para as laterais, seja acumulada entre as bermas, formando depressões e acumulando-se ainda mais nessas depressões, que começam a se formar com a passagem do tráfego. Muitas vezes, por não haver para onde escoar, a água acaba por depositar-se e/ou arrastar o material granular para as laterais da pista, formando verdadeiras bacias de deposição de areia. Em vários pontos inspecionados, inclusive, (por exemplo, pontos 1_4, 2_5, 2_6, 10_1, 11_3 e 11_4), a areia chegou a ocupar toda uma faixa de tráfego da pista, reduzindo a pista a uma faixa única. Em alguns dos pontos de inspeção (por exemplo, pontos 1_2, 1_6, 1_7 e 11_4) constatou-se também uma erosão lateral, provavelmente provocada pelo escoamento longitudinal da água pela pista que, não sendo drenada transversalmente, escoa pela declividade longitudinal existente. No entanto, em trechos nessas mesmas condições, mas sem a declividade longitudinal (por exemplo, pontos 2_B, 2_4, 10_2, 8_2, 8_3, 8_5 e 8_6), o que se observou foi a formação de grandes depressões na pista, com intenso acúmulo de água (que deveria estar sendo retirada transversalmente), depressões essas muitas vezes ocupando toda a largura da faixa.

Na Figura 76 são mostrados todos os pontos avaliados em locais de solo LE, sendo que a magnitude desses defeitos e suas respectivas imagens podem ser vistas em anexo, nas páginas 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 219, 220, 229, 234, 241, 242, 244, 245, 246, 257, 258, 259, 261, 262 e 263.

FIGURA 76 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LE - Latossolo Vermelho-Escuro

7.2.5 Inspeções de campo em solos LV - Latossolos Vermelho-Amarelos

Nas investigações de campo realizadas em pontos com solos de classe pedológica LV - latossolos vermelho-amarelos, constatou-se uma certa semelhança com os defeitos levantados em solos do tipo LE - latossolos vermelho-escuros, com a ressalva que, se naqueles havia a predominância do defeito segregação de agregados (e em alguns pontos a ocorrência de depressões com água), nos defeitos em solos LV a grande predominância foi de depressões completamente preenchidas por água, em trechos planos e com total deficiência de drenagem transversal e lateral, todos eles em seção transversal “encaixada”, em forma de calha, não

oferecendo a mínima condição de escoamento das águas de chuva. Ainda, em três dos pontos investigados (pontos 9_5, 9_6 e 9_7), além da característica inerente do tipo de solo, o fato deles estarem em local de acentuada declividade longitudinal (aproximadamente 7%, 11% e 12%), constatou-se aí a existência de sérios problemas de erosão, com sulcos fundos formados pelo escoamento longitudinal da água, ocupando muitas vezes quase que toda a largura da pista. Alguns pontos com pequenos problemas de segregação de agregados também foram constatados.

Na Figura 77 são mostrados todos os pontos avaliados em locais de solo LV, sendo que a magnitude desses defeitos e suas respectivas imagens podem ser vistas em anexo, nas páginas 222, 223, 224, 230, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 267 e 268.

FIGURA 77 - Inspeções de campo em solos de classe pedológica LV - Latossolo Vermelho-Amarelo.

7.3 Mapas temáticos com as várias bases de dados existentes

Explorando ainda o potencial de mapeamento temático do *software* teve-se a possibilidade de apresentar todos os pontos percorridos por meio de cores distintas, baseadas na classificação efetuada através da investigação de campo, tendo-se por base a classificação a partir do valor *URCI* calculado. O mapa temático gerado está mostrado na Figura 78.

FIGURA 78 - Mapa temático da classificação dos pontos de investigação de campo.

Outro recurso presente na tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica, e portanto, presente também no *software* aqui utilizado, consiste no módulo de consulta condicionada. Este recurso representa uma das grandes potencialidades da tecnologia dos SIGs, e consiste, basicamente, em uma ferramenta que proporciona a possibilidade de apresentar respostas com base em perguntas inseridas no programa, realizando consultas aos registros gráficos ou aos atributos dos dados constantes nas bases de dados criadas.

As questões a serem efetuadas devem abranger, em geral, três aspectos, quais sejam: questões referentes a localizações, questões que abordem aspectos dos atributos e questões que combinem as duas informações (geográficas e atributos). No *software TransCAD*, esses recursos estão dispostos na barra de ferramentas, através do comando *Dataview*, podendo-se escolher entre as opções (CALIPER, 1996; SILVA & WAERDEN, 1997):

- *Dataview - Select by Location;*
- *Dataview - Select by Condition e*
- *Dataview - Combine Selection.*

Utilizando-se, portanto, dessas ferramentas, foram criados diversos mapas com base em consultas efetuadas, atribuídas condições específicas com as bases de dados disponíveis. Alguns desses mapas são mostrados nas Figuras 79 a 82, lembrando-se que outros mapas podem ser gerados, em função de diferentes condições atribuídas às bases de dados.

A Figura 79 mostra todos os pontos avaliados na investigação de campo que apresentam o valor $URCI < 40$, uma vez que o método empregado para a inspeção apresenta esse limite como sendo o que necessita de maior atenção, e portanto, de grande empenho para se efetivar a manutenção.

FIGURA 79 - Mapa temático indicando os trechos com $URCI < 40$.

A Figura 80 mostra um mapa temático resultante de uma consulta condicionada, juntamente com a sobreposição do mapa pedológico da área. O resultado da consulta condicionada mostra, de todos os pontos percorridos no campo, aqueles que foram efetivamente avaliados. Já a sobreposição com o mapa pedológico permite uma rápida

identificação da classe do solo existente no local de cada ponto investigado no levantamento de campo. Neste caso específico pode-se constatar que a maior parte dos pontos avaliados encontra-se em solos de classe pedológica do tipo LE – latossolo vermelho-escuro e LV – latossolo vermelho-amarelo, sendo alguns pontos, no entanto, pertencentes às classes AQ – areias quartzosas, LR – latossolo roxo e TE – terra roxa estruturada.

FIGURA 80 - Mapa temático com todos os pontos avaliados, sobrepostos à pedologia local.

Na Figura 81 tem-se o resultado de uma consulta condicionada com base nos atributos dos pontos de investigação de campo, juntamente com a sobreposição da base de dados de pedologia da área de estudo. Através da consulta condicionada é possível identificar todos os pontos que foram avaliados no campo e, destes, quais os que obtiveram valores de *URCI* menores que 40. Já a sobreposição com a pedologia proporciona uma rápida análise quanto à classe do solo existente nos locais onde localizaram-se os piores pontos (segundo o método empregado) sendo estes os pontos que requerem maior atenção quanto à manutenção.

FIGURA 81 - Mapa temático indicando todos os pontos avaliados e os pontos com *URCI* < 40, sobrepostos à pedologia local.

Já a Figura 82 mostra, também através do recurso da consulta condicionada, o resultado da análise que identifica todos os pontos que foram avaliados no campo, e destes, identifica os pontos que foram classificados como “reprovados” e “muito ruins”. Neste caso, verifica-se que 3 trechos foram reprovados e 23 foram classificados como muito ruins. Já a sobreposição com a base de dados de pedologia permite identificar, rapidamente, a classe do solo existente nos pontos considerados mais críticos pela avaliação realizada. Pode-se verificar, por exemplo, que dos pontos mais críticos, 10 estão em solos de classe pedológica LE – latossolo vermelho-escuro, 10 pertencem à classe LV – latossolo vermelho-amarelo, 3 pertencem à classe AQ – areia quartzosa, 2 pertencem à classe LR – latossolo roxo e 1 ponto situa-se em solo de classe pedológica do tipo TE – terra roxa estruturada.

FIGURA 82 - Mapa temático indicando todos os pontos avaliados no campo, classificados como “reprovado” e “muito ruim”, sobrepostos à pedologia local.

7.4 Mapas temáticos a partir do Modelo Digital do Terreno

A partir dos levantamentos de campo, e portanto, da análise dos defeitos encontrados, tornou-se evidente a importância da declividade nos tipos de defeitos existentes nos vários trechos das vias, e uma forma relativamente rápida de se conhecer as declividades da área é através do modelo digital do terreno.

Com a base de dados de curvas de nível, a qual já havia sido construída através da digitalização dos dados gráficos, no início da pesquisa, gerou-se uma rede de 56.000 pontos na área, com informações de latitude, longitude e altitude. O procedimento detalhado para se chegar a essa rede de pontos encontra-se descrito no item 7.4.1. Com esta rede e utilizando-se de um módulo específico disponível no SIG (CALIPER, 1996), elaborou-se o modelo digital do terreno, através da interpolação dos pontos. O procedimento envolvido nesta etapa também encontra-se descrito em item específico. Vale ressaltar que para a criação desse modelo

digital, foi necessário recorrer-se a uma configuração melhor de *hardware*, neste caso, um *Pentium - 200 MHz* com 128 *MBytes* de memória *RAM*, tendo sido necessário, ainda assim, um processamento ininterrupto de aproximadamente 62 horas.

7.4.1 Criação da base de dados *PTNIVTOT*

A seguir são descritos, de forma itemizada, os principais passos envolvidos na criação da base de dados (denominada no trabalho como “*ptnivot*”), a qual serviu como ponto de partida para a criação do modelo digital do terreno da área em estudo.

- 1) No *software TransCAD*, efetuou-se a exportação para o formato *.dxf* da base de dados *nivel4.dbd* (base de dados em que estavam armazenadas as curvas de nível), através do comando *Tools-Export* da Barra de Ferramentas, escolhendo-se a opção *AutoCAD DXF*.
- 2) No *software AutoCAD*, efetuou-se a transformação do formato *.dxf* para o formato *.dwg*, através do comando *Save As...*
- 3) Ainda no *software AutoCAD*, selecionou-se pequenas áreas contendo as curvas de nível e escolheu-se a opção *Modify-Explode*, opção esta selecionada 2 vezes para cada área. Através desta opção os segmentos foram transformados em uma sucessão de pontos, de acordo com a mudança de direção dos pequenos vetores do segmento. Neste caso, como o arquivo resultante era bastante grande, foi conveniente dividi-lo em dois, os quais foram denominados como *ptnivel1.dwg* (referente à parte superior do município) e *ptnivel2.dwg* (referente à parte inferior do município), e cujos arquivos foram transformados posteriormente para o formato *.dxf*, no próprio *software AutoCAD*.
- 4) No *software TransCAD* foi aberto, individualmente, cada um dos arquivos referidos no item anterior (*ptnivel1.dxf* e *ptnivel2.dxf*) através do comando *File-Open*, e selecionada a opção *AutoCAD DXF* na caixa de diálogo *List Files of Type*. Através do comando *Tools-Export* os arquivos foram transformados no formato *Text/Geography*, conforme mostra a Figura 83, sendo salvos com a extensão *.geo*.

FIGURA 83 - Janela mostrada no *TransCAD* para a exportação dos dados para o formato *Text/Geography*.

5) Um dos arquivos *.geo* foi aberto, os registros armazenados nesse arquivo foram copiados e colados no outro arquivo *.geo*, resultando assim num arquivo total (no formato *Text/Geography*) que foi denominado como *ptnivotot.geo*, contendo aproximadamente 56.000 pontos.

6) Ainda no *software TransCAD*, o arquivo *ptnivotot.geo* foi aberto através do comando *Open-Text/Geography*, foi selecionada a opção *Point* na caixa de diálogo *Layer Type to Import*, salvando-se o arquivo com o nome *ptnivotot.dbd* (o qual passou a ter agora o formato *Geographic File*, e portanto a extensão *.dbd*).

7) Na base de dados *nivel4.dbd* (base de dados do relevo) todas as linhas foram editadas, atribuindo-se o valor da cota a cada curva de nível.

8) A base de dados *ptnivotot.dbd* gerada, continha, originalmente, os campos *ID*, latitude e longitude. Tinha-se por objetivo, no entanto, acrescentar um novo campo a essa base de dados, com o valor da cota, para cada um dos quase 56.000 pontos. Para isso foi necessário executar um procedimento específico, que encontra-se descrito adiante:

- No *software TransCAD* abriu-se a base de dados *ptnivotot.dbd* e escolheu-se a opção *File-New* da barra de ferramentas.
- Clicou-se na opção *Table File* e *OK*, conforme mostra a janela na Figura 84.

FIGURA 84 - Janela mostrada no *TransCAD* para a criação de um novo campo para inserção na base de dados.

9) Em seguida apareceu uma caixa de diálogo, onde *clicou-se add field* e *Automatically Generate Records*.

Uma nova janela então apareceu, mostrando três métodos diferentes para a geração de registros. Neste caso, foi escolhida a opção que gerou um registro para cada valor de *ID* existente na base de dados *ptnivot.dbd*, como pode-se observar na Figura 85.

FIGURA 85 - Janela mostrada no *TransCAD* com os três métodos diferentes para a geração de novos registros.

- Clicar *OK*.

Ao campo adicionado foi atribuído o nome *COTA2* e *type integer*. A Figura 86 mostra

como fica a janela resultante.

Field Name	Type	Width	Decimals	Index
ID	Integer	10		Yes
COTA2	Integer	8		No

Field Information

Name: Type:
 Width: Decimals: ☐ Index

Record Information

☒ Automatically Generate Records

FIGURA 86 - Janela mostrando o nome e o tipo do campo a ser gerado no *TransCAD*.

- Clicando-se *OK* novamente o *software* solicita que se atribua um nome (com extensão *.dbf*) e o sub-diretório em que ficará armazenada a tabela criada. Neste caso, atribuiu-se o nome *cota2.dbf*.

Com isso criou-se uma nova tabela, com os mesmos *IDs* da base de dados *ptnivot.dbd*, e com um campo adicional denominado *COTA2*.

10) Na seqüência clicou-se em *Dataview-Join*, de forma a juntar os dados da base *ptnivot.dbd* (*ID*, latitude e longitude) aos dados da base *cota2.dbf* (*ID* e *cota2*). A janela resultante é mostrada adiante, onde deve-se clicar *OK*.

FIGURA 87 - Janela mostrada no *TransCAD* no comando de se efetuar a união entre duas bases de dados.

Esta etapa resultou em um *dataview* contendo os 5 campos citados, os quais são mostrados na Figura 88. Neste caso, o campo *COTA2.ID* foi gerado de forma a efetuar a correspondência entre os campos *ID* da base de dados *ptnivot.dbf* e *COTA2* da tabela *cota2.dbf*. Ressalta-se, no entanto, que nesta etapa o campo *COTA* ainda não estava com os valores preenchidos, conforme mostrado na Figura 88, o que veio ocorrer após a execução do passo 11, descrito a seguir.

PTNIVTOT+COTA2				
PTNIVTOT.ID	Longitude	Latitude	COTA2.ID	COTA
56680	-47795673	-22065913	56680.000	920
56677	-47794893	-22066465	56677.000	920
46215	-47794166	-22069056	46215.000	900
46214	-47793547	-22068790	46214.000	900
46213	-47792660	-22068686	46213.000	900
56676	-47793811	-22066430	56676.000	920
56675	-47793098	-22066414	56675.000	920
56674	-47792388	-22066602	56674.000	920
45119	-47794409	-22063180	45119.000	940
45116	-47796223	-22062777	45116.000	940
45117	-47795511	-22062852	45117.000	940

FIGURA 88 - Janela mostrando a base de dados resultante da geração de um novo campo e união de duas bases de dados.

11) O próximo passo foi atribuir o valor das cotas (a partir da base de dados de curvas de nível) aos 56.000 pontos existentes na base de dados *ptnivot.dbf*. O procedimento está

descrito a seguir:

- Abriu-se a base de dados de curvas de nível (neste caso denominada *nivel4.dbd*) e o *join* anterior (*ptnivot.dbd* + *cota2.dbf*)
- Selecionou-se a coluna COTA do *join* (*ptnivot* + *cota2*)
- Escolheu-se *Edit-Fill* na barra de ferramentas. Uma nova caixa de diálogo apareceu, onde foi selecionada a opção *Tag*, indicando-se a base de dados de curvas de nível (*nivel4*) e o campo *cota* a servirem como referência. Este procedimento visou o preenchimento do valor da cota de todos os pontos da base de dados *ptnivot.dbd* a partir da informação do valor da cota atribuído sobre toda a curva de nível da base de dados *nivel4.dbd*.

FIGURA 89 - Método para atribuição dos valores das cotas a partir da informação de outra base de dados.

No trabalho, no entanto, este procedimento não resultou em completamente correto para os 56.000 pontos da base de dados, gerando várias inconsistências para o valor das cotas dos respectivos pontos.

Para solucionar esse problema foi necessário proceder a uma correção manual, sobrepondo-se a base de curvas de nível (*nivel4.dbd*) com a de pontos (*ptnivot.dbd*), selecionando-se os pontos referentes a cada curva de nível que estavam com os registros da cota incorreto e corrigindo-se o valor na base de dados, através da digitação do valor correto.

7.4.2 Modelos digitais de elevação

Para a geração dos modelos digitais de elevação (*DEM – Digital Elevation Models*), a partir do *software TransCAD* (CALIPER, 1996), o ponto de partida é a existência de uma base de dados de pontos, que contenha a localização geográfica dos pontos (longitude e latitude) e um valor *z*, definido como elevação, e que pode ser a altitude de cada ponto.

Os *DEMs* proporcionam uma representação da superfície da Terra entre pontos de cotas conhecidas. Sua criação inicia-se com a leitura de uma rede irregular de elevações, à qual aplica-se um processo de interpolação (como por exemplo, o *TIN - Triangulated Irregular Network*). As estruturas *TIN* baseiam-se em elementos triangulares com vértices em pontos amostrais com dados de elevação, os quais são formados através de um processo de interpolação, que assume que a superfície formada entre esses três pontos é um plano.

7.4.2.1 Criação do modelo digital do terreno

Para a criação do modelo digital do terreno é necessário, inicialmente, ativar uma base de dados de pontos que contenha informações de *x*, *y* e *z*, ou seja, informações de longitude, latitude e elevação.

Estando-se com a base de dados aberta no *TransCAD* deve-se selecionar, na barra de ferramentas, o comando *Tools-TINS*, a partir do qual aparece a caixa de diálogo *Create TIN*, como mostra a Figura 90.

FIGURA 90 - Caixa de diálogo *Create TIN* para a criação do modelo digital do terreno.

Com base nessa figura tem-se a acrescentar que:

- (a) - O *software TransCAD* permite criar um *TIN* para representar tanto a superfície entre todos os pontos de uma base de dados geográfica como a superfície entre pontos selecionados.
- (b) - Deve ser indicado o campo da base de dados que armazena as elevações dos pontos.
- (c) - O *software* admite três níveis de interpolação (nível 1, 2 ou 3), sendo o nível 3 o nível mais alto.
- (d) - Desenha uma linha em torno do *TIN*.

Após a criação do *TIN* deve-se *cliquear* o ícone na barra de ferramentas *TIN*, aparecendo a caixa de diálogo do *Save As*, onde deve-se atribuir um nome para os dados de estrutura *TIN*. Neste caso, atribuiu-se os nomes *total.tin* e *parcial.tin*, para o município de São Carlos e para a área de inspeção de campo, respectivamente.

Quando o *TIN* é finalizado, aparece uma barra de ferramentas que inclui diversas opções para análises que envolvem funções tridimensionais, como:

- **Cálculo de uma elevação** - com esta função é possível determinar o valor *z* de uma localização geográfica específica.
- **Análise de visibilidade** - o *software* calcula as áreas dos terrenos que são vistos a partir de uma localização e elevação específica.
- **Perfil do terreno** - esta função permite desenhar a variação de elevação em intervalos regulares entre dois pontos escolhidos, pontos estes que definem o comprimento e a direção do perfil a ser desenhado.
- **Geração de linhas de contorno** - o *software* permite desenhar linhas de contorno, que indicam linhas que passam por pontos de mesma elevação.
- **Grade retangular DEM** - compreende uma série de pontos regularmente espaçados. Deve-se atribuir o número de pontos que se deseja ter nos eixos *X* e *Y*, sendo que o *software* atribui um valor de elevação a cada um dos pontos gerados.
- **Desenho da triangulação** - o *software* desenha, como elementos de área, todos os triângulos gerados no *TIN*. A essa base de dados são acrescentados os valores dos gradientes e do aspecto de cada plano triangular, onde os gradientes indicam a inclinação e o aspecto indica a direção de cada plano.

7.4.3 Rede de pontos cotados e gradientes

A partir deste resultado foi possível gerar, por exemplo, mapas temáticos, sendo alguns deles mostrados adiante, nas Figuras 91, 92, 93, 94 e 95. Para a elaboração do mapa temático apresentado na Figura 91 foi necessário, além das 62 horas já citadas, realizar ainda um processamento de aproximadamente 2 horas, em que a área de todo o município foi subdividida em uma rede de pontos cotados, distantes entre si em torno de 50 m. Ainda, para a definição dos padrões gráficos a serem adotados no mapa temático, foram necessários aproximadamente 20 minutos para que o *software* pudesse ler todos os pontos gerados e aproximadamente 40 minutos para que pudesse desenhar todos os pontos do mapa temático. Vale ressaltar que, nesse caso específico, a base de dados gerada resultou em aproximadamente 666.000 pontos.

FIGURA 91 - Pontos cotados a partir do modelo digital do terreno, distantes entre si de 50 m.

Para elaborar o mapa temático apresentado na Figura 92, foi necessário utilizar a opção “desenho da triangulação” da barra de ferramentas *TIN*, em que o *software* desenha todos os triângulos gerados no *TIN*, atribuindo valores do gradiente e do aspecto de cada plano do triângulo. Esse processamento exigiu aproximadamente 5 horas, além das 62 horas necessárias para gerar a estrutura *TIN*, e resultou em uma base de dados com aproximadamente 1.344.000 triângulos. A Figura 92 mostra o mapa temático dos gradientes da área de estudo com a sobreposição dos pontos em que se realizou a inspeção de campo. Para a elaboração desse mapa temático foram necessários ainda, aproximadamente 20 minutos para a leitura de todos os pontos da base de dados e aproximadamente 40 minutos para que o *software* pudesse desenhar o mapa temático.

FIGURA 92 - Gradientes da área obtidos a partir do modelo digital do terreno.

Como a inspeção de campo concentrou-se em uma área específica do município, decidiu-se criar também, para essa área, uma grade de pontos cotados, distantes entre si em torno de 10 m, como mostra a Figura 93. A finalidade desse processamento foi obter, com maior precisão, as cotas (de 10 em 10 metros) existentes na região em que estão as estradas percorridas, sendo que para isso recorreu-se a um processamento de aproximadamente 14 horas (10 horas para gerar a estrutura *TIN* e 4 horas para a divisão em grade de pontos cotados). Cabe ressaltar aqui também que a base de dados gerada resultou em

aproximadamente 4.134.000 pontos, que cada leitura dos pontos para a geração do mapa temático levou em torno de 3 horas e que cada processo de desenho do mapa temático levou em torno de 5 horas.

FIGURA 93 - Pontos cotados a partir do modelo digital do terreno, distantes entre si de 10 m.

7.5 Declividades dos trechos percorridos

Uma vez obtido o mapa temático com os gradientes da área de estudo, mostrado na Figura 92, observou-se que as declividades mostradas não eram coerentes com aquelas encontradas no levantamento de campo. Procedeu-se, então, à elaboração de outro mapa temático, seguindo-se agora os intervalos mostrados em SILVA (1997), e cujo resultado está mostrado na Figura 94. Esta figura veio mostrar, mais uma vez, a aparente incoerência dos resultados uma vez que, pontos percorridos no campo que apresentaram declividades acentuadas, no mapa estão posicionados em áreas de baixa declividade.

FIGURA 94 - Mapa temático dos gradientes da região em intervalos segundo SILVA (1997).

Novos mapas foram então criados, utilizando-se novamente do recurso da consulta condicionada juntamente com o recurso da sobreposição, com o intuito de uma melhor análise do relevo da área levantada no campo. Na Figura 95 tem-se um mapa temático mostrando as curvas de nível, com a sobreposição de todos os pontos percorridos no campo (com medição dos defeitos ou não) e das estradas não-pavimentadas percorridas (aquelas registradas cartograficamente nos mapas consultados). Na Tabela 14 tem-se as cotas de todos os pontos percorridos, obtidas a partir da grade de pontos cotados, distantes entre si em 10 metros, gerada através do modelo digital do terreno (mostrada na Figura 93).

FIGURA 95 - Mapa temático com a sobreposição das curvas de nível, das estradas não pavimentadas percorridas e dos pontos percorridos no campo.

TABELA 14 - Cotas dos pontos de levantamento de campo, obtidas a partir do modelo digital do terreno.

TRECHO 01		TRECHO 04		TRECHO 08		TRECHO 10	
Ponto	Cota (m)	Ponto	Cota (m)	Ponto	Cota (m)	Ponto	Cota (m)
A	780,00	0	770,37	A	880,00	A	700,01
1	778,55	1	743,90	B	845,18	1	706,60
1'	770,37	2	740,00	C	816,28	2	718,08
2	780,75	3	740,00	D	798,65	B	711,25
3	782,52	4	757,26	E	771,51	C	706,68
4	778,61	5	762,34	8	760,00	D	688,67
5	760,00	6	823,78	F	740,18	TRECHO 11	
B	759,99	TRECHO 05		G	740,00	Ponto	Cota (m)
6	773,66	Ponto	Cota (m)	7	724,91	0	688,67
7	797,92	C	837,55	H	720,00	A	699,49
8	800,00	3	832,59	I	720,00	1	700,00
TRECHO 02		4	821,26	J	717,32	B	700,00
Ponto	Cota (m)	B	821,12	6	712,50	2	700,06
1	749,98	A	801,57	5	702,34	3	712,90
2	740,00	TRECHO 06		4	700,96	4	717,07
2'	740,03	Ponto	Cota (m)	K	700,00	5	745,61
3	740,00	A	880,00	3	700,00	C	747,55
3'	740,05	1	862,15	2	700,13	6	781,77
A	740,00	2	860,00	1	700,00	D	861,17
B	734,66	3	860,00	TRECHO 09		E	876,46
C	733,62	4	822,87	Ponto	Cota (m)	7	878,35
4	734,05	6	741,61	A	933,83	F	879,73
4'	734,05	5	717,67	B	945,03	8	879,95
D	729,76	1'	700,00	C	959,83	G	900,00
5	730,29	TRECHO 07		1	940,28	H	912,81
6	708,57	Ponto	Cota (m)	2	940,31	TRECHO 12	
7	700,00	A	920,00	D	956,29	Ponto	Cota(m)
8	700,00	B	919,91	E	940,03	8	880,00
TRECHO 03		1	920,00	3	920,18	7	880,00
Ponto	Cota (m)	2	920,00	4	920,00	6	875,69
0	877,22	C	920,00	5	920,00	10	872,55
1	880,00	D	903,94	F	914,58	9	872,58
2	874,27	E	900,00	6	919,11	5	880,00
3	880,00	3	880,30	7	940,00	4	880,00
4	880,00	F	883,59	G	938,27		
8	871,37			H	960,00		
9	852,72			I	939,97		
7	840,11			8	939,98		
6	823,78			9	938,44

Figura 96 - Mapa temático com a sobreposição dos pontos cotados segundo o modelo digital do terreno, das curvas de nível e de todos os pontos obtidos no levantamento de campo.

Na Figura 96 é mostrado, também, o mapa temático da grade de pontos cotados citada anteriormente, com a sobreposição das curvas de nível e dos pontos de levantamento de campo. Nesta figura pode-se observar três pares de pontos registrados na cor verde (um dos pares no trecho 8 – Babilônia – Represa do 29, o outro no trecho 9 – Itaipu – SP/215 e o terceiro par no trecho 11 – Fazenda da Barra – Fazenda Copacabana). Os mesmos pontos encontram-se registrados na Tabela 14 mostrada anteriormente. Tratam-se de pontos que, no campo, situam-se em locais de declividade longitudinal acentuada. Decidiu-se, portanto, verificar a declividade através dos valores das cotas geradas pelo modelo digital do terreno e compará-las com os gradientes mostrados no mapa temático.

- Trecho 08 – Pontos A e B: sendo a distância entre os pontos estimada em aproximadamente 300 m, verifica-se que a declividade entre os pontos está em torno de 11,6%.

- Trecho 09 — Pontos 6 e 7: sendo a distância entre os pontos estimada em aproximadamente 200 m, verifica-se que a declividade entre os pontos está em torno de 10,4%.
- Trecho 11 — Pontos 6 e D: sendo a distância entre os pontos estimada em aproximadamente 600 m, verifica-se que a declividade entre os pontos está em torno de 13,2%.

Verificando-se esses mesmos pontos no mapa temático de gradientes, mostrado na Figura 94, observa-se que os pontos referentes ao trecho 09 situam-se na classe de declividade entre 0 e 3%, e os pontos dos trechos 08 e 11 situam-se na classe de declividade entre 3% e 8%, todos eles não representando a declividade real calculada através das cotas geradas pelo próprio modelo digital do terreno. Assim, pode-se dizer que o mapa temático obtido não está representando fielmente o relevo da área percorrida, e que, um melhor levantamento dos perfis dos trechos seria recomendado como etapa futura.

Ainda assim, cientes de que certas inconsistências possam ter ocorrido na determinação das cotas através do modelo digital do terreno, decidiu-se elaborar, com as cotas mostradas na Tabela 14, os respectivos perfis de cada trecho percorrido, mostrados a seguir. São apresentados também os intervalos de variação das cotas, obtidas através do receptor *GPS*, para cada ponto de inspeção no campo. Os perfis e os intervalos de variação das cotas estão apresentados na mesma seqüência em que foram percorridos no campo.

FIGURA 97 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 01: Varjão – Água Vermelha.

FIGURA 98 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 02: Varjão – Represa do 29.

FIGURA 99 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 03: Samambaia – Portal.

FIGURA 100 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 04: Varjão – Quinta da Felicidade – Portal.

FIGURA 101 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 05: Condomínio Samambaia.

FIGURA 102 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 06: Fazenda Canchim – Represa do 29.

FIGURA 103 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 07: Siltomac – Babilônia.

FIGURA 104 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 08: Babilônia – Represa do 29.

FIGURA 105 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 09: Itaipu – SP215.

FIGURA 106 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 09: Aparecidinha.

FIGURA 107 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 10: Represa do 29 – Fazenda da Barra.

FIGURA 108 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 11: Fazenda da Barra – Fazenda Copacabana.

FIGURA 109 – Perfil e variação das cotas segundo o receptor GPS, do trecho 12: Aeromodelismo – Bifurcação.

7.6 O procedimento de criação dos *slides*

O *software* utilizado como SIG-T nesta pesquisa, denominado *TransCAD*, apresenta também o potencial de inserção de imagens referentes aos registros existentes nas bases de dados, referido no programa como módulo “*Slide Show*”. Este módulo permite a criação de um *slide* escolhendo-se as várias imagens que se quer mostrar, e indicando-as na ordem a aparecerem, juntamente com o tempo que deverão ficar na tela (o tempo *default* é de 60 segundos).

Para a criação dos *slides* é necessário que as imagens estejam no formato *.bmp* (arquivo *bitmap*). A criação e/ou edição de um *slide show* é feita a partir do comando *Tools – Slide Show* da barra de ferramentas do *software*. Na Figura 110 observa-se a janela resultante da criação de um *slide show*, onde aparece o nome do arquivo (nesse caso, com extensão *.sli*), a lista de *slides* a serem mostrados, na seqüência desejada, o tempo em que cada *slide* ficará na tela (em segundos) e o nome de cada foto.

FIGURA 110 - Janela para criar um *slide show*.

Além da criação e edição do *slide show*, é necessário ligá-lo à sua respectiva base de dados, fazendo-se assim a correspondência atributo-imagem. Essa ligação é feita através de um *field*, no *dataview*, que em seu nome deve ter a palavra “*file*”, e que deve armazenar o nome do *slide* e o caminho para localizá-lo. Na Figura 111 observa-se um exemplo do *dataview* referente aos pontos de investigação de campo, onde consta um *field* referente aos *slides* (nesse caso denominado *foto_file*), armazenando o nome e o caminho do *slide show*, e tendo a palavra “*file*” em seu nome.

TRECHOS.ID	Longitude	Latitude	FOTO_FILE	ESTRADA	PONTO
46	-47886667	-21944528	c:\viviani\Slide\Ev5_4.sli	Condomínio Samambaia	5_4
42	-47874056	-21950722		Samambaia/Portal	3_9
48	-47881222	-21943972		Condomínio Samambaia	5_A
2	-47890139	-21930889	c:\viviani\Slide\Ev1_1.sli	Variação/Água Vermelha	1_1
34	-47884503	-21922770		Variação/Água Vermelha	1_1'
35	-47880472	-21923889		Quinta da Felicidade/Portal	4_1
3	-47881944	-21919444	c:\viviani\Slide\Ev1_2.sli	Variação/Água Vermelha	1_2
4	-47881167	-21918083	c:\viviani\Slide\Ev1_3.sli	Variação/Água Vermelha	1_3
5	-47879361	-21916194	c:\viviani\Slide\Ev1_4.sli	Variação/Água Vermelha	1_4
36	-47876611	-21919250	c:\viviani\Slide\Ev4_2.sli	Quinta da Felicidade/Portal	4_2
37	-47875111	-21917056		Quinta da Felicidade/Portal	4_3

FIGURA 111 - *Field* no *dataview* de uma base de dados, ligando os *slides* aos respectivos pontos.

Dispondo-se desse recurso no *software* foi possível introduzir imagens de todos os pontos investigados no campo, através de um *slide show*, sendo que em alguns pontos introduziu-se, inclusive, uma seqüência de imagens. Este recurso é bastante interessante, uma vez que permite introduzir a imagem do ponto percorrido no campo, juntamente com todas as características que constam dos atributos, e que também fazem parte do *dataview* da base de dados. Na Figura 112 tem-se um exemplo de um ponto levantado no campo (neste caso indicado pela cor vermelha) com seu respectivo *slide show*.

FIGURA 112 - *Slide show* de um dos pontos investigados no campo.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Um dos principais objetivos da pesquisa era verificar a viabilidade de utilização de um SIG como auxílio a um futuro sistema de gerência de manutenção de estradas não-pavimentadas, de forma a ser viável a uma possível implantação em administrações municipais (responsáveis pelas atividades de conservação dessas estradas), especialmente nas prefeituras de municípios de pequeno e médio porte. Isso foi motivado, principalmente, em função da situação alarmante das estradas não-pavimentadas, associada à potencialidade da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas.

Durante a apresentação do trabalho diversas conclusões já foram apresentadas. Nos itens a seguir, no entanto, procurou-se sintetizá-las, agrupando-as da seguinte forma:

8.1 Quanto ao levantamento dos dados

Já nas primeiras etapas da pesquisa observou-se a grande precariedade de informações, inclusive daquelas tidas como óbvias, como quanto à localização das estradas não-pavimentadas sob a jurisdição dos municípios e suas respectivas extensões, além da precariedade quanto à existência de registros (especialmente na forma de mapas) identificando as vias existentes. Inclusive, dos mapas existentes, as poucas informações constantes encontravam-se desatualizadas e/ou incorretas. Para agravar ainda mais a situação, havia mapas sem qualquer indicação de algum sistema de referência geográfica (sistema de coordenadas) e, às vezes, até mesmo sem escala. Isso exigiu um grande esforço para o levantamento dos dados básicos da área de estudo, incluindo até mesmo um trabalho

de apoio para a caracterização da rede municipal de estradas não-pavimentadas de São Carlos, desenvolvido por ODA (1995).

A ausência de cadastros e mapas com informações atualizadas, precisas e confiáveis levou a uma dificuldade adicional quando do levantamento de campo. Durante o percurso pelas estradas tinha-se muitas dificuldades na identificação real dos trechos. As diversas bifurcações e a ausência de manutenção das estradas, transformando-as na mesma categoria de simples acessos particulares ou ruas internas de plantações, dificultava em muito o trabalho. O auxílio de mapas (ainda que de informações limitadas), fotografias aéreas na escala 1:40.000 (obtidas para parte da área de pesquisa) e do receptor GPS (mostrando as coordenadas locais) serviram para auxiliar o levantamento de campo, não eliminando, no entanto, tantas dificuldades.

Quanto ao volume de tráfego, sendo este um dos fatores importantes na condição da via e um dos parâmetros que deve ser levado em conta em um programa de gerência de manutenção, e tendo sido o trabalho iniciado com um conhecimento apenas empírico das solicitações de tráfego ocorrentes nos trechos de levantamento de campo (tinha-se apenas uma idéia das estradas mais ou menos solicitadas), decidiu-se por conduzir um estudo para a determinação do volume de tráfego. O método do “veículo teste em movimento” apresentou várias incoerências, as quais foram atribuídas ao fato de se tratarem de vias de baixo volume de tráfego. Conduziu-se então a uma contagem manual na estrada Canchim – Represa do 29, onde foi estimado um volume de aproximadamente 350 veículos/dia, sendo a caracterização do tráfego com predominância de automóveis de passeio (embora com presença de ônibus, tratores, motos e caminhões). Neste caso a contagem manual foi realizada durante apenas um dia, não tendo sido possível analisar possíveis variações em função, por exemplo, da época de safra e entressafra, ou em função da influência do dia da semana, ou até mesmo variações em função das condições de trafegabilidade da via. No entanto, apesar dessas limitações, ainda assim foi possível se ter pelo menos uma idéia sobre a solicitação de tráfego na referida estrada. Neste ponto, inclusive, recomenda-se que levantamentos mais completos sejam efetuados nas estradas não-pavimentadas, com o objetivo de caracterizar com maior precisão seu volume de tráfego.

Outra constatação do trabalho foi quanto à variação das cotas fornecidas pelo receptor GPS, onde verificou-se que o intervalo de valores fornecidos é muito elevado para definir valores precisos de altitude do ponto inspecionado, não fornecendo assim informações precisas o suficiente para a definição do perfil do trecho percorrido. No entanto,

a obtenção de coordenadas na forma de latitude/longitude mostrou-se adequada para a finalidade proposta, apesar de sua limitada precisão horizontal.

8.2 Quanto ao manuseio do *software*

Para a entrada dos dados no sistema computacional, uma das dificuldades iniciais encontradas foi quanto à mudança de fuso do sistema de coordenadas UTM exatamente sobre a área do município de São Carlos, resultando com isso em valores de coordenadas não seqüenciais. No entanto, seguindo-se a recomendação da literatura técnica, para este caso foi possível superar tal dificuldade.

A entrada dos dados gráficos deu-se através do processo de digitalização, com mesa digitalizadora de tamanho A4. Diversos problemas referentes a distorções inerentes ao processo de reprodução dos mapas (fotocópia, heliografia) ou distorções devido a variações de temperatura e umidade obrigaram à utilização de mapas originais, o que muitas vezes dificultava a sua obtenção. Também, o tamanho reduzido da mesa digitalizadora obrigava a muitas emendas das áreas digitalizadas, o que levou a diversas perdas de dados armazenados, especialmente quando da transferência entre os *softwares AutoCAD e TransCAD*.

A versão inicial do *software TransCAD* em que se trabalhava, em formato *DOS*, bastante limitada, e a falta de clareza do seu manual técnico, levou a etapa do trabalho referente à entrada de dados e manuseio do *software* a um de tempo excessivo, muito além do programado. A situação só foi se modificar com a atualização do *software* para a versão “3.0 *for windows*”, a qual começou a ser utilizada no Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos em meados de 1997. Até esta época tinha-se conseguido obter apenas as bases de dados básicos (mesmo com todas as dificuldades já citadas), sem que nenhum manuseio de informações tivesse sido feito ainda. Com isso, pode-se afirmar sem qualquer dúvida, que se hoje se dispõe de todos os mapas temáticos resultantes do manuseio das informações, isso se deve primordialmente à disponibilidade da versão “3.0 *for windows*” do *software TransCAD*.

Com o manuseio do *software* e das bases de dados geradas foram obtidos mapas temáticos, através da sobreposição das bases de dados, ou através de consultas condicionadas, ou ainda através da interseção de condições, em que, através de perguntas inseridas no programa obtinham-se respostas, por meio de consultas aos registros gráficos e

atributos dos dados existentes nas bases de dados. Em virtude da enorme gama de possibilidades de consultas, e analisando-se os diversos mapas temáticos apresentados no trabalho, verifica-se que, uma vez superada a etapa de aquisição de informações e entrada de dados no *software*, o manuseio das informações propriamente dito oferece inúmeras possibilidades de análise, vindo a confirmar o grande potencial da tecnologia dos SIGs.

O módulo “*slide show*”, com o potencial de inserção de imagens referentes aos registros existentes nas bases de dados mostrou-se bastante interessante, uma vez que permite introduzir quaisquer imagens, facilitando a visualização de diferentes características do ponto em análise, sendo esta uma característica bastante interessante para a utilização dos SIGs em processos de gerência.

Foi obtido também, a partir de um módulo específico do *software*, o modelo digital do terreno. Neste ponto deve-se salientar, no entanto, que foram diversas as dificuldades inerentes a esta etapa do trabalho. Primeiro, foi a necessidade de um procedimento específico para lidar com a base de dados de curvas de nível, procedimento este que, função também do elevado número de dados, envolveu um tempo considerável. Além disso, foi necessário recorrer-se a um *hardware* de melhor desempenho (neste caso específico recorreu-se a um *Pentium 200 MHz*, com 128 *MBytes* de memória *RAM*), e que ainda assim, exigiu um tempo de processamento significativo (mais de 60 horas ininterruptas), sem levar em conta a memória de *hard disk* exigida (aproximadamente 800 *MBytes*).

Com o modelo digital do terreno, e portanto, com o mapa temático de declividades, foi possível observar, em alguns trechos, certa incoerência entre as declividades apresentadas pelos mapas temáticos e aquelas observadas durante o levantamento de campo. Sugere-se aqui, portanto, um futuro levantamento do perfil das estradas percorridas, para que tais incoerências possam ser analisadas, permitindo, até mesmo, verificar-se o quanto que um procedimento errado de manutenção (como o de patrolar a estrada, “enterrando” cada vez mais a superfície) pode interferir em sua configuração geral. De qualquer forma, pode-se afirmar que o mapa temático obtido para os gradientes não está representando fielmente o relevo da área percorrida, podendo ser um indício de que informações obtidas diretamente de um modelo digital do terreno não sejam recomendadas para a finalidade de indicar e/ou selecionar pontos para vistorias de campo.

8.3 Quanto à avaliação da superfície das vias

Quanto à avaliação da condição da superfície das vias (neste trabalho adotou-se o método desenvolvido pelo *U. S. Army Corps of Engineers*), em função dos tipos de defeitos e formas de sua ocorrência, fez-se necessária a introdução de alguns procedimentos, ressaltando-se:

- O levantamento da área dos buracos (em geral de forma elíptica) através da largura e comprimento e não do diâmetro, facilita em muito as medidas no campo, não fornecendo indícios, no entanto, de que se está introduzindo um erro significativo, mesmo porque, as dimensões *in loco* não são completamente bem definidas, e portanto, em qualquer das formas de medição, faz-se necessário uma aproximação de valores.
- Com relação à consideração do defeito ATOLEIRO, enquadrando-o como SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS ou BURACOS (em função de sua geometria no local), verifica-se que o método adotado apresenta deficiências frente aos defeitos comuns às condições locais. No entanto, embora considerando-se a necessidade de estudos específicos para a adequação do método, a introdução desse procedimento foi satisfatória, pois nos pontos em que isso ocorreu a classificação da via resultou representativa de sua condição local.
- A ocorrência de ravinas de erosões foram consideradas como BURACOS, uma vez que o método não faz qualquer menção a esse tipo de defeito. Neste caso, a decisão pela consideração do defeito como similar a um BURACO (e não como TRILHAS DE RODA, por exemplo) deu-se em função apenas da análise de um ponto de inspeção de campo, em que a classificação resultante foi mais condizente com a condição local quando da consideração do defeito como um BURACO.
- A ocorrência de SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS pode reduzir significativamente a largura da pista. O método, no entanto, não leva isso em conta, uma vez que recomenda apenas a medida do comprimento da berma formada. Assim, decidiu-se por levar em conta, para a seção inspecionada, apenas a largura trafegável da pista. Como a largura da via tem significativa interferência no cálculo do índice da condição, a classificação obtida nos casos em que ocorreu este fato foram condizentes com a condição local.
- Em muitos dos trechos percorridos, ao invés de simples buracos, verificava-se a presença de enormes depressões (muitas vezes, inclusive, completamente preenchidas com água). Nestes casos, considerou-se sempre esses defeitos como buracos, procedendo-se a medição de forma similar.

- Nos casos de buracos em forma de depressões, verificou-se ser de grande importância a avaliação de sua profundidade, pois seções de mesmas dimensões (largura e comprimento) mas com profundidades diferentes, podem afetar diferentemente o tráfego pelo local.
- Com relação à extrapolação das curvas acima dos limites máximos apresentados pelo método, tem-se consciência de que este foi um procedimento apenas paliativo. Neste aspecto, sugere-se um estudo detalhado da aplicação do método para as diferentes condições de defeitos locais, verificando-se os limites máximos de densidade para cada defeito nessa situação.
- Dos 13 pontos em que a densidade dos buracos resultou acima do limite máximo apresentado pelo método (limite de 50%) tem-se que em 12 dos pontos havia ocorrência de grandes depressões e em um dos pontos ocorriam ravinas de erosão. Em ambos os casos, tais defeitos foram considerados como buracos, tendo seus valores adicionados.
- Com respeito ao ponto em que se obteve um valor de densidade de buracos igual a 153,9% (o qual encontrava-se com a superfície completamente preenchida com água), esse aspecto merece aqui três considerações:
 - Os valores para o cálculo da densidade foram estimados através da imagem da filmadora, tomando-se como base a largura conhecida da estrada. Assim, é possível que os valores tenham sido mal estimados, resultando com isso em um valor irreal de densidade;
 - O defeito corresponde a depressões que ocupam praticamente toda a área da seção de estudo, e sendo assim, as depressões foram consideradas como buracos;
 - Quando os buracos apresentam dimensões maiores que 1 m^2 , e portanto necessitam da aplicação do fator de equivalência, os números resultantes são bastante elevados, especialmente no caso das depressões (consideradas como buracos de significativas dimensões). Sendo a equivalência elevada, evidentemente a densidade também resultará elevada.
- Os defeitos SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA e DRENAGEM LATERAL INADEQUADA foram críticos em praticamente todos os trechos inspecionados, sendo eles, basicamente, a causa de formação dos outros defeitos. E ainda, esses defeitos devem ser avaliados com bastante critério, pois influenciam significativamente no cálculo do índice *URCI*.

- Analisando-se todas as fichas de inspeção de campo é possível observar que os principais fatores que propiciam uma classificação como “muito ruim” ou “reprovada” são: presença de depressões, presença de segregação de agregados (com conseqüente redução na largura da via), vias com reduzida largura, presença de atoleiros e presença de ravinas de erosões.
- E finalmente, dentre as inspeções de campo realizadas e analisando-se suas respectivas imagens, verifica-se que as classificações resultantes parecem coerentes com a situação local, exceto para o trecho 7 (Siltomac – Babilônia), em que as classificações parecem pessimistas. Pode-se observar que isto se deve ao fato de que no momento da vistoria as depressões existentes não se encontravam completamente preenchidas com água. No entanto, sua existência tinha características críticas de dimensões (constatadas no índice *URCI*), e embora aparentemente a via estivesse em melhores condições que sua classificação indica, uma simples ocorrência de chuva poderia tornar o trecho completamente precário. Portanto, mesmo nesses casos a classificação parece estar coerente.

8.4 Principais conclusões

Como principais conclusões pode-se afirmar que:

Em relação ao Sistema de Informação Geográfica, apesar das inúmeras dificuldades iniciais, a recente versão “*for windows*” do *software* facilitou em muito o manuseio das informações, permitindo a obtenção de resultados que tornam a tecnologia, realmente, como bastante promissora para uma futura utilização em um sistema de gerência de manutenção.

Os defeitos das estradas rurais não-pavimentadas ocorrem principalmente devido a um sistema de drenagem insuficiente, quando não inexistente, e à precariedade dos trabalhos de manutenção, que agrava significativamente a situação dessas vias.

O levantamento das condições das estradas é de fundamental importância. No entanto, o método adotado necessita de estudos específicos para sua adequação aos defeitos e formas de ocorrência para as condições locais. Outra perspectiva promissora para a análise da condição da via é quanto à utilização da tecnologia de sensoriamento remoto. Também, a utilização da tecnologia dos sistemas de posicionamento por satélite (GPS) deve ser melhor investigada como auxílio aos levantamentos de campo.

A ausência de trabalhos na bibliografia técnica consultada relacionando os Sistemas de Informações Geográficas com a gerência da manutenção das estradas não-pavimentadas, e as diversas dificuldades encontradas durante as várias etapas da pesquisa dão indícios de que esta é uma linha de pesquisa que merece muita atenção dos técnicos; este trabalho pode ser considerado apenas como introdutório na área.

E finalmente, um Sistema de Informação Geográfica como apoio a um sistema de gerência de manutenção, permitindo grande possibilidade de armazenamento e manuseio das diversas informações constantes nas bases de dados, de forma a auxiliar o programa de manutenção e a utilização dos diversos recursos (materiais, equipamentos e mão-de-obra) pode facilitar em muito os responsáveis pela manutenção da rede viária não-pavimentada.

ANEXO

FICHAS DE INSPEÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS, COM O CÁLCULO DO ÍNDICE *URCI* E RESPECTIVA CLASSIFICAÇÃO.

SEQÜENCIA DE APRESENTAÇÃO:	PÁGINAS
• Varjão - Água Vermelha	205 a 211
• Varjão - Represa do 29	212 a 221
• Samambaia – Portal	222 a 224
• Varjão - Quinta da Felicidade – Portal	225 a 227
• Condomínio Samambaia	228 a 229
• Canchim - Represa do 29	230 a 235
• Siltomac – Babilônia	236 a 238
• Babilônia - Represa do 29	239 a 246
• Condomínio Itaipu - SP-215 + Aparecidinha	247 a 256
• Represa do 29 - Fazenda da Barra	257 a 258
• Fazenda da Barra - Fazenda Copacabana	259 a 266
• Aeromodelismo – Bifurcação	267 a 268

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha			Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 07		Trecho: 01			
Distância do início (m): 900			Condições climáticas: Ensolarado					
Distância do ponto anterior (m): 900(início)								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 51,2"			W = 47° 53' 24,5"			Ponto: 1_1		
Altitude (m): 823 ± 45			Largura (m): 9,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m ²): 285					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal: 1%					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m ²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m ²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B			266	X	2		
	M	20	30					
	A	10	30			3,7		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	7	M	6,5					
1	3,5	A	5					
2	10,5	M	7,3					
2	10,5	A	10					
3	93,3	B	32,2					
4	--	B	2					
5	0,7	B	1,4					
5	1,3	A	12					
TDV: 76,4	q: 06	URCI: 64	Classificação: BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha		Extensão (m): 5.650		Data: 04/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 02				
Distância do início (m): 2.500		Condições climáticas: Ensolarado						
Distância do ponto anterior (m): 1.600								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 10"		W = 47° 52' 55"		Ponto: 1_2				
Altitude (m): 804 ± 52		Largura (m): 6,10						
Comprimento da unidade amostral (m): 31		Área da seção (m²): 189,1						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X			
	M							30
	A	31	62					30
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	16,7	A	20,2					
2	32,8	A	26,8					
4	--	B	2					
7	15,9	M	13					
7	15,9	A	18					
TDV: 80	q: 04	URCI: 54	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha		Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 03				
Distância do início (m): 2.650		Condições climáticas: Ensolarado						
Distância do ponto anterior (m): 150								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 05,1"		W = 47° 52' 52,2"		Ponto: 1_3				
Altitude (m): 664 ± 150		Largura (m): 5,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 275						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal: 1%						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (nº)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X			25
	M		30					20
	A	50	70			11,5		55
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,2	A	22,2					
2	10,9	M	8					
2	25,5	A	21,8					
4	--	B	2					
5	4,2	A	29					
7	9,1	B	5					
7	7,3	M	7,2					
7	20	A	21					
TDV: 116,2	q: 07	URCI: 43	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha				Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 07		Trecho: 04		
Distância do início (m): 3.000				Condições climáticas: Ensolarado				
Distância do ponto anterior (m): 350								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 58,3"				W = 47° 52' 45,7"		Ponto: 1_4		
Altitude (m): 739 ± 60				Largura (m): 7,00 (4,00m trafegável)				
Comprimento da unidade amostral (m): 50				Área da seção (m²): 200				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal: 0,5%				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100			1		150
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25	A	28,2	Para os cálculos				
2	50	A	38,1	utilizou-se a				
5	0,5	A	6	largura trafegável.				
7	75	A	49					
TDV: 121,3		q: 04	URCI: 30	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha		Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 05				
Distância do início (m): 4.400		Condições climáticas: Ensolarado						
Distância do ponto anterior (m): 1.400								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 19,2"		W = 47° 52' 17,1"		Ponto: 1_5				
Altitude (m): 877 ± 52		Largura (m): 5,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 275						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal: 1%						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS 1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B		20					
	M	10	30				34	
	A	40	50				62	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	3,6	M	3,5	Ponto próximo à uma represa.				
1	14,5	A	18,5					
2	7,3	B	3,2					
2	10,9	M	10,3					
2	18,2	A	16,3					
6	12,4	M	19,5					
6	22,5	A	29					
TDV: 100,3	q: 05	URCI: 47	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha		Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 06				
Distância do início (m): 4.900		Condições climáticas: Ensolarado						
Distância do ponto anterior (m): 500								
Localização início estrada: SP-318, defronte o Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 09,2"		W = 47° 52' 10,4"		Ponto: 1_6				
Altitude (m): 754 ± 45		Largura (m): 4,60						
Comprimento da unidade amostral (m): 35		Área da seção (m²): 161,0						
Drenagem lateral: S () N (X)								
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X			20
	M							
	A	35	70				84,5	35
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	21,7	A	25,5					
2	43,5	A	34					
4	--	B	2					
6	52,5	A	40,5					
7	12,4	B	6,8					
7	21,7	A	22,2					
TDV: 131	q: 05	URCI: 32	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Água Vermelha			Extensão (m): 5.650		Data: 03/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 07		Trecho: 07			
Distância do início (m): 5.350			Condições climáticas: Ensolarado					
Distância do ponto anterior (m): 450								
Localização início estrada: SP-318, defronte Bar Tutóia do Vale.								
Coordenadas trecho: S = 21° 53' 54,1"			W = 47° 52' 03,4"			Ponto: 1_7		
Altitude (m): 854 ± 150			Largura (m): 4,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 40			Área da seção (m²): 160,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal: 10,5%					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS 1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							20
	A	40	80				45	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito		Densidade		Severidade		DV		Anotações
1		25		A		28,2		
2		50		A		38,1		
6		28,1		A		31,5		
7		12,5		M		11		
TDV: 108,8		q: 04		URCI: 37		Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29		Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 09		Trecho: 01				
Distância do início (m): 600		Condições climáticas: Chuva dia anterior						
Distância do ponto anterior (m): 600(início)								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 22,7"		W = 47° 51' 59,3"		Ponto: 2_1				
Altitude (m): 742 ± 150		Largura (m): 4,30						
Comprimento da unidade amostral (m): 35		Área da seção (m²): 150,5						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	35	35				20,68	11
	A		35				17,05	32,5
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	23,3	M	19,5					
2	23,3	M	16					
2	23,3	A	20					
6	13,74	M	20,8					
6	11,33	A	19,9					
7	7,3	M	7,3					
7	21,6	A	22,2					
TDV: 125	q: 07	URCI: 38	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29		Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 09		Trecho: 02				
Distância do início (m): 1.100		Condições climáticas: Chuva no dia anterior						
Distância do ponto anterior (m): 500								
Localização início estrada: Bifurcação c/ a estrada Varjão/Água Vermelha								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 33,2"		W = 47° 51' 42,3"		Ponto: 2_2				
Altitude (m): 786 ± 69		Largura (m): 4,20						
Comprimento da unidade amostral (m): 41		Área da seção (m²): 172,2						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B					1		
	M					2	3	
	A	41	82			14,47	11	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	23,8	A	27,3					
2	47,6	A	36,8					
5	0,6	B	1					
5	1,2	M	3,2					
5	8,4	A	39					
6	1,74	M	33					
6	6,4	A	9,8					
TDV: 102,4	q: 04	URCI: 30	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29				Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 09		Trecho: 03		
Distância do início (m): 1.300				Condições climáticas: Chuva no dia anterior				
Distância do ponto anterior (m): 200								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 37,5"				W = 47° 51' 37,4"		Ponto: 2_3		
Altitude (m): 784 ± 150				Largura (m): 5,00				
Comprimento da unidade amostral (m): 43,5				Área da seção (m²): 217,5				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M						12,1	5
	A	43,5	87				41,4	10
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	20	A	24					
2	40	A	31,5					
6	5,6	M	10,2					
6	19	A	27					
7	2,3	M	2,3					
7	4,6	A	6,2					
TDV: 101,2	q: 05	URCI: 47	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29			Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 09		Trecho: 04			
Distância do início (m): 3.050			Condições climáticas: Chuva no dia anterior					
Distância do ponto anterior (m): 1750								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 13,4"			W = 47° 50' 43,9"			Ponto: 2_B		
Altitude (m): 793 ± 48			Largura (m): 6,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 195					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			300		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	15,4	A	19,5	Avaliação feita a				
2	30,8	A	25,5	partir da imagem				
5	153,9	A	115	obtida pela				
				filmadora				
TDV: 160	q: 03	URCI: 09	Classificação: REPROVADA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29				Extensão (m): 6.600		Data: 11/10/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 09		Trecho: 05		
Distância do início (m): 3.100				Condições climáticas: Chuva no dia anterior				
Distância do ponto anterior (m): 50								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 13"				W = 47° 50' 42,1"		Ponto: 2_C		
Altitude (m): 760 ± 81				Largura (m): 7,50				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 225				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)				
				2- Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3- Corrugações/ Ondulações (m²)				
				4- Poeira				
				5- Buracos (nº)				
				6- Trilhas de Rodas (m²)				
				7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M			20		2	22	10
	A	30	60				44	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	13,33	A	17					
2	26,67	A	22,5					
3	8,9	M	7,5					
5	0,89	M	2,5					
6	9,78	M	16,5					
6	19,56	A	27,5					
7	4,44	M	4,5					
TDV: 98	q: 05	URCI: 48	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29			Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 09		Trecho: 06			
Distância do início (m): 3.150			Condições climáticas: Chuva no dia anterior					
Distância do ponto anterior (m): 50								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 13,4"			W = 47° 50' 40,9"			Ponto: 2_4		
Altitude (m): 685 ± 73			Largura (m): 6,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 35			Área da seção (m²): 227,5					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	5					19,2	
	A	30	41,5			2		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	2,2	M	2					
1	13,2	A	17					
2	18,2	A	16,5					
2	12,5	M	9					
5	0,9	A	9					
6	8,4	M	15					
TDV: 68,5	q: 05	URCI: 66	Classificação: BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa 29				Extensão (m): 6.600		Data: 11/10/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 09		Trecho: 06		
Distância do início (m): 3.150				Condições climáticas: Chuvas no dia anterior.				
Distância do ponto anterior (m): 50								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 13,4"				W = 47° 50' 40,9"		Ponto: 2_4'		
Altitude (m): 685 ± 73				Largura (m): 6,50				
Comprimento da unidade amostral (m): 35				Área da seção (m²): 227,5				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)				
				2- Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3- Corrugações/ Ondulações (m²)				
				4- Poeira				
				5- Buracos (nº)				
				6- Trilhas de Rodas (m²)				
				7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	35	70			175,3		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	15,4	A	19,5	Ponto repetido em				
2	30,8	A	25,5	época diferente.				
5	77	A	96					
TDV: 141	q: 03	URCI: 16	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29				Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 09		Trecho: 07		
Distância do início (m): 4.350				Condições climáticas: Chuva no dia anterior.				
Distância do ponto anterior (m): 1.200								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 27,3"				W = 47° 50' 07,3"		Ponto: 2_5		
Altitude (m): 683 ± 86				Largura (m): 6,80				
Comprimento da unidade amostral (m): 32				Área da seção (m²): 217,6				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)				
				2- Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3- Corrugações/ Ondulações (m²)				
				4- Poeira				
				5- Buracos (n°)				
				6- Trilhas de Rodas (m²)				
				7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M		12					
	A	32	52				38,1	80
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	14,7	A	18,8					
2	5,5	M	04					
2	23,9	A	20,2					
6	17,5	A	26,2					
7	36,8	A	30,8					
TDV: 100	q: 04	URCI: 42	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29			Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 09		Trecho: 08			
Distância do início (m): 5.150			Condições climáticas: Chuva no dia anterior.					
Distância do ponto anterior (m): 800								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 35"			W = 47° 49' 32,7"			Ponto: 2_6		
Altitude (m): 695 ± 57			Largura (m): 3,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 47			Área da seção (m²): 141					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (nº)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	47	94					94
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	33,3	A	34					
2	66,7	A	49,5					
7	66,7	A	45					
TDV: 128,5	q: 03	URCI: 22	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Varjão – Represa do 29				Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 09		Trecho: 09		
Distância do início (m): 6.350				Condições climáticas: Chuva no dia anterior.				
Distância do ponto anterior (m): 1.200								
Localização início estrada: Bifurcação com a estrada Varjão/Água Vermelha.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 51"				W = 47° 49' 03"		Ponto: 2_7		
Altitude (m): 711 ± 150				Largura (m): 8,00				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 240				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)				
				2- Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3- Corrugações/ Ondulações (m²)				
				4- Poeira				
				5- Buracos (n°)				
				6- Trilhas de Rodas (m²)				
				7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B					02		
	M	5	30					
	A	25	30			43,64		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	2,1	M	02					
1	10,4	A	13,5					
2	12,5	M	9					
2	12,5	A	12					
5	0,8	B	1,8					
5	18,2	A	52					
TDV: 90,3	q: 04	URCI: 53	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Samambaia - Portal		Extensão (m): 3.900		Data: 24/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 03		Trecho: 01				
Distância do início (m): 450		Condições climáticas: Semana com chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 450(início)								
Localização início estrada: Estrada para Condomínio Samambaia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 56,6"		W = 47° 53' 10,2"		Ponto: 3_2				
Altitude (m): 1.008 ± 95		Largura (m): 6,30						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 189						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (nº)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B					3		5
	M	10	18,5			9		5
	A	20	35			21,67		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	5,3	M	5					
1	10,6	A	14					
2	9,8	M	7					
2	18,5	A	16,8					
5	1,6	B	3,0					
5	4,8	M	14					
5	11,5	A	43,3					
7	2,6	B	1,8					
7	2,6	M	2,8					
TDV: 107,7	q: 06	URCI: 47	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Samambaia - Portal				Extensão (m): 3.900		Data: 24/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 03		Trecho: 02		
Distância do início (m): 800				Condições climáticas: Semana com chuvas esparsas				
Distância do ponto anterior (m): 350								
Localização início estrada: Estrada para Condomínio Samambaia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 55"				W = 47° 52' 56,6"		Ponto: 3_3		
Altitude (m): 882 ± 73				Largura (m): 6,50				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 195				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B		10					
	M	28	40				20	8
	A		10			3,4		13,5
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	14,4	M	12,9					
2	5,1	B	2,5					
2	20,5	M	14,3					
2	5,1	A	5,3					
5	1,7	A	17					
6	10,3	M	17					
7	4,1	M	4,1					
7	6,9	A	9					
TDV: 82,1	q: 06	URCI: 61	Classificação: BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Samambaia - Portal				Extensão (m): 3.900		Data: 31/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 03		Trecho: 03		
Distância do início (m): 3.400				Condições climáticas: Semana sem chuvas .				
Distância do ponto anterior (m): 2.600								
Localização início estrada: Estrada para Condomínio Samambaia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 42,4"				W = 47° 52' 18,7"		Ponto: 3_7		
Altitude (m): 846 ± 42				Largura (m): 6,80				
Comprimento da unidade amostral (m): 42				Área da seção (m²): 285,6				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X			
	M	10	42					
	A	32	42	25		46,21		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	3,5	M	3,5					
1	11,2	A	15					
2	14,7	M	10,1					
2	14,7	A	13,2					
3	8,8	A	10					
4	--	B	02					
5	16,2	A	49,5					
TDV: 103,3	q: 05	URCI: 46	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Quinta da Felicidade - Portal		Extensão (m): 3.900		Data: 31/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 03		Trecho: 01				
Distância do início (m): 1.000		Condições climáticas: Semana sem chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 1.000								
Localização início estrada: Entrada para a Quinta da Felicidade, próximo ao Desafio Jovem.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 09,3"		W = 47° 52' 35,8"		Ponto: 4_2				
Altitude (m): 786 ± 146		Largura (m): 3,20						
Comprimento da unidade amostral (m): 51		Área da seção (m²): 163,2						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	7,0	22					
	A	44	30			46,4	35,9	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	4,3	M	4,5					
1	27	A	30					
2	13,5	M	10					
2	49	A	37,5					
5	28,4	A	63,5					
6	22	A	28,8					
TDV: 174,3	q: 05	URCI: 13	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Quinta da Felicidade - Portal		Extensão (m): 3.900		Data: 31/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 03		Trecho: 02				
Distância do início (m): 2.300		Condições climáticas: Semana sem chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 1.300								
Localização início estrada: Entrada para a Quinta da Felicidade, próximo ao Desafio Jovem.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 35,8"		W = 47° 52' 26,5"		Ponto: 4_4				
Altitude (m): 730 ± 200		Largura (m): 4,00						
Comprimento da unidade amostral (m): 40		Área da seção (m ²): 160						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS						
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); margin-right: 10px;">segregação</div> </div>		1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m ²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m ²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80					120
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25	A	28,4	Ponto defronte a				
2	50	A	38,1	Chácara São Luiz.				
7	75	A	49					
TDV: 115,5	q: 03	URCI: 28	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Quinta da Felicidade - Portal		Extensão (m): 3.900		Data: 31/05/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 03		Trecho: 03				
Distância do início (m): 2.500		Condições climáticas: Semana sem chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 200								
Localização início estrada: Entrada para a Quinta da Felicidade, próximo ao Desafio Jovem.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 41,7"		W = 47° 52' 26,1"		Ponto: 4_5				
Altitude (m): 790 ± 130		Largura (m): 3,0 () 6,5 (total)						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 150						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80					150
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	33,3	A	34,2					
2	66,7	A	49,5					
7	100	A	61					
TDV: 144,7	q: 03	URCI: 15	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Condomínio Samambaia		Extensão (m): 1.150		Data: 11/10/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 02		Trecho: 01				
Distância do início (m): 200		Condições climáticas: Chuva noite anterior						
Distância do ponto anterior (m): 200 (início)								
Localização início estrada: Término do asfalto da avenida do Condomínio Samambaia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 54,8"		W = 47° 53' 13,5"		Ponto: 5_3				
Altitude (m): 986 ± 93		Largura (m): 3,00						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 150,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100			32,7		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	33,3	A	34					
2	66,7	A	49,5					
5	21,8	A	56,2					
TDV: 139,7	q: 03	URCI: 17	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Condomínio Samambaia				Extensão (m): 1.150		Data: 11/10/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 02		Trecho: 02		
Distância do início (m): 600				Condições climáticas: Chuva noite anterior				
Distância do ponto anterior (m): 400								
Localização início estrada: Término do asfalto da avenida do Condomínio Samambaia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 41,2"				W = 47° 53' 13,2"		Ponto: 5_4		
Altitude (m): 691 ± 79				Largura (m): 4,00				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 160				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)				
				2- Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3- Corrugações/ Ondulações (m²)				
				4- Poeira				
				5- Buracos (nº)				
				6- Trilhas de Rodas (m²)				
				7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	10	40					
	A	30	40			32,7	7	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	6,3	M	06					
1	18,8	A	23					
2	25	M	17					
2	25	A	21,5					
5	20,4	A	54,5					
6	4,4	A	13					
TDV: 135	q: 06	URCI: 34	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Cachim – Represa do 29		Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 06		Trecho: 01				
Distância do início (m): 1.000		Condições climáticas: Dia após chuva						
Distância do ponto anterior (m): 1000(início)								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Cachim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 40,5''		W = 47° 51' 20''		Ponto: 6_1				
Altitude (m):		Largura (m): 6,00 m						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m ²): 180 m ²						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m ²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m ²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	30						
	A		60			1		40
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	16,7	M	14,5					
2	33,3	A	27,2					
5	0,56	A	6					
7	22,2	A	22,8					
TDV: 70,5	q: 04	URCI: 60	Classificação: BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Canchim – Represa do 29		Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 06		Trecho: 02				
Distância do início (m): 1.900		Condições climáticas: Dia após chuva						
Distância do ponto anterior (m): 900								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 14,2"		W = 47° 51' 07,2"		Ponto: 6_2				
Altitude (m): 855 ± 55		Largura (m): 7,00						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 210						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
<p>acúmulo de água</p>		1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	5						
	A	25	60			65,38	15	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	2,4	M	2,5					
1	11,9	A	15,5					
2	28,6	A	24					
5	31,1	A	66					
6	7,1	A	17					
TDV: 125	q: 04	URCI: 28	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Canchim – Represa do 29			Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 06		Trecho: 03			
Distância do início (m): 3.700			Condições climáticas: Dia após chuva					
Distância do ponto anterior (m): 1.800								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 21,1"			W = 47° 50' 42,4"			Ponto: 6_3		
Altitude (m): 912 ± 54			Largura (m): 6,20					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 186,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (n°)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			122,5		20
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	16,1	A	20,2					
2	32,3	A	26,5					
5	65,9	A	93					
7	10,8	A	13,3					
TDV: 153	q: 04	URCI: 14	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Canchim – Represa do 29			Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 06		Trecho: 04			
Distância do início (m): 4.600			Condições climáticas: Dia após a chuva					
Distância do ponto anterior (m): 900								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 5,6' 12,4"			W = 47° 50' 11,7"			Ponto: 6_4		
Altitude (m): 795 ± 46			Largura (m): 6,70					
Comprimento da unidade amostral (m): 35			Área da seção (m²): 234,5					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS					
			1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (nº)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	35	70			110,1		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	14,9	A	19					
2	29,9	A	25					
5	46,95	A	79,8					
TDV: 123,8	q: 03	URCI: 24	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Canchim – Represa do 29		Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 06		Trecho: 05				
Distância do início (m): 6.600		Condições climáticas: Dia após chuva						
Distância do ponto anterior (m): 2.000								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 35"		W = 47° 49' 26,6"		Ponto: 6_6				
Altitude (m): 813 ± 57		Largura (m): 6,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 195						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	10	30			32		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	5,13	A	7					
2	15,38	A	14					
5	16,41	A	50					
TDV: 71	q: 03	URCI: 56	Classificação: BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Cachim – Represa do 29			Extensão (m): 8.200		Data: 11/10/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 06		Trecho: 06			
Distância do início (m): 7.400			Condições climáticas: Dia após a chuva					
Distância do ponto anterior (m): 800								
Localização início estrada: Término do asfalto da Rod. Guilherme Scatena, próximo à Faz. Cachim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 10,7"			W = 47° 49' 10,6"			Ponto: 6_5		
Altitude (m): 651 ± 73			Largura (m): 8,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 255,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (nº)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B			8				
	M							
	A	30	60			92,7		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	11,76	A	15,5					
2	23,53	A	20,2					
3	3,14	B	2,2					
5	36,35	A	71,1					
TDV: 109	q: 03	URCI: 32	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Siltomac - Babilônia			Extensão (m): 5.300		Data: 30/01/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 03		Trecho: 01			
Distância do início (m): 700			Condições climáticas: Semana de muita chuva.					
Distância do ponto anterior (m): 700 (início)								
Localização início estrada: Defronte à empresa Siltomac, junto à igreja de Santo Antônio.								
Coordenadas trecho: S = 22° 01' 55,4"			W = 47° 50' 22,6"			Ponto: 7_1		
Altitude (m): 1.224 ± 150			Largura (m): 4,70					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 141					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (nº)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M					05		
	A	30	60			46,77		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	21,3	A	25,5					
2	42,6	A	33					
5	3,5	M	10					
5	33,2	A	68,5					
TDV: 137	q: 04	URCI: 22	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Siltomac – Babilônia		Extensão (m): 5.300		Data: 30/01/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 03		Trecho: 02				
Distância do início (m): 1.400		Condições climáticas: Semana de muita chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 700								
Localização início estrada: Defronte à empresa Siltomac, junto à igreja de Santo Antônio.								
Coordenadas trecho: S = 22° 01' 42,2"		W = 47° 50' 0,4"		Ponto: 7_2				
Altitude (m): 826 ± 95		Largura (m): 4,60						
Comprimento da unidade amostral (m): 35		Área da seção (m²): 161						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	35	70			172,3		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	21,74	A	26					
2	43,48	A	34					
5	100	A	105					
TDV: 165	q: 03	URCI: 07	Classificação: REPROVADA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Siltomac - Babilônia			Extensão (m): 5.300		Data: 30/01/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 03		Trecho: 03			
Distância do início (m): 4.400			Condições climáticas: Semana de muita chuva.					
Distância do ponto anterior (m): 3.000								
Localização início estrada: Defronte à empresa Siltomac, junto à igreja de Santo Antônio.								
Coordenadas trecho: S = 22° 00' 07,3"			W = 47° 49' 34,2"			Ponto: 7_3		
Altitude (m): 407 ± 40			Largura (m): 5,40					
Comprimento da unidade amostral (m): 40			Área da seção (m²): 216					
Drenagem lateral: S () N ()			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	75			153		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,5	A	22,5					
2	34,7	A	28					
5	70,8	A	94					
TDV: 144,5	q: 03	URCI: 15	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29				Extensão (m): 11.800		Data: 30/01/97		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 08		Trecho: 01		
Distância do início (m): 3.000				Condições climáticas: Semana de muita chuva.				
Distância do ponto anterior (m): 3.000								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 59' 18"				W = 47° 47' 42"		Ponto: 8_8		
Altitude (m): 680 ± 90				Largura (m): 5,20				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 156				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M		30					
	A	30	30					50
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	19,2	A	23	Os atoleiros foram considerados segregação.				
2	19,2	M	17					
2	19,2	A	14					
7	32	A	28					
TDV: 82	q: 04	URCI: 53	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29		Extensão (m): 11.800		Data: 30/01/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 08		Trecho: 02				
Distância do início (m): 5.400		Condições climáticas: Semana de muita chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 2.400								
Localização início estrada: Término da asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 58' 11,3"		W = 47° 48' 06,1"		Ponto: 8_7				
Altitude (m): 616 ± 95		Largura (m): 5,20						
Comprimento da unidade amostral (m): 35		Área da seção (m²): 182						
Drenagem lateral: S () N ()		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							30
	A	35	70				53	35
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	19,2	A	23	Ponto defronte à				
2	38,5	A	30,5	Estação Floresta.				
6	29,1	A	32					
7	16,5	M	13					
7	19,2	A	20,5					
TDV: 119	q: 05	URCI: 38	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29			Extensão (m): 11.800		Data: 30/01/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 03			
Distância do início (m): 7.800			Condições climáticas: Semana de muita chuva.					
Distância do ponto anterior (m): 2.400								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Faz. Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 58,7"			W = 47° 48' 34,3"			Ponto: 8_6		
Altitude (m): 791 ± 83			Largura (m): 6,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 180					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			184,6		18
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	16,7	A	21					
2	33,3	A	27					
5	100	A	100					
7	10	A	13					
TDV: 161	q: 04	URCI: 12	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29				Extensão (m): 11.800		Data: 27/12/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 08		Trecho: 04		
Distância do início (m): 8.300				Condições climáticas: Três dias após chuva.				
Distância do ponto anterior (m): 800								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 42,7"				W = 47° 48' 29,6"		Ponto: 8_5		
Altitude (m): 792 ± 59				Largura (m): 7,00				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 210				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			178		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito		Densidade	Severidade	DV	Anotações			
1		14,3	A	18				
2		28,6	A	24				
5		84,8	A	98				
TDV: 140		q: 03	URCI: 17	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29		Extensão (m): 11.800		Data: 27/12/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 08		Trecho: 05				
Distância do início (m): 9.100		Condições climáticas: Três dias após chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 800								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Faz. Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 20,4"		W = 47° 48' 35,2"		Ponto: 8_4				
Altitude (m): 698 ± 150		Largura (m): 6,70						
Comprimento da unidade amostral (m): 40		Área da seção (m²): 268						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							36
	A	40	80			284,6		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	14,9	A	19					
2	29,9	A	25					
5	100	A	100					
7	13,4	M	12					
TDV: 156	q: 04	URCI: 13	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29		Extensão (m): 11.800		Data: 27/12/96				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 08		Trecho: 06				
Distância do início (m): 10.700		Condições climáticas: Três dias após chuva.						
Distância do ponto anterior (m): 1.600								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 28,8"		W = 47° 48' 46"		Ponto: 8_3				
Altitude (m): 736 ± 82		Largura (m): 6,00						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 180						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (nº)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	20	40					
	A	10	20			73,8		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	11,1	M	10					
1	5,6	A	8					
2	22,2	M	15					
2	11,1	A	11					
7	41	A	75					
TDV: 119	q: 05	URCI: 37	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29			Extensão (m): 11.800		Data: 27/12/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 07			
Distância do início (m): 11.000			Condições climáticas: Três dias após chuva.					
Distância do ponto anterior (m): 300								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 15,8"			W = 47° 48' 53,1"			Ponto: 8_2		
Altitude (m): 781 ± 150			Largura (m): 7,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 40			Área da seção (m²): 300					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (nº)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80			275,3		10
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	13,3	A	17					
2	26,7	A	22,5					
5	91,8	A	99					
7	3,33	A	4,5					
TDV: 143		q: 03	URCI: 16	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Babilônia – Represa do 29			Extensão (m): 11.800		Data: 27/12/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 08			
Distância do início (m): 11.700(≈100m do bar do 29)			Condições climáticas: Três dias após a chuva					
Distância do ponto anterior (m): 700								
Localização início estrada: Término do asfalto da estrada da Babilônia.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 55,9"			W = 47° 48' 56,6"			Ponto: 8_1		
Altitude (m): 794 ± 150			Largura (m): de 10,30 à 5,80					
Comprimento da unidade amostral (m): 38			Área da seção (m²): 304					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS					
			1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	38	76			307,8		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	12,5	A	16	Área da seção				
2	25	A	21	calculada pela				
5	100	A	100	média da largura				
				(8,00 m)				
TDV: 137	q: 03	URCI: 18	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215		Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 01				
Distância do início (m): 2.200		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 2200(início)								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 03' 21"		W = 47° 47' 8,0"		Ponto: 9_1				
Altitude (m): 1.013 ± 150		Largura (m): 5,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m ²): 165,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m ²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m ²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60		45,5			20
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,2	A	22					
2	36,4	A	29,5					
5	27,6	A	62,5					
7	12,1	A	15					
TDV: 129	q: 04	URCI: 26	Classificação: RUIM

FEB 20 97
PM 1:00

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215		Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 02				
Distância do início (m): 2.700		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 500								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 03' 22,6"		W = 47° 46' 54"		Ponto: 9_2				
Altitude (m): 1.000 ± 82		Largura (m): 5,40						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 162,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	30	60			21,6		23
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,5	A	22,5	Atoleiro foi considerado como segregação.				
2	37	A	30					
5	13,3	A	46					
7	14,2	A	16,5					
TDV: 115	q: 04	URCI: 33	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215		Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 03				
Distância do início (m): 4.700		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 2.000								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 02' 29,5"		W = 47° 46' 9,5"		Ponto: 9_3				
Altitude (m): 994 ± 150		Largura (m): 4,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 45		Área da seção (m ²): 202,5						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m ²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m ²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	45	90			59,3	90,9	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	22,2	A	26					
2	44,4	A	34,5					
5	29,3	A	64,5					
6	44,9	A	38					
TDV: 163	q: 04	URCI: 11	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215			Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 07		Trecho: 04			
Distância do início (m): 5.600			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas					
Distância do ponto anterior (m): 900								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 02' 9,8"			W = 47° 45' 46,9"			Ponto: 9_4		
Altitude (m): 989 ± 66			Largura (m): 5,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 150,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS					
<p>buraco e pouco atoleiro</p>			1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (n°)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	20	30					
	A	10	30			26,9		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	13,3	M	12					
1	6,7	A	9					
2	20	M	14					
2	20	A	18					
5	17,9	A	51					
TDV: 104	q: 05	URCI: 45	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215			Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 07		Trecho: 05			
Distância do início (m): 6.100			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas					
Distância do ponto anterior (m): 500								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 02' 6,0"			W = 47° 45' 29,4"			Ponto: 9_5		
Altitude (m): 942 ± 120			Largura (m): 4,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 40			Área da seção (m²): 165,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal: 7%					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80			11,9		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25	A	28	Seção c/ um pouco de abaulamento				
2	50	A	38					
5	7,4	A	37	transversal.				
				Devido à inclinação longitudinal				
				há erosão.				
TDV: 103	q: 03	URCI: 35	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215		Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 06				
Distância do início (m): 7.600		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 1.500								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 01' 36,1"		W = 47° 44' 51"		Ponto: 9_6				
Altitude (m): 913 ± 51		Largura (m): 4,40						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 220,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal: 12%						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100			20,3	100	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	22,7	A	26,5					
2	45,5	A	35					
5	9,2	A	39					
6	45,5	A	38					
TDV: 138,5	q: 04	URCI: 21	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215			Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 07		Trecho: 07			
Distância do início (m): 7.800			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas					
Distância do ponto anterior (m): 200			Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.					
Coordenadas trecho: S = 22° 01' 30,1"			W = 47° 44' 47,2"			Ponto: 9_7		
Altitude (m): 964 ± 148			Largura (m): 3,90					
Comprimento da unidade amostral (m): 50			Área da seção (m²): 195,0					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal: 10,5%					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100				150	
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25,6	A	28,5	Trecho muito precário				
2	51,3	A	39					
6	76,9	A	48,5					
TDV: 116	q: 03	URCI: 28	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Itaipu – SP 215		Extensão (m): 9.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 07		Trecho: 07				
Distância do início (m): 7.800		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas esparsas						
Distância do ponto anterior (m): 200								
Localização início estrada: SP-215, próximo ao Condomínio Itaipu.								
Coordenadas trecho: S = 22° 01' 30,1"		W = 47° 44' 47,2"		Ponto: 9_7				
Altitude (m): 964 ± 148		Largura (m): 3,90						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 195,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal: 10,5%						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100			215		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25,6	A	28,5	Trecho muito precário				
2	51,3	A	39					
5	100	A	106					
TDV: 173,5	q: 03	URCI: 03	Classificação: REPROVADA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Aparecidinha		Extensão (m): 1.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 02		Trecho: 01				
Distância do início (m): 300		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.						
Distância do ponto anterior (m): 300(início)		Localização início estrada : SP-215, defronte trevo p/ entrada para a capela da Aparecidinha.						
Coordenadas trecho: S = 22° 02' 15,8"		W = 47° 46' 28,2"			Ponto: 9_8			
Altitude (m): 910 ± 74		Largura (m): 7,00						
Comprimento da unidade amostral (m): 50		Área da seção (m²): 210,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	10						10
	A	20	60			34,6		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	9,5	A	13					
1	4,8	M	4,5					
2	28,6	A	24					
5	16,5	A	50,2					
7	4,8	M	4,8					
TDV: 96,5	q: 03	URCI: 39	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Aparecidinha		Extensão (m): 1.000		Data: 20/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 02		Trecho: 02				
Distância do início (m): 800		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.						
Distância do ponto anterior (m): 500								
Localização início estrada : SP-215, defronte trevo p/ entrada para a capela da Aparecidinha.								
Coordenadas trecho: S = 22° 02' 32,2"		W = 47° 46' 23,2"		Ponto: 9_9				
Altitude (m): 962 ± 96		Largura (m): 4,60						
Comprimento da unidade amostral (m): 45		Área da seção (m²): 207,0						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS						
		1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	45	90			83,9	37,5	18
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	21,7	A	25,5					
2	43,4	A	34					
5	40,5	A	75					
6	18,1	A	26,5					
7	8,7	A	11					
TDV: 172	q: 05	URCI: 14	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Represa do 29 – Fazenda da Barra		Extensão (m): 4.500		Data: 21/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 02		Trecho: 01				
Distância do início (m): 1.200		Condições climáticas: Chuvas isoladas durante a semana						
Distância do ponto anterior (m): 1.200								
Localização início estrada: Junto à Represa do 29 (ao lado do Bar do 29).								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 20,6"		W = 47° 48' 34,6"		Ponto: 10_1				
Altitude (m): 700 ± 57		Largura (m): 7,20 (3,60 trafegável)						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 144						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
<p>segregação na faixa toda</p>		1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80					80
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	27,8	A	30	Obs: Considerou-se				
2	55,6	A	42	apenas a largura				
7	55,6	A	40	trafegável(3,60 m).				
				A segregação ocupa uma faixa completa				
TDV: 112	q: 03	URCI: 30	Classificação: RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Represa do 29 – Fazenda da Barra		Extensão (m): 4.500		Data: 21/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 02		Trecho: 02				
Distância do início (m): 1.800		Condições climáticas: Chuvas isoladas durante a semana.						
Distância do ponto anterior (m): 600								
Localização início estrada: Junto à Represa do 29 (ao lado do Bar do 29).								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 03,4"		W = 47° 48' 24"		Ponto: 10_2				
Altitude (m): 612 ± 58		Largura (m): 6,50						
Comprimento da unidade amostral (m): 45		Área da seção (m²): 292,5						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	45	90			170,8		15
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	15,4	A	19,5					
2	30,8	A	25,5					
5	58,4	A	89					
7	5,1	A	7					
TDV: 141	q: 04	URCI: 20	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana		Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 08		Trecho: 01				
Distância do início (m): 2.000		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.						
Distância do ponto anterior (m): 2.000								
Localização início estrada: Bifurcação próxima à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 0,2"		W = 47° 46' 35,5"		Ponto: 11_1				
Altitude (m): 615 ± 56		Largura (m): 7,70						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 231						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS						
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 100px;">sem defeitos</div>		1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B	30						30
	M		60		X			
	A							
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	13	B	10	Ponto próximo à				
2	26	M	17	Represa da Barra				
4	--	M	04					
7	13	B	07					
TDV: 38	q: 03	URCI: 77	Classificação: MUITO BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana			Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 02			
Distância do início (m): 4.000			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.					
Distância do ponto anterior (m): 2.000								
Localização início estrada: Bifurcação próxima à Fazenda da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 54' 52,1"			W = 47° 45' 55,7"			Ponto: 11_2		
Altitude (m): 789 ± 46			Largura (m): 7,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 30			Área da seção (m²): 210					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS					
<div style="text-align: center;">sem defeitos</div>			1- Seção Transversal Inadequada (m)					
			2- Drenagem Lateral Inadequada (m)					
			3- Corrugações/ Ondulações (m²)					
			4- Poeira					
			5- Buracos (n°)					
			6- Trilhas de Rodas (m²)					
			7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B	30						
	M				X			
	A							
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	14,3	B	12,5	Ponto em frente à				
4	--	M	04	Represa Bom				
				Retiro.				
TDV: 16,5	q: 01	URCI: 84	Classificação: MUJO BOA

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana		Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97				
Avaliador: Viviani e Torres		Número de trechos: 08		Trecho: 03				
Distância do início (m): 5.000		Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.						
Distância do ponto anterior (m): 1.000								
Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 15,1		W = 47° 45' 34"		Ponto: 11_3				
Altitude (m): 647 ± 55		Largura (m): 7,20						
Comprimento da unidade amostral (m): 30		Área da seção (m²): 150						
Drenagem lateral: S () N (X)		Rampa longitudinal:						
Desenho da unidade amostral		TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m)						
		2- Drenagem Lateral Inadequada (m)						
		3- Corrugações/ Ondulações (m²)						
		4- Poeira						
		5- Buracos (n°)						
		6- Trilhas de Rodas (m²)						
		7- Segregação de agregados (m)						
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	25	60					63
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	16,7	A	21	Curva junto à				
2	40	A	31,5	Represa Bom				
4	--	B	02	Retiro.				
7	42	A	33,5	Utilizou-se a				
				largura trafegável.				
TDV: 88	q: 03	URCI: 43	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana				Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 08		Trecho: 04		
Distância do início (m): 5.400				Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.				
Distância do ponto anterior (m): 400				Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.				
Coordenadas trecho: S = 21° 55' 31,6"				W = 47° 45' 29,3"		Ponto: 11_4		
Altitude (m): 778 ± 87				Largura (m): 6,60 (4,0 m trafegável)				
Comprimento da unidade amostral (m): 40				Área da seção (m²): 160				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal: 7%				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	40	80			12,3		120
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	25	A	28	Utilizou-se a				
2	50	A	38	largura trafegável.				
5	7,7	A	37					
7	75	A	49					
TDV: 152	q: 04	URCI: 15	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana			Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 05			
Distância do início (m): 6.400			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.					
Distância do ponto anterior (m): 1.000								
Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 02,6"			W = 47° 45' 39,7"			Ponto: 11_5		
Altitude (m): 671 ± 53			Largura (m): 4,00					
Comprimento da unidade amostral (m): 40			Área da seção (m²): 160					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X			
	M							
	A	30	80			36,9		30
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	18,8	A	23					
2	50	A	38					
4	--	B	02					
5	23,1	A	58					
7	18,8	A	20					
TDV: 141	q: 04	URCI: 20	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana			Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 06			
Distância do início (m): 8.200			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.					
Distância do ponto anterior (m): 1.800								
Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 56' 46,7"			W = 47° 46' 10,9"			Ponto: 11_6		
Altitude (m): 828 ± 55			Largura (m): 3,60					
Comprimento da unidade amostral (m): 50			Área da seção (m²): 180					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal: Acentuada					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Pocira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100					150
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	27,8	A	30	Dificuldade para				
2	55,6	A	41	avaliar, não há				
7	83,3	A	53	como considerar				
				i _{longitudinal} e				
				superfície barrenta.				
TDV: 124	q: 03	URCI: 24	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana				Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 08		Trecho: 07		
Distância do início (m): 9.800				Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.				
Distância do ponto anterior (m): 1.600								
Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 07,6"				W = 47° 46' 58,3"		Ponto: 11_7		
Altitude (m): 889 ± 65				Largura (m): 4,40				
Comprimento da unidade amostral (m): 40				Área da seção (m²): 176				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Pocira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B		60					
	M	30						
	A	10	20			44,7		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito		Densidade	Severidade	DV	Anotações			
1		17	M	14,5				
1		5,7	A	8				
2		34,1	B	14				
2		11,4	A	11				
5		25,4	A	60,5				
TDV: 108		q: 05	URCI: 43	Classificação: REGULAR

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Faz. Barra - Copacabana			Extensão (m): 13.300		Data: 21/02/97			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 08		Trecho: 08			
Distância do início (m): 11.800			Condições climáticas: Semana com pancadas de chuvas isoladas.					
Distância do ponto anterior (m): 2.000								
Localização início estrada: Bifurcação próximo à Faz. da Barra.								
Coordenadas trecho: S = 21° 58' 08,8"			W = 47° 46' 38,6"			Ponto: 11_8		
Altitude (m): 848 ± 57			Largura (m): 3,30					
Comprimento da unidade amostral (m): 50			Área da seção (m²): 165					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	50	100				54	50
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	30,3	A	32					
2	60,6	A	45					
6	32,8	A	33,5					
7	30,3	A	31,5					
TDV: 142	q: 04	URCI: 24	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Aeromodelismo - Bifurcação			Extensão (m): 6.600		Data: 17/05/96			
Avaliador: Viviani e Torres			Número de trechos: 02		Trecho: 01			
Distância do início (m): 1.050			Condições climáticas: Chuva no dia anterior.					
Distância do ponto anterior (m): 1.050								
Localização início estrada: Rodovia Guilherme Scatena, defronte Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 45"			W = 47° 51' 39"			Ponto: 12_10		
Altitude (m): 688 ± 150			Largura (m): 4,50					
Comprimento da unidade amostral (m): 45			Área da seção (m²): 202,5					
Drenagem lateral: S () N (X)			Rampa longitudinal:					
Desenho da unidade amostral			TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (n°) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)					
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A	45	90			125,68		
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	22,2	A	26					
2	44,4	A	34,8					
5	62,1	A	90,5					
TDV: 151,3	q: 03	URCI: 12	Classificação: MUITO RUIM

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS								
Estrada: Aeromodelismo - Bifurcação				Extensão (m): 2.900		Data: 17/05/96		
Avaliador: Viviani e Torres				Número de trechos: 02		Trecho: 02		
Distância do início (m): 1.650				Condições climáticas: Chuva no dia anterior.				
Distância do ponto anterior (m): 600								
Localização início estrada: Rodovia Guilherme Scatena, defronte Faz. Canchim.								
Coordenadas trecho: S = 21° 57' 36"				W = 47° 51' 59"		Ponto: 12_9		
Altitude (m): 687 ± 150				Largura (m): 5,50				
Comprimento da unidade amostral (m): 30				Área da seção (m²): 165				
Drenagem lateral: S () N (X)				Rampa longitudinal:				
Desenho da unidade amostral				TIPOS DE DEFEITOS
1- Seção Transversal Inadequada (m) 2- Drenagem Lateral Inadequada (m) 3- Corrugações/ Ondulações (m²) 4- Poeira 5- Buracos (nº) 6- Trilhas de Rodas (m²) 7- Segregação de agregados (m)				
QUANTIDADE E SEVERIDADE								
TIPOS		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	15	15					
	A	15	45			62,5		12
CÁLCULO DO URCI								
Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
1	9,1	M	8,5					
1	9,1	A	12,5					
2	9,1	M	6,8					
2	27,3	A	23					
5	37,9	A	72,5					
7	7,3	A	9,5					
TDV: 132,8	q: 06	URCI: 35	Classificação: RUIM

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1993). AASHTO interim guide for design of pavement structures. *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Washington, D.C.
- ABDELRAHMAN, M.; SHARAF, E. (1991). Use of field data in calculating cost of earth road maintenance. *Transportation Research Record*, n. 1304, p. 32-37.
- ABKOWITZ, M.; CHENG, P. D.; LEPOFSKY, M. (1990). Use of Geographic Information Systems in managing hazardous materials shipments. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 35-43.
- ADEYINKA, O. A.; LEE, K.W. (1992). Integration of a municipal pavement management system with a Geographic Information System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p. 26-38.
- AGUIAR, R. L. (1989). *Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - SP: contribuição ao planejamento*. São Carlos. 127p. 2v. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALFELOR, R. M.; McNEIL, S. (1989). Method for determining optimal blading frequency of unpaved roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1252, p. 21-32.
- ANTENUCCI, J. C. et al. (1991). *Geographic Information Systems: a guide to the technology*. New York, Van Nostrand Reinhold. 301p.
- BAAJ, M. H. et al. (1995). Design of routing networks using Geographic Information Systems: application to solid and hazardous waste transportation planning. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 140-144.

- BANQUE MONDIALE. (1988). *La détérioration des routes dans les pays en développement: causes et remèdes*. Washington, D.C., Banque Mondiale. 67p.
- BEIMBORN, E.; HOLAN C.; NWOKO, F. (1991). *Use of computer graphics for local road management*. In: ANNUAL MEETING OF THE INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, Milwaukee, 1991. Compendium of Technical Papers... Washington, D.C., ITE. p. 342-346.
- BERGER, L.; GREENSTEIN, J. (1987). Simplified procedures to manage the maintenance of low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 201-210.
- BRUNETTI, M. F. (1994). Um pouco mais sobre o sistema UTM. *Revista Fator GIS*, n. 05. Curitiba, Sagres Editora. p. 33-34.
- BURROUGH, P. A. (1986) *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. New York, Oxford University Press. 193p.
- CABLE, J. K.; SMADI, O. (1992). Spreadsheet pavement management systems for local roads. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p. 560-571.
- CALIPER. (1990). *TransCAD - Transportation GIS Software: Reference Manual Version 2.0*. Newton, MA, Caliper Corporation.
- CALIPER. (1996). *TransCAD - Transportation GIS software - User's Guide - Version 3,0 for Windows*. Newton, MA, Caliper Corporation.
- CÂMARA, G. (1994). Anatomia de um SIG. *Revista Fator GIS*, n. 04. Curitiba, Sagres Editora. p. 11-15.
- CHEN, X. et al. (1993). URMS: a graphical urban roadway management system at network level. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1397, p. 103- 111.
- CONCIANI, W.; LORANDI, R.; PRADO, H. (1995). Aplicação de mapas pedológicos no planejamento de rodovias. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29., Cuiabá. *Anais...* p. 321-332.
- CUNHA, M. A. et al. (1986). Importance of local natural material resources in earth roads maintenance. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 5., Buenos Aires. *Proceedings...* v. 5, p. 1639-1644.
- D'ÁVILA, A. L. M. (1996). *Sistema de gerência de estradas municipais do Estado do Rio Grande do Sul*. São Carlos. 120p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- DENNING, J. (1993). Small-government GIS. *Civil Engineering*, v. 63, n. 03, p. 52-54, June.
- EATON, R. A. (1988). Development of the unsurfaced roads rating methodology. Hanover: U. S. Army Corps of Engineers. 50 p. (Special Report 88-5).
- EATON, R. A.; BEAUCHAM, R. E. (1992). Unsurfaced road maintenance management. Hanover: U. S. Army Corps of Engineers. (Special Report 92-26).
- EATON, R. A.; GERARD, S. (1991). Results of unsurfaced-road rating surveys. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 113-119.
- EATON, R. A.; GERARD, S.; CATE, D. W. (1987). Rating unsurfaced roads - A field manual for measuring maintenance problems. Hanover: U. S. Army Corps of Engineers. (Special Report 87-15).
- EATON, R. A.; GERARD, S.; DATTILO, R. S. (1987). A method for rating unsurfaced roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 34-42.
- FAIZ, A. et al. (1991). Policy foundation for good roads in Sub-Saharan Africa. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 89-97.
- FIBGE. (1991). *Sinopse preliminar do censo demográfico 1991*. São Paulo. Rio de Janeiro, v. 06, p. 1-235.
- FIBGE. (1992). *Anuário estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, v. 52, p. 1-1119.
- FIBGE. (1994). *Anuário estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, v. 54, p. 1.1-8.32.
- FIBGE. (1995). *Anuário estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro. v. 55, p. 1.1-8.32.
- FIBGE. (1997). *Contagem da população*. Rio de Janeiro, v. 1.
- FLETCHER, D. R.; KRUEGER, M. (1990). *Pavement management decision support using a Geographic Information System*. Washington: Department of Transportation. 76p. (Final Report, FHWA-SA-91-005).
- GORSKI, M. B.; REICHERT, J. (1995). Implementation of secondary road management systems in Belgium. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 19-20.
- GREENSTEIN, J.; HUDSON, S. W. (1994). Quality assurance procedures related to administration of unsurfaced roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1434, p. 85-91.

- GUROVITZ, H. (1994). O futuro não está nos mapas. *Folha de São Paulo*, São Paulo 19 jun. Caderno 6, p. 5.
- HASLEHNER, W. (1997). Environment and low volume roads in Austria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro. *Anais...* p. 96-107.
- HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). Modern pavement management. Malabar, Krieger Publishing Company. 583p.
- HEADQUARTERS-DEPARTMENT OF THE ARMY (1995). Unsurfaced road maintenance management. Technical Manual TM 5-626. Washington, D.C., Jan.
- HODGES, J. W.; ROLT, J.; JONES, T. E. (1975). The Kenya road transport cost study: Research on road deterioration. Crowthorne: *Transport and Road Research Laboratory*. 56 p. (Report 673).
- HORTA, J. C. O. S. (1991). Rehabilitation and upgrading design of earth and gravel roads in tropical developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 215-223.
- HUDSON, W. R.; QUEIROZ, C.; HASS, R. (1997). Standardization of low volume road management systems in developing countries. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro. *Anais...* p. 661-675.
- JOHNSON, B. H.; DEMETSKY, J. (1994a). Geographic Information System decision support system for pavement management. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1429, p. 74-83.
- JOHNSON, B. H.; DEMETSKY, J. (1994b). Geographic Information System environment for transportation management systems. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1429, p. 67-73.
- KURT, C. E. (1992). Integration of management systems into Geographical Information Systems. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1352, p.1-6.
- LANE, J. S.; HARTGEN, D. T. (1990). Factors affecting adoption of information systems in State Departments of Transportation. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1271, p. 61-78.
- LIAUTAUD, G.; FAIZ, A. (1994). Factors influencing the transferability of maintenance standards for low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1434, p. 73-76.

- MACHADO, J.A.B.C.; OLIVEIRA, J.A.F.; CAMPOS, J.F. (1997). Rodovias municipais não pavimentadas – rodovias vicinais: metodologia para priorização de investimentos em melhoramentos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro. *Anais...* p. 128-135.
- MARTIN, M. R. (1992). Geographic Information Systems for highway: sign maintenance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p. 72-81.
- McLEAN, J. (1995). Low-volume roads in Australia. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 23-24.
- MEIRELLES, R. V. M. (1997). *Levantamento do fluxo de veículos em estradas rurais do município de São Carlos – SP*. Bauru, Universidade Estadual Paulista. 110 p. (Trabalho de Graduação).
- MEYER, M. D.; SARASUA, W. A. (1992). A GIS - based program management system: an approach to integrate transportation management systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore, *Proceedings...* p. 16-25.
- ODA, S. (1995). *Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas*. São Carlos. 186p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. (1984). Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de São Carlos, II memorial descritivo. 188 p. (Boletim técnico n. 98).
- PAIGE-GREEN, P.; VISSER, A. T. (1991). Comparison of the impact of various unpaved road performance models on management decisions. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 137-142.
- PAREDES, M.; FERNANDO, E.; SCULLION, T. (1990). Pavement management application of GIS: a case study. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 20-26.
- PASTORE, E. L. (1997). Estudos para o planejamento da conservação de estradas de terra do município e de usinas de açúcar e álcool de São Joaquim da Barra, Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro, *Anais...* p. 1-11.
- PASTORE, E. L. et al. (1986). Contribution to the studies of surfacing earth roads in São Paulo State, Brazil. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 5., Buenos Aires. *Proceedings...* v. 5, p. 1671-1675.

- PETZOLD, R. D.; FREUND, D. M. (1990). Potential for Geographic Information Systems in transportation planning and highway infrastructure management. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 1-9.
- QUEIRÓZ, C.; FONSECA, V. M. R.; SANTOS, A. B. (1991). Economic appraisal of Guinea-Bissau roads program using HDM-III and EBM models. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 105-115.
- RIBEIRO, E. A.; HAUENSTEIN, N. (1985). Adequação de estradas rurais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., Maringá. *Anais...* Vol. 01, p. 233-237.
- RIVERSON, J. D. N.; DOYEN, J. H. (1995). Rural roads in Sub-Saharan Africa: policy issues and strategies. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 14-16.
- ROLT, J. (1995). Low-volume roads: problems, needs, and impacts. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 25-26.
- SANTOS, A. R.; CUNHA, M. A.; PASTORE, E. L. (1986). Some examples of simple drainage and erosion control works in earth roads. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 5., Buenos Aires. *Proceedings...* v. 5, p. 1645-1652.
- SARASUA, W. A.; JIA, X. (1995). A framework for integrating GIS-T with KBES: a pavement management system example. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 153-163.
- SILVA, A. N. R.; WAERDEN, P. V. D. (1997). First steps with a Geographic Information System to transportation. Ribeirão Preto, São Francisco. 115p.
- SILVA, L. P. (1997). Identificação das áreas suscetíveis à erosão. *Revista Fator GIS*, n. 20. Curitiba, Sagres Editora. p. 18-20.
- SIMKOWITZ, H. J. (1989a). Geographic Information Systems: An important technology for transportation planning and operations. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1236, p. 14-22.
- SIMKOWITZ, H. J. (1989b). GIS: Technology for transportation. *Civil Engineering*, v. 59, n. 6, p. 72-75, June.
- SIMKOWITZ, H. J. (1990a). Integrating Geographic Information System technology and transportation models. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1271, p. 44-47.
- SIMKOWITZ, H. J. (1990b). Using Geographic Information System technology to enhance the pavement management process. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 10-19.

- SVALSTAD, D. K. et al. (1992). Historical pavement management database feasibility study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p. 584-595.
- TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CRISTOFOLETTI, A. (1992). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro: Edição do autor. 80p.
- TENCH, G. (1995). Low-volume roads: problems, needs and impact status in Canada. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 27-28.
- U.S.DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1992a). *Introduction to Geographic Information Systems for transportation*. s. 1. Technical. National Highway Institute. 213 p.
- U.S.DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1992b). *Introduction to Geographic Information Systems for transportation*. s. 2. Application. National Highway Institute. 193 p.
- UDDIN, W. (1992). A maintenance management system for highways and urban streets. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p.572-583.
- UNIVERSITY OF WISCONSIN. (1992). *Gravel - PASEP manual: pavement surface evaluation and rating*. Madison. 32 p.
- VASARHELYI, B. (1993). Low-volume rural roads and the environment: Some ideas and experiences from Hungary. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1426, p. 15-18.
- VISSER, A.T. (1997). Low volume roads – A total cost perspective. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro. *Anais...* p. 763-782.
- VISSER, A. T.; CURTAYNE, P. C. (1987). The maintenance and design system: a management aid for unpaved road networks. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 251-259.
- VISSER, A. T.; HUDSON, W. R. (1983). Performance, design, and maintenance relationships for unpaved low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 898, p. 164-174.
- VISSER, A. T.; VAN NIEKERK, T. (1987). The implementation of appropriate technology in the design of light pavement structures. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 222-231.

- VISSER, A. T.; VILLIERS, E. M.; VAN HEERDEN, M. J. J. (1994). Operational unpaved road management system in the Cape Province of South Africa. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1434, p. 77-84.
- VIVIANI, E.; SILVA, A. N. R.; ZAINAGHI, G. (1995). Análise do processo de conversão de dados entre os *softwares* AutoCAD e TransCAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Salvador. *Anais...* p. 1228-1235.
- VONDEROHE, A. P.; TRAVIS, L.; SMITH, R. (1991). Implementation of Geographic Information Systems (GIS) in State DOTs. *National Cooperative Highways Research Program*. n. 180, p. 1-32, Aug.
- VONDEROHE, A. P. et al. (1993). *Adaptation of Geographic Information Systems for transportation*. Washington: National Academy Press. 70 p. (Report 359).
- WALKER, D. M. (1991). Evaluation and rating of gravel roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 120-125.
- WALKER, D. M.; SCHERER, P. (1987). Roadway management for local roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 23-33.
- WANG, J. Y.; WRIGHT, J. R. (1991). Integrating GIS and CAD for transportation data base development. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1304, p. 212-218.
- WILSON, E. M.; LIPINSKI, M. E. (1991). Role of technology transfer centers in developing safety programs for low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 151-155.
- ZHANG, Z. et al. (1994). GIS integrated pavement and infrastructure management in urban areas. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1429, p. 84-89.

OBRAS CONSULTADAS

- ABKOWITZ, M.; CHENG, P. D.; LEPOFSKY, M. (1990). Ship it by GIS. *Civil Engineering*, v. 60, n. 4, p. 64-66, April.
- ABKOWITZ, M.; STEPHEN, W.; HAUSER, E. (1990). Adaptation of Geographic Information Systems to highway management. *Journal of Transportation Engineering*, v. 116, n. 03, p. 310-327, May/June.
- ADEYERI, J. B. (1988). Engineering characteristics of some nigerian residual soils for highway construction. *Transportation Research Record*, n. 1192, p. 39-50.
- AGGREGATES and aggregates surfaced roads (1979). *Transportation Research Board: compendium*, n. 07, p. 142-166.
- ALBRIGHT, D.; BLEWETT, C.; GOLDSTINE, R. (1989). Development of state traffic monitoring standards: implementing *Traffic Monitoring Guide* in New Mexico. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1236, p. 09-13.
- ALVES, D. S. (1990). Sistemas de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. *Anais...* p.66-78.
- ARCONDÍZIO, E. L. et al. (1993). Conversão de mapeamento urbano: uma metodologia para o Projeto SAGRE. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 207-219.
- AYERDI, E. A.; ZARATE, C. E. (1993). Los SIG en el area de los recursos naturales y productivos: una experiencia chilena. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 511-527.

- BAASS, K. G.; ALLARD, B. (1987). A database management system for traffic engineering departments of small and medium-sized cities. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1134, p. 18-31.
- BACKHOFF, M. A.; GARCIA ORTEGA, G. (1993). El modulo geografico del sistema mexicano para la administracion de pavimentos (SIMAP). In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 385-401.
- BAKEER, R. M.; HADJ-HAMOU, T.; NIKLAUS, J. L. (1991). Prototype geotechnical information system. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1309, p. 71-83.
- BALDWIN, S. E.; HANSON, M. J.; TOMPSON, M. A. (1987). A computer model for developing road management strategies. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 74-82.
- BANQUE MONDIALE. (1990a). *Suivi des routes pour la gestion de l'entretien: catalogue de dégradations pour les pays en développement*. Washington, D.C., Banque Mondiale, v. 1.
- BANQUE MONDIALE. (1990b). *Suivi des routes pour la gestion de l'entretien: manuel pour les pays en développement*. Washington, D.C., Banque Mondiale, v. 2.
- BARNES, G. (1990). The evolution of the modern cadastre concept: from Domesday Book to LIS/GIS network. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 1, p. 5-9.
- BARTLETT, R. E. (1996). GIS-CAD and the new urban planning universe. *ITE Journal*, p. 47-49, Jan.
- BEAVEN, P.; ROBINSON, R.; AKLILU, K. (1987). Experimental use of weathered basalt gravels on roads in Ethiopia. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 103-115.
- BERTRAND, C.; HARRISON, R.; HUDSON, W. R. (1991). Evaluation of a high-resolution profiling instrument for use in road roughness calibration. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 93-105.
- BLAIR, C. W.; BATES JR., E. G.; DREVINSKY, D. M. (1987). Pavement management for low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 43-54.
- BLAKELOCK, R.; BARR, J. M.; BARR, P. (1987). Bridge inspection in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 140-146.

- BOLSTAD, P. V.; GESSLER, P.; LILLESAND, T. M. (1990). A variance components analysis of manually digitized map data. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 3, p. 201-207.
- BOSSLER, J. D. (1991). Status of the GPS/GIS multi-state mapping project. In: ASCE SPECIALTY CONFERENCE ON TRANSPORTATION APPLICATION OF GPS POSITIONING STRATEGY, California.
- BOUERI, J. (1990). Tecnologias de CAD e SIG aplicados no projeto urbanístico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. *Anais...* p. 343-346.
- BOWEN, G. E.; LEE, K. W. (1991). Implementation of a pavement management system for municipally maintained roads in Rhode Island. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1311, p. 248-255.
- BRANDALIZE, A. A. (1993). Formatos de arquivo: chega de quebrar a cabeça. *Revista Fator GIS*, n. 2. Curitiba, Sagres Editora. p. 7-11.
- BRAVO, F.; CERDA, T. J. (1995). Tecnologia SIG aplicada à sistemas de transporte. In: CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, 7., Santiago. *Actas...* p. 547-562.
- BRENNER, B. R. (1989). Automating design of Boston's artery. *Civil Engineering*, v. 59, n. 6, p. 58-61, June.
- BRIGGS, D. W.; CHATFIELD, B. V. (1987). Integrated highway information systems. *National Cooperative Highways Research Program. Synthesis of Highway Practice*, n. 133, p. 1-32, Oct.
- BROTEN, M.; SCHWANDT, G.; BLANCO, R. (1993). Adapting an automated data collection device for use at an airport. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1410, p. 25-31.
- BUENO, D. M.; ROBBI, C. (1994). Atualização: vital para o mapeamento. *Revista Fator GIS*, n. 4. Curitiba, Sagres Editora. p. 16-18.
- CALIPER. (1990). *TransCAD - Transportation GIS Software: Tutorial Version 2.0*. Newton, MA, Caliper Corporation.
- CALIPER. (1992). *TransCAD - Transportation GIS Software: Manual Supplement Version 2.1*. Newton, MA, Caliper Corporation. 132p.

- CÂMARA, G. (1993). Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica: Visão atual e perspectivas de evolução. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p.157- 183.
- CARLSON, D. C. (1987). The practical application of computer highway costing programs. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 39-41.
- CARVALHO, R. M. (1995). Medidas preventivas para controle de erosão na exploração de jazidas de cascalho laterítico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru. *Anais...* p. 365-367.
- CASAVANT, K. L. et al. (1995). Modeling Washington state truck freight flows using GIS-T: data collection and design. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 145-152.
- CHRISTORY, J. P.; LAYE, P. (1991). Urban roads in France: Overview and recent developments in maintenance management aids. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1304, p. 03-11.
- COLLURA, J.; SPRING, G.; BLACK, K. B. (1993). Service lives and costs of local highway maintenance and rehabilitation treatments. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1397, p. 90-95.
- CONRAD, P. E. (1987). The roads maintenance management program of Zila, Bangladesh. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 179-195.
- COOK, C. C. (1987). Evaluating alternative maintenance strategies for low-volume roads in Sub-Saharan Africa. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 17-25.
- COSTA, S. M. F.; CINTRA, J. P. (1993). Atualização cartográfica de mapas com imagens de satélite visando o reconhecimento de áreas urbanas. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 271-283.
- CUNDILL, M. A. (1991). MERLIN - A low-cost machine for measuring road roughness in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 106-112.
- CURTAYNE, P. C. et al. (1987). Calibrating the relationship between operating costs of buses and road roughness on low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 95-104.

- D'ALGE, J. C. L.; GOODCHILD, M. F. (1993). Digitalização e simplificação de linhas. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 17-25.
- DANGERMOND, J. P. (1986). CAD vs GIS. *Computer Graphics World*, v. 9, n. 10, p. 73-74.
- DAVIS JR., C. A.; FONSECA, F. T. (1994). Erros na conversão de dados CAD/SIG. *Revista Fator GIS*, n. 6. Curitiba, Sagres Editora. p. 22-24.
- DERSA - DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S. A. (1987). Manual de perenização de estradas rurais. São Paulo. v. 1, 81p.
- DITTMER, M. H. (1987). Efforts to reduce construction costs of logging roads in muskeg and wet soils in Southeast Alaska. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 267-273.
- DOBSON, E. F.; POSTILL, L. J. (1983). Classification of unpaved roads in Ontario. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 898, p. 36-47.
- DRAINAGE. (1979). *Transportation Research Board: compendium*, n. 4, p. 05-28.
- DUEKER, K. J. (1987). Geographic Information Systems and Computer Aided Mapping. *Journal of American Planning Association*, v.53, n 3, p. 383-390.
- DURGIN, P. M. (1993). Measurement-based databases: One approach to the integration of survey and GIS cadastral data. *Surveying and Land Information Systems*, v. 53, n. 1, p. 41-47. Hanover: U S Army Corps of Engineers, 1988. 50 p. (Special Report 88-5).
- ECHAVEGUREN, N. T.; CORREA, F. J.; WOYWOOD, Y. M. (1995). Metodologia de elaboracion y gestion de programas de conservacion de caminos para la red vial austral. In: CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, Santiago. *Actas...* p. 144-156.
- EGENHOFER, M. J.; FRANK, A. U. (1990). Prospective views of GIS technologies and applications. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. *Anais...* p. 95-102.
- EL-SHEIMY, N.; SCHWARZ, K. P. (1993). Kinematic positioning in three dimensions using CCD technology. In: IEEE - IEE VEHICLE NAVIGATION & INFORMATION SYSTEMS CONFERENCE - VNIS'93, Ottawa. *Proceedings...* p. 472-475.
- EVANS, D. L.; HILL, J. M. (1990). A computer mapping - Inquiry system for protection of underground facilities. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 3, p. 197-200.

- FERNANDES JR., J. L. (1997). Introdução aos Sistemas de Gerência de Pavimentos. Apostila. FIPAI – Escola de Engenharia de São Carlos – USP. 104p.
- FERNÁNDEZ, R. N. et al. (1991). Accuracy assessment of map coordinate retrieval. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 57, n. 11, p. 1447-1452.
- FOSTER, G. W. (1985). Trip-monitoring survey: downtown travel data obtained by following a small sample of vehicles. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1050, p. 35-45.
- GERDAN, G. P. (1992). Efficient surveying with the Global Positioning System. *Surveying and Land Information Systems*, v. 52, n. 01, p. 34-40.
- GRAÇA, L. M. A. (1990). O uso de *scanners* para a digitalização de cartas topográficas e para a implantação de um sistema de geo-informações urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. *Anais...* p. 219-224.
- GRADING illustrated (1979). *Transportation Research Board: compendium*, n. 5, p. 101-156.
- GRAMLING, W. L. et al. (1993). Obtaining rut depth information for strategic highway research program long-term pavement performance sites. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1410, p. 19-24.
- GREENSTEIN, J. (1993). Issues related to administration of low-volume roads in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1426, p. 65-73.
- GREENSTEIN, J. (1995). Issues related to planning and administration of low-volume roads. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 7-8.
- GREENSTEIN, J.; EHRLICH, M. (1994). Institutional aspects of environmental management in road development. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1434, p. 92-96.
- GUIMARÃES FILHO, H. A.; CRÓSTA, A. P. (1994). Digitalização de mapas: Um roteiro. *Revista Fator GIS*, n. 4. Curitiba, Sagres Editora. p. 35-39.
- GUO, B.; POLING, A. D. (1995). Geographic Information Systems/ Global Positioning Systems design for network travel time study. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 135-139.
- GUPTA, H. K. (1985). Development of Washington State's Transportation information and planning support system. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1050, p. 20-23.

- HOBAN, C. J. (1986). Recent developments in rural road design in Australia. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1055, p. 08-16.
- HOLMES, D. D. (1991). Automated data capture for Geographic Information Systems. *Surveying and Land Information Systems*, v. 51, n. 2, p. 87-92.
- HORTA, J. C. O. S. (1991). Association of distress and diagnosis of bitumen-surfaced road pavements. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 127-134.
- HOSSAIN, A. S. M. M.; HOQUE, A. M.; ZANIEWSKI, J.P. (1991). Stabilization of alluvial soils with cement and cement - Rice husk ash blend for low-volume road construction in Bangladesh. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 275-284.
- HOSTETTER, R. S.; CROWLEY, K. W. (1987). Information deficiencies on low-volume rural roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 217-225.
- HOWELL, T. F. (1990). Surveying and mapping in Texas - A case study using automation for transportation applications. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 02, p. 105-106.
- HSIEH, T. Y.; HAAS, C. T. (1993). Costs and benefits of automated road maintenance. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., n. 1406, p. 10-19.
- HUDSON, W. R.; HAAS, R.; PEDIGO R. D. (1979). Pavement management system development. *National Cooperative Highways Research Program*. p. 1-32. (Report 215).
- HUXHOLD, W. E. (1991). An introduction to urban Geographic Information Systems. Oxford: University Press. 337p.
- HYMAN, W. A. et al. (1990). Improvements in data acquisition technology for maintenance management systems. *National Cooperative Highways Research Program*. Report, n. 334, p. 01-51, Dec.
- IPT (1985). *Manual técnico para conservação e recuperação de estradas vicinais de terra*. São Paulo. 127p.
- IQBAL, M. S.; KONHEIM, S. C.; KETCHAM, B. T. Development of a regional Geographical Information System for ITS/ IVHS network. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 122-134.

- IRRGANG, F. C.; MAZE, T. H. (1993). Status of pavement management systems and data analysis models at state highway agencies. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1397, p. 01-06.
- JOHNSON, C. R.; GOLDMAN, M. J. (1990). GIS: easing infrastructure management. *Civil Engineering*, v. 60, n. 06, p. 42-44, June.
- JONES, T. E.; PETTS, R. C. (1991). Maintenance of minor roads using the lengthman contractor system. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 41-52.
- JONES, T. E.; PROMPRASITH, Y. (1991). Maintenance of unpaved roads in wet climates. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 265-277.
- KELLIE, A. C. L.; SWANN, R.; NORRIS, T. A. (1990). Proprietary and official Land Information Systems in the mining industry. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 1, p. 31-35.
- KERALI, H. R. (1992). Optimum maintenance standards for roads in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1352, p. 7-16.
- KERALI, H. R.; SNAITH, M. S.; KOOLE, R. C. (1991). Economic viability of upgrading low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 34-40.
- KIRCHNER, H.; GALL, J. A. (1991). Liquid calcium chloride for dust control and base stabilization of unpaved road systems. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 173-178.
- KORTE, G. (1990). Computer-aided design and drafting systems. *National Cooperative Highways Research Program*, n. 161, p. 1-24, Aug.
- KRAEHENBUEHL, J.; OSTERWALDER, W.; WAGNER, A. (1991). Flood disaster rehabilitation, Charnawati, Nepal: A case study. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 31-38.
- KUDENGA, N.; BUHRMAN, A. (1991). Secondary and feeder road development program. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 98-104.
- KUMAR, A.; TILLOTSON, H. T. (1991). Planning model for rural roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 171-181.
- KUTZ, S. A. (1995). Geographical Information System inventory data preparation: assigning spatial properties to highway feature files using independent data sources. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 112-121.

- LAMBERT, P.; BROUSSE, J. L.; YCART, B. (1991). Évaluation des réseaux de voiries secondaires: proposition de méthodologie. *Bulletin Liaison Laboratoires Ponts et Chaussées*, n. 175, p. 21-29.
- LANG, L. (1991). Connecting with DOTs. *Civil Engineering*, v. 61, n. 6, June.
- LEERSNYDER, P. J.; ROGERS, L. H. (1983). Technical reference developed for Indonesian staff responsible for local roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 898, p. 102-110.
- LEWIS, S. (1990). Use of Geographical Information Systems in transportation modeling. *ITE Journal*, p. 34-38, Mar.
- LIMA, M. C.; PEREIRA, E. A.; ZOCCAL, J. C. (1995). Controle de erosão em estradas rurais variante da estrada BRU-30. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru. *Anais...* p. 527-528.
- LIMA, P. M.; RAVAL, B. J.; WRIGHT, S. (1992). The development of a regional GIS/transportation database. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROCOMPUTERS IN TRANSPORTATION, Baltimore. *Proceedings...* p. 226-237.
- LITZKA, J.; HASLEHNER, W. (1991). Simple technical model for the maintenance of low-volume roads in Austria. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 238-247.
- LOGAN, T. L.; BRYANT, N. A. (1987). Spatial data software integration: merging CAD/CAM mapping with GIS and image processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 53, n. 10, p. 1391-1395.
- LOPEZ, C. (1991). Financing of low-volume roads in Argentina. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 14-19.
- MAFFINI, G. (1987). Raster versus vector data encoding and handling: a commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 53, n. 10, p. 1397-1398.
- MAGGIO, R. C.; BAKER, R. D.; HARRIS, M. K. (1983). A geographic data base for Texas Pecan. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 49, n. 1, p. 47-52, Jan.
- MARTINI, P. R. (1990). Imagens de sensores orbitais disponíveis no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. *Anais...* p. 153-167.

- MELLO, H. M. C. F.; CINTRA, J. P. (1993). Erros associados à digitalização de mapas. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 1., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 29-46.
- MELTZ, S. J. (1988). An approach for implementing land information systems for rural and urbanizing counties. *Surveying and Mapping*, v. 48, n. 1, p. 35-41, March.
- MERRELL, R. L. (1986). Geodetic reference systems in GPS environment. *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, v. 112, n. 2, p. 83-90, October.
- MOLL, J. E. (1993). Reducing low-volume road impacts on the environment: Success in the United States Department of Agriculture Forest Service. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1426, p. 10-14.
- MOORE, R. K.; CLARK, N.; GISI, A. J. (1993). Comparison of pavement surface distress measurement systems. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1410, p. 11-18.
- MORSE, D. (1988). New roads for the micro. *Civil Engineering*, v. 58, n. 6, p. 45-47, June.
- NASSI, C. D. et al. (1994). Adaptação gráfica de uma base cartográfica de um município voltada para os problemas de transporte público. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES - ANPET, 8., Recife. *Anais...* v. 1, p. 541-556.
- NEW ZEALAND INSTITUTE OF COUNTY ENGINEERS. (1984). Maintenance of unscaled roads. National Roads Board. (Maintenance Manuals for Workmen, pt C 32p.
- NYERGES, T. L. (1990). Locational referencing and highway segmentation in a Geographic Information System. *ITE Journal*, p. 27-31, March.
- ODA, S.; SÓRIA, M. H. A.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. (1995). Caracterização e levantamento da condição das estradas municipais para fins de gerência de vias. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 7., São José dos Campos. *Anais...* p. 311-326.
- O'NEILL, W. A.; AKUNDI, B. (1990). Automated conversion of milepoint data to intersection/ link network structure: An application of GIS in transportation. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 27-34.
- OSÓRIO, I. M. M. (1994). As prefeituras dizem sim. *Revista Fator GIS*, n. 4. Curitiba, Sagres Editora. p. 24-26.
- PAIGE-GREEN, P.; NETTERBERG, F. (1987). Requirements and properties of wearing course materials for unpaved roads in relation to their performance. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 208-214.

- PANCHANATHAN, S.; FAGHRI, A. (1995). Knowledge-based Geographic Information System for safety analysis at rail-highway grade crossings. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 91-100.
- PANDEY, M. P. (1991). Indian low-volume roads: A challenge for maintenance organization. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 190-192.
- PAREDES, E.A. (1994). *Sistema de Informação Geográfica: princípios e aplicações* (geoprocessamento). São Paulo: Editora Érica. 675 p.
- PARKER, N. A. (1995). Assessing worldwide low-volume roads: problems, needs and impacts – Introduction. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 05-06.
- PARKER, N. A.; RADWAN, E.; LATTA, M. L. (1991). Maintenance management technology training through case study approach. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 248-256.
- PATERSON, W. D. O. (1991). Deterioration and maintenance of unpaved roads: Models of roughness and material loss. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 143-156.
- PETTS, R. C.; JONES, T. E. (1991). Towed graders and tractor-based maintenance of low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 116-126.
- PINHEIRO, J.; ESPESCHIT, A. M. L. (1994). Solução GIS com CAD Microstation, programação MDL e Oracle. In: INFOGEO-1994 - SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA EM GEOTECNIA, São Paulo. *Anais...* São Paulo, Associação Brasileira de Mecânica dos Solos. Vol. 2, p. 103-111.
- POWELL, B.; BRUNETTE, B. (1991). Reduced tire inflation pressure: a solution for marginal - Quality road construction rock in Southeast Alaska. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 329-334.
- PRECHAVERAKUL, S.;HADIPRIONO, F.C. (1995). Using a knowledge - based expert system and fuzzy logic for minor rehabilitation projects in Ohio. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 19-26.
- QUEIRÓZ, C. A. V. (1983). Calibrating response-type roughness measurement systems through road and level profiles. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 898, p. 181-188.
- QUEIRÓZ, C. A. V. et al. (1987). An optimal design method to rehabilitate low-volume asphaltic roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 244-250.

- RADA, G. R. et al. (1989). Analysis of climate effects on performance of unpaved roads. *Journal of Transportation Engineering*, ASCE, v. 115, n. 4, p. 389-410, July.
- RADA, G. R. et al. (1993). Accreditation of strategic highway research program long-term pavement performance pavement distress raters. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1410, p. 1-10.
- RANKIN, G. R. (1990). Surveying and mapping in Dane County, Wisconsin. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 2, p. 111-114.
- REARDON, J.; MILLIKEN, L. (1990). GIS: Computer maps for railway systems. *Railway Track & Structures*, v. 86, n. 05, p. 19-20, May.
- RIBEIRO, F. C.; CUNHA, M. A.; ALMEIDA FILHO, G. S. (1995). Avaliação do desempenho de drenagem subterrânea longitudinal construída com bambu em estrada vicinal de terra. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru. *Anais...* p. 307-309.
- RIVERSON, J. D. N. (1985). *Unpaved road maintenance management in local highway systems*. 428 p. Tese (Doutorado). Purdue University.
- RIVERSON, J. D. N. et al. (1987). An analysis of the condition of gravel and stone roads in Indiana. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 55-66.
- RIVERSON, J. D. N.; CARAPETIS, S. (1991). Potential of intermediate means of transport in improving rural travel and transport in Sub-Saharan Africa. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 77-88.
- RIVERSON, J. D. N.; HINE J. L.; KWAKYE, E. A. (1983). Rural road accessibility and development of agriculture and social infrastructure in Ghana. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 898, p. 19-24.
- RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F. (1986). Effects of county highway management practices on maintenance costs for unpaved roads in Indiana. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1055, p. 26-33.
- ROAD maintenance practice (1979). *Transportation Research Board: compendium*, n. 5, p. 157-186.
- ROADMAKING materials and pavement design (1979). *Transportation Research Board: compendium*, n. 7, p. 26-34.
- ROBINSON, D. C.; KENDIG, T. R. (1991). Recent policy and legislative actions to pave all unpaved secondary roads in North Carolina. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 69-73.

- ROBISON, R. (1988). GIS goes public. *Civil Engineering*, v. 58, n. 6, June.
- ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F.; BACELLAR, A. A. A. (1995). Cálculo do fator de comprimento de rampa: uma metodologia para uso em Sistema de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru,. *Anais...* p. 421-422.
- RODRIGUES, M. (1990). Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. p. 1-26.
- SAMPSON, L. R. (1995). Aspects of low-volume road research in south Africa. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 17-18.
- SANO, E. E. et al. (1993). Estimativa de erros cometidos pelo Sistema de Informações Geográficas SGI na medida de áreas de polígonos. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 105-120.
- SANTORO, J. (1995). Problema ambiental causado por erosão acelerada: o caso da Boçoroca de Descalvado - SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Bauru. *Anais...* p. 389-392.
- SAUTEREY, R.; MESNARD, R. (1995). Some thoughts on research and engineering of low-volume roads. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 19-20.
- SCARIM, J. L.; TEIXEIRA, A. L. A. (1994). Digitalização e conversão *raster/vector* de mapas. *Revista Fator GIS*, n. 6. Curitiba, Sagres Editora. p. 16-21.
- SCHOLEN, D. E.; CLERKE, W. H.; BURNS, G. S. (1991). Locating subsurface gravel with thermal imagery: a progress report. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1291, p. 225-231.
- SCHUCH, H. C. (1994). Riscos na conversão de dados. *Revista Fator GIS*, n. 7. Curitiba, Sagres Editora. p. 25-27.
- SCHWARTS, C. W. et al. (1991). GIS applications in airfield pavement management. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1311, p. 267-276.
- SCHWARZ, K. P. et al. (1993). VIASAT - A mobile highway survey system of high accuracy. In: IEEE - IEE VEHICLE NAVIGATION & INFORMATION SYSTEMS CONFERENCE - VNIS'93, Ottawa. *Proceedings...*p. 476-481.
- SELMAN, P. et al. (1991). GIS in rural environmental planning. *Town Planning Review*, v. 62, n. 2, p. 215-223, April.

- SHARAF, E. A. (1991). Simple procedure for selecting best maintenance alternatives in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1304, p. 38-47.
- SLONECKER, T.; GROSKINSKY, B. (1993). GPS applications in the U. S. Environmental Protection Agency. *Surveying and Land Information Systems*, v. 53, n. 2, p. 117-124.
- SMITH, B. L.; MURDOCK, D. K. (1986). Commentary driving applied to safety evaluation of low-volume rural roads: training and use. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1055, p. 34-44.
- SMITH, H. A. et al. (1993). Development of Delaware Department of Transportation pavement management system. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1397, p. 54-62.
- SPENCER, J. W. (1979). Crown on soil-aggregate roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 7, p. 169-79.
- SPRING, G. S.; HUMER, J. (1995). Identification of hazardous highway locations using knowledge-based GIS: a case study. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1497, p. 83-90.
- STEWART, J. E. (1995). An overview of the LVR problems, needs, and impacts for the national forests of the United States. *Transportation Research Circular*, Washington, D.C., n. 446, p. 9-13.
- STOKES, R. W.; MARUCCI, G. (1995). GIS for Transportation: Current practices, problems and prospects. *ITE Journal*, p. 28-37, Mar.
- STUART III, E.; GILLILLAND, E.; DELLA-MORETTA, L. (1987). The use of central tire inflation systems on low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 164-168.
- TAKALLOU, M. B. et al. (1987). An overview of alternate surfacings for forest roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 2, n. 1106, p. 1-10.
- TAQUI, M. (1990). Highway performance monitoring system: Kentucky's approach. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1271, p. 37-43.
- TEUBNER JR., F. J. (1993). Sistemas de Informação Geográfica e gerenciamento costeiro. A experiência do Espírito Santo. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2., São Paulo. *Anais...* p. 531-542.
- THAPA, K.; BURTCH, R. C. (1991). Primary and secondary methods of data collection in GIS/LIS. *Surveying and Land Information Systems*, v. 51, n. 3, p. 162-170.

- THOMPSON, D. (1992) Geographic Information Systems: An introduction. In: 1991-92 INTERNATIONAL GIS SOURCEBOOK. Section III - GIS Technology. *Proceedings...* p. 338-341.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD: Sintesis (1979). Conservación de caminos sin pavimentar. Washington, D.C., n. 1.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD: Sintesis. (1981). Construcción y conservación con mano de obra de caminos de bajo volumen. Washington, D.C., n. 3.
- TURAY, S.; HAAS, R. (1991). Road network investment system for developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 20-33.
- TYSON, B. K. (1989). Facilities management with CADD. *Civil Engineering*, v. 59, n. 6, p. 69-71, June.
- UTTERBACK, P.; GRILLEY, V.; HICKS, R. G. (1991). Implementation of a pavement management system on forest service low-volume roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 257-264.
- VAN BLARGAN, E. J.; RAGAN, R. M.; SCHAAKE, J. C. (1990). Hydrologic Geographic Information System. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 44-51.
- VANDERVOORT, C. G. (1986). On the optimum level of effort for evaluating low-volume rural road projects in developing countries. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1055, p. 1-16.
- VIRKLER, M. R.; GUELL, D. L. (1991). Need to stripe no-passing zones during resurfacing of lower-volume rural roads. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1304, p. 252-260.
- VIVIANI, E.; SILVA, A. N. R.; SÓRIA, M. H. A. (1996). Dados básicos para um Sistema de Informação Geográfica aplicado à gerência de vias rurais não-pavimentadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 2., Florianópolis. *Anais...* v. 1, p. 51-58.
- VIVIANI, E.; SÓRIA, M. H. A. (1995). Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica no desenvolvimento de sistemas de gerência de vias não-pavimentadas. In: ANPET - CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 9., São Carlos. *Anais...* v.3, p. 1148-1153.
- VIVIANI, E.; SÓRIA, M. H. A.; SILVA, A. N. R. (1994). Gerenciamento de vias não-pavimentadas e a utilização de Sistemas de Informação Geográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1., Florianópolis. *Anais...* p. 118-126.

- VIVIANI, E.; SÓRIA, M. H. A.; SILVA, A. N. R. (1997). A utilização de um Sistema de Informação Geográfica como auxílio à gerência de manutenção de estradas não-pavimentadas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTAÇÃO DE RODOVIAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO, 1., Rio de Janeiro. *Anais...* p. 588-600.
- VONDEROHE, A. P.; FISHER, S. S.; KROHN, D. K. (1990). A positional comparison of the results of two digital cadastral mapping methods. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 1, p. 11-24.
- VON ESSEN, I.; HANCHETTE, C.; DILDINE, G. (1990). Evaluation of GIS workstation performance within a distributed network environment. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 52-61.
- VON MEYER, N. (1990). Spatial cadastral data in an LIS: An Oregon case study. *Surveying and Land Information Systems*, v. 50, n. 1, p. 25-29.
- WALSH, J. S.; LIGHTFOOT, D. R.; BUTLER, D. R. (1987). Recognition and assessment of error in geographic information systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 53, n. 10, p. 1423, Oct.
- WALZER, N.; McWILLIAMS, R. T. (1991). Financing low-volume roads and bridges: Results from a national survey. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 3-13.
- WANDSNIDER, L. et al. (1985). Transportation applications of computer mapping in New Mexico. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1050, p. 24-31.
- WIGAN, M. (1990). Emergent roles for optical media in transport engineering. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., n. 1261, p. 62-68.
- WILLIAMS, W. L. (1989). Federal highway administration's rural technical assistance program. *Public Roads*, v. 53, n. 3, p. 73-76, Dec.
- WOLFF, H.; VISSER, A. T. (1991). Review of surfacings for low-volume roads on the basis of experience in South Africa. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1291, p. 193-201.
- ZOGRAFOS, K. G.; CROMLEY, R. G. (1987). Low-volume roadway network improvements and the accessibility of public facilities in rural areas. *Transportation Research Record*, Washington, D.C., v. 1, n. 1106, p. 26-33.