

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO**

**UMA APLICAÇÃO COMPARATIVA DE MÉTODOS  
DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS  
DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA**

**Fábio Mutti Ferreira**

**Campinas**

**2004**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

F413a Ferreira, Fábio Mutti  
Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação  
das condições superficiais de estrada não-pavimentada /  
Fábio Mutti Ferreira. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Cássio Eduardo Lima de Paiva.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Estradas rurais. 2. Estradas de cascalho. 3.  
Estradas vicinais. 4. Infra-estrutura (Economia). 5.  
Avaliação. I. Paiva, Cássio Eduardo Lima de. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,**  
**ARQUITETURA E URBANISMO**

**UMA APLICAÇÃO COMPARATIVA DE MÉTODOS  
DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS  
DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA**

**Fábio Mutti Ferreira**

**Orientador: Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva**

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Transportes.

**Campinas, SP**

**2004**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**UMA APLICAÇÃO COMPARATIVA DE MÉTODOS DE  
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DE  
ESTRADA  
NÃO-PAVIMENTADA**

**Fábio Mutti Ferreira**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

**Prof. Dr. Cássio Eduardo Lima de Paiva  
Presidente e Orientador/ Universidade Estadual de Campinas**

**Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon  
Universidade Federal de Santa Catarina**

**Profª. Drª. Rita Moura Fortes  
Universidade Estadual de Campinas**

**Campinas, 26 de maio de 2004.**





## **Dedicatória**

---

**Dedico este estudo aos meus filhos Tiago, Verônica e Ana Ligia, como incentivo e estímulo prestadio a educação, por ser um caminho dignificante para vencer na vida.**

## Agradecimentos

---

Primeiramente, àquele que deu a oportunidade maior e a credibilidade à realização deste trabalho, que outrora foi o meu orientador e que agora posso considerar um amigo, Cássio Eduardo Lima de Paiva.

Aos Professores Doutores Eng<sup>o</sup> Antônio Fortunato Marcon e Eng<sup>a</sup> Rita Moura Fortes, membros da banca examinadora, que contribuíram sobremaneira com a elaboração do texto final, com a sua aprovação.

Aos demais Professores e funcionários da UNICAMP, que de forma direta e indireta, também, contribuíram com a realização deste trabalho, bem como a Cristina Aparecida Padilha, colega de trabalho, pelo seu auxílio nos levantamentos de campo.

Ao Excelentíssimo Sr. Dr. Célio Gayer, Prefeito do Município de Piracaia, pelo incentivo e cooperação com o meu mestrado de forma geral.

À Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas – EMDEC, em nome do seu Presidente e Diretor de Tráfego, que concederam a minha licença de comum acordo, pelo tempo necessário à realização do feito.

Por último, as pessoas, que fazem parte da minha vida como todo, meu pai, Benedito Cândido Ferreira, “*in memoriam*”, minha mãe, Jandira Mutti Ferreira, a minha irmã, Bernadete Mutti Ferreira, em nome dos demais membros da família, e a minha esposa, Naira Fernanda Belisário Mutti Ferreira.

## Sumário

---

---

<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas.....</b>	<b>xv</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xix</b>
<b><i>Abstract</i>.....</b>	<b>xx</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. A ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA E SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	1
1.2. OBJETIVO DA PESQUISA.....	2
1.3. ESCOPO DO TRABALHO.....	3
<b>2. ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....</b>	<b>5</b>
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	5
2.1.1. Histórico.....	5
2.1.2. As estradas não-pavimentadas brasileiras seus aspectos gerais.....	7
2.2. PRINCÍPIOS TÉCNICOS E PRÁTICOS PARA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE UMA BOA ESTRADA.....	10
2.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA.....	12

2.3.1.	Classificação e tipos.....	12
2.3.2.	Baixo volume de tráfego.....	13
2.3.3.	Projetos geométricos.....	14
2.3.4.	Seção transversal de uma estrada não-pavimentada.....	15
2.3.5.	Características dos materiais empregados em tratamento e construção.....	16
2.4.	TIPOS DE TRATAMENTO.....	19
2.4.1.	Introdução.....	19
2.4.2.	Tratamento Primário.....	20
2.4.3.	Estradas de Cascalho.....	21
2.4.4.	Métodos de dimensionamento da espessura de cascalho.....	23
2.4.5.	Controle paliativo de poeira ou tratamento antipó.....	24
2.5.	AS ESTRUTURAS DE DRENAGEM.....	26
2.5.1.	Introdução.....	26
2.5.2.	Estruturas de drenagem superficial.....	26
2.5.3.	Drenagem subterrânea.....	28
2.6.	MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	29
2.6.1.	Introdução.....	29
2.6.2.	Técnicas e práticas de manutenção de superfície de estradas não-pavimentadas.....	31
2.6.3.	Manutenção do sistema de drenagem.....	33
2.7.	ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	35
2.7.1.	Introdução.....	35
2.7.2.	Estratégia de manutenção em função de métodos de avaliação.....	38
2.8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
<b>3.</b>	<b>DEFEITOS EM ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA.....</b>	<b>45</b>
3.1.	INTRODUÇÃO.....	45
3.2.	TIPOS E CAUSAS DE DEFEITOS.....	46

<b>4.</b>	<b>MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA.....</b>	<b>50</b>
4.1.	INTRODUÇÃO.....	50
4.1.1.	Considerações iniciais.....	50
4.1.2.	Métodos de avaliação selecionados.....	52
4.1.3.	Outros métodos de avaliação pesquisados.....	54
4.2.	GPM – <i>GRAVEL PASTER MANUAL</i> .....	56
4.3.	RCS/DVI – <i>ROAD CONDITION SURVEY/DETAILED VISUAL INSPECTION...</i>	61
4.3.1.	Introdução.....	61
4.3.2.	Inspeção RCS.....	62
4.3.3.	Inspeção DVI.....	63
4.4.	ERCI – <i>EARTH ROAD CONDITION INDEX</i> .....	68
4.5.	URCI – <i>UNSURFACED ROAD CONDITION INDEX</i> .....	71
4.6.	RSMS - <i>ROAD SURFACE MANAGEMENT SYSTEM</i> .....	76
4.7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE TEÓRICA DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS PARA APLICAÇÃO EM CAMPO.....</b>	<b>84</b>
5.1.	INTRODUÇÃO.....	84
5.2.	ANÁLISE TEÓRICA DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS.....	90
5.2.1.	Introdução.....	90
5.2.2.	Análise de sensibilidade: Situação X Classificação.....	91
5.2.3.	Análise de sensibilidade: Estado de condição X Classificação.....	97
5.3.	ANÁLISE FINAL.....	101
<b>6.</b>	<b>EXPERIMENTO DE CAMPO PARA A APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS.....</b>	<b>103</b>
6.1.	INTRODUÇÃO.....	103

6.1.1.	Considerações iniciais.....	103
6.1.2.	Trecho experimental – PRC 331.....	104
6.1.3.	Classificação das condições da estrada selecionada por opinião dos usuários....	106
6.2.	DADOS DA AVALIAÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL (PRC 331) E DE SUAS SUBSEÇÕES PELOS MÉTODOS APLICADOS EM CAMPO.....	108
6.2.1.	Considerações iniciais .....	108
6.2.2.	Resultados das notas das subseções e trecho experimental (Geral) das avaliações na estação seca e chuvosa.....	110
6.2.3.	Resultados dos defeitos avaliados em cada método.....	114
6.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
<b>7.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS AVALIATIVOS OBTIDOS EM CAMPO E DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO.....</b>	<b>124</b>
7.1.	ANÁLISE DOS RESULTADOS DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDOS EM CAMPO.....	124
7.1.1.	Introdução.....	124
7.1.2.	Relação entre os resultados de classificação.....	126
7.2.	ANÁLISE DAS RELAÇÕES DAS MEDIDAS DOS DEFEITOS AVALIADOS.....	130
7.3.	ANÁLISES DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO .....	138
7.4.	ANÁLISE FINAL.....	143
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....</b>	<b>147</b>
8.1.	CONCLUSÕES.....	147
8.2.	SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	151
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>153</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>178</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</b>	<b>190</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>193</b>

## Lista de Figuras

---

Figura 2.1.	Gráfico da distribuição das rodovias brasileiras – pavimentadas e não-pavimentadas, em %.....	6
Figura 2.2.	Gráfico de distribuição governamental das estradas não-pavimentadas do Brasil, em % .....	7
Figura 4.1.	RCS - Planilha de inspeção.....	65
Figura 4.2.	DVI - Planilha de inspeção .....	66
Figura 4.3.	RCS - Planilha de inspeção da condição de estradas – Estruturas.....	67
Figura 4.4.	DVI - Planilha resumo da inspeção visual detalhada.....	67
Figura 4.5.	ERCI - Planilha para inspeção de estrada de terra .....	70
Figura 4.6.	ERCI - Planilha de cálculo e escala de classificação.....	70
Figura 4.7.	URCI - Inventário e planilha de levantamento de campo.....	75
Figura 4.8.	RSMS – Planilha de Inventário e Identificação da Condição da Seção de Estrada Não-Pavimentada.....	78
Figura 5.1.	Gráfico da relação entre a situação e classificação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados.....	96
Figura 5.2.	Gráfico da relação entre o estado de condição e as classificações obtidas.....	100
Figura 6.1.	Croqui da Estrada PRC 331 em forma de tira com pontos de referências, demarcações de quilometragem e subseções a serem avaliadas.....	105

Figura 6.2.	Gráfico da classificação da estrada PRC 331 – conforto, segurança e a média, entre os dois, atribuídas pelos usuários.....	107
Figura 6.3.	Gráfico das Notas na escala de Zero a Dez atribuídas pelos usuários para a Estrada PRC 331, em %.....	107
Figura 6.4.	Legenda utilizada nas Tabelas 6.1 e 6.2.....	109
Figura 6.5.	GPM – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	111
Figura 6.6.	DVI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	111
Figura 6.7.	DVIr – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	112
Figura 6.8.	ERCI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	112
Figura 6.9.	ERCIr – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	113
Figura 6.10.	URCI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	113
Figura 6.11.	RSMS – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas.....	114
Figura 6.12.	GPM – Média das notas atribuídas aos defeitos, nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	115
Figura 6.13.	DVI e DVIr – Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	115
Figura 6.14.	ERCI – Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	116
Figura 6.15.	ERCIr – Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	116

Figura 6.16.	URCI – Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	117
Figura 6.17.	RSMS – Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331).....	117
Figura 6.18.	Seção Transversal Inadequada – fotografias dos níveis de severidade: fotos- 1, 2, 3 e 4.....	120
Figura 6.19.	Croqui de situação de medição do defeito STI com o gabarito de bolha, diferença entre as medidas de cada lado do eixo de uma estrada com seção “encaixada”.....	120
Figura 6.20.	Buracos – fotografias dos níveis de severidade: fotos-5, 6 e 7.....	121
Figura 6.21.	Drenagem Lateral - níveis de severidade: fotos- 8, 9 e 10.....	122
Figura 6.22.	Falha no Muro de Contenção– fotografia do nível de severidade: foto 11.....	122
Figura 6.23.	Segregação de Agregados: bermas nas laterais – fotografia do nível de severidade: foto 12.....	122
Figura 6.24.	ATR – fotografias de níveis de severidade: fotos 13 e 14.....	123
Figura 6.25.	Ondulações – fotografias dos níveis de severidade: fotos 15 e 16.....	123
Figura 6.26	Marcos de Subseção- fotografias de estaca e quilometragem: fotos 17 e 18	123
Figura 7.1.	Gráfico das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação seca.....	127
Figura 7.2.	Gráfico das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação chuvosa.....	128
Figura 7.3.	Gráfico dos métodos de avaliação das notas dos valores gerais homogeneizados – estação seca e chuvosa.....	130
Figura 7.4.	GPM – Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – GPM1 e da chuvosa – GPM2.....	131
Figura 7.5.	DVI – Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – DVI1 e da chuvosa – DVI2.....	132

Figura 7.6.	URCI – Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – URCl1 e da chuvosa – URCl2.....	133
Figura 7.7.	RSMS – Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – RSMS1 e da chuvosa – RSMS2.....	133
Figura 7.8.	ERCIR – Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – ERCIR1 e da chuvosa – ERCIR2.....	134
Figura 7.9.	Gráfico da representatividade em % dos defeitos ATR, BUR e STI avaliados pelos métodos na estação seca.....	135
Figura 7.10.	Gráfico da representatividade em % dos defeitos ATR, BUR e STI avaliados pelos métodos na estação chuvosa.....	136

## Lista de Tabelas

---

Tabela 2.1.	Extensão das Rodovias Brasileiras e do Estado de São Paulo – DNIT 2000.....	6
Tabela 2.2.	Quantitativo de veículos por dia (VPD) para tipos de estradas de baixo volume de tráfego.....	14
Tabela 2.3.	Quadro comparativo das características geométricas dos estudos pesquisados para terreno montanhoso e VPD < 250.....	15
Tabela 2.4.	Gradação de agregados para revestimento de estradas não-pavimentadas de acordo com os respectivos estudos pesquisados.....	17
Tabela 2.5.	Características de materiais para superfície de cascalho em clima tropical úmido, segundo estudos pesquisados.....	18
Tabela 2.6.	Sugestão do padrão dos materiais, segundo VISSER e NIERERK (94).....	18
Tabela 2.7.	Propriedades observadas para tipos de agregados – FHWA (30).....	18
Tabela 2.8.	Sugestão para espessura da camada de cascalho para de estradas rurais novas ou reconstruídas, segundo SKORSETH (78).....	22
Tabela 2.9.	Definições de tipos de manutenção para estradas não-pavimentadas.....	30
Tabela 2.10.	Tipos de manutenção e atividades para estradas não-pavimentadas – ORN 1 (87).....	30
Tabela 2.11.	Exemplos para alternativas de manutenção para regularização e recomposição, conforme os estudos pesquisados.....	36
Tabela 2.12.	Matriz de prioridade de manutenção – ORN 1 (87).....	36

Tabela 2.13.	Potencial para operação de manutenção das principais atividades baseado em equipamento e trabalho manual.....	37
Tabela 2.14.	Características projetadas em função de projeto e/ou manutenção.....	38
Tabela 2.15.	URCI – Alternativas de manutenção em função do tipo de defeito e seu nível de severidade.....	39
Tabela 2.16.	RSMS – Defeitos, categorias, estratégias e reparos.....	40
Tabela 2.17.	ERCI – Práticas e categoria de manutenção.....	41
Tabela 2.18.	GPM e RCS/DVI – Alternativas de manutenção em função da avaliação das condições da superfície da estrada não-pavimentada pelo respectivo método de avaliação.....	42
Tabela 3.1.	Tipos de defeitos em estrada não-pavimentada, segundo estudos pesquisados.....	49
Tabela 4.1.	Defeitos avaliados de cada método selecionado.....	53
Tabela 4.2.	Conceitos básicos dos métodos selecionados.....	54
Tabela 4.3.	GPM - Classificação: Excelente – Nota: 5.....	57
Tabela 4.4.	GPM - Classificação: Bom – Nota: 4.....	58
Tabela 4.5.	GPM - Classificação: Regular – Nota: 3.....	58
Tabela 4.6.	GPM - Classificação: Ruim – Nota: 2.....	59
Tabela 4.7.	GPM - Classificação: Falido – Nota: 1.....	59
Tabela 4.8.	GPM - Quadro das severidades e densidades dos defeitos .....	60
Tabela 4.9.	RCS/DVI – Escala e classificação da condição da estrada .....	64
Tabela 4.10.	ERCI – Escala e classificação da condição da estrada .....	69
Tabela 4.11.	ERCI - Descrição dos defeitos de severidade leve .....	71
Tabela 4.12.	URCI - Escala e classificação da condição da estrada.....	72
Tabela 4.13.	RSMS – Identificação da condição de pavimento – estradas não-pavimentadas.....	77
Tabela 4.14.	RSMS – Valores assumidos pelo sistema para severidade/densidade dos defeito para cálculo do Pci.....	79
Tabela 4.15.	RSMS- Escala e classificação do Pci elaborada por FLUHARTY (35).....	80

Tabela 5.1	DVI – Valores-dedução: VDi dos defeitos em relação ao nível de severidade/densidade.....	85
Tabela 5.2.	RSMS - Valores-dedução: VDr dos defeitos em relação ao nível de severidade/densidade.....	86
Tabela 5.3.	ERCI - Valores-dedução : VDe dos defeitos em relação ao nível de severidade/densidade.....	87
Tabela 5.4.	URCI – Valores-dedução - VDu dos defeitos em três pontos médios da densidade e do nível de severidade extraídos dos nomogramas (Anexo B)	89
Tabela 5.5.	Situações dos níveis de severidade e densidade.....	90
Tabela 5.6.	Definição de estado de condição de estrada (seção) de um estudo de caso hipotético, em função dos níveis de severidade (S) e densidade (D) dos defeitos.....	91
Tabela 5.7.	Avaliação das situações dos níveis de severidade e densidade dos defeitos pelos métodos de avaliação selecionados.....	92
Tabela 5.8.	Resumo das classificações determinadas por cada método de avaliação, em função das situações estipuladas pelos níveis de severidade e densidade.....	95
Tabela 5.9.	Avaliação dos estados de condição de uma estrada em função dos níveis de severidade e densidade dos defeitos pelos métodos de avaliação selecionados.....	98
Tabela 5.10.	Resumo das classificações determinadas pelos métodos de avaliação em função de um estudo hipotético dos estados de condição.....	100
Tabela 6.1.	Características gerais das subseções para avaliação da Estrada PRC 331..	106
Tabela 6.2.	Dados pluviométricos para o Município de Piracaia nas datas dos levantamentos de campo realizados para cada método de avaliação, obtidos no SIGRH (65)- Anexo D.....	108
Tabela 6.3.	Resultados das classificações das subseções e Geral pelos métodos aplicados em campo na avaliação da estação seca.....	109
Tabela 6.4.	Resultados das classificações das subseções e Geral pelos métodos aplicados em campo na avaliação da estação chuvosa.....	110

Tabela 7.1.	Escala e classificação adotadas e dos métodos aplicados para homogeneização.....	124
Tabela 7.2.	Resumo das notas de avaliação e classificação homogeneizadas em relação à escala adotada dos métodos aplicados em campo: GPM, RCS/DVI, ERCI, URCI e RSMS.....	125
Tabela 7.3.	Métodos de avaliação – defeitos menos e mais representativos na classificação do trecho experimental na avaliação da estação seca e chuvosa.....	137
Tabela 7.4.	Buracos – medidas do nível de severidade nos métodos.....	140
Tabela 7.5.	Avaliação subjetiva dos parâmetros analisados nos métodos de avaliação aplicados em campo.....	145

## Lista de Abreviaturas e Siglas

---

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> (Associação Americana dos Departamentos das Rodovias Estaduais e Transportes Públicos)
ABPv	Associação Brasileira de Pavimentação
AL	Alternativa
ALS	Altura de Superfície
ATO	Atoleiros
ATR	Afundamento de Trilha de Roda
BIRD	<i>International Bank for Reconstruction and Development</i> (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento)
BMP	<i>Best Management Practices</i> (Melhor Prática de Gerenciamento)
BUR	Buracos
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	California Bearing Ratio
CODASP	Companhia de Desenvolvimento Agrícola do Estado de São Paulo
COP	Controle de Poeira
CVD	Correção Valor Dedução
DER/SP	Departamento de Estrada de Rodagem do Estado de São Paulo
DETOUR	<i>Deterioration of Engineered Unpaved Roads</i> (Degradação das Estradas Não-pavimentadas Construídas e/ou Melhoradas)
DLI	Drenagem Lateral Inadequada
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
DVI	<i>Detailed Visual Inspection</i> (Inspeção Visual Detalhada)

DVI1	Resultado de campo homogeneizado do DVI na estação seca
DVI2	Resultado de campo homogeneizado do DVI na estação chuvosa
DVIc	Resultado de campo da avaliação do DVI na estação seca
DVI <sub>s</sub>	Resultado de campo da avaliação do DVI na estação chuvosa
EII	Estrutura Ilegal de Irrigação
EPCR	<i>Earth Pavement Condition Rating</i> (Avaliação da Condição do Pavimento de Terra)
ERCI	<i>Earth Road Condition Index</i> (Índice da Condição de Estrada de Terra)
ERCI1	Resultado de campo homogeneizado do ERCI na estação seca
ERCI2	Resultado de campo homogeneizado do ERCI na estação chuvosa
ERCIc	Resultado de campo da avaliação do ERCI na estação chuvosa
ERCI <sub>s</sub>	Resultado de campo da avaliação do ERCI na estação seca
ESAL	<i>Equivalent Single Axle Load</i> (Carga equivalente de eixo simples)
ESC	Espessura de Cascalho
EUA	Estados Unidos da América
FEA	Falha e Erosão de Aterro
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i> (Administração Federal de Rodovia )
FMC	Falha no Muro de Contenção
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte
GPM	<i>Gravel Paser Manual</i> (Manual de Avaliação e Classificação da Superfície de Pavimento de Cascalho)
GPM1	Resultado de campo homogeneizado do GPM na estação seca
GPM2	Resultado de campo homogeneizado do GPM na estação chuvosa
GPMc	Resultado de campo da avaliação do GPM na estação seca
GPM <sub>s</sub>	Resultado de campo da avaliação do GPM na estação chuvosa
IGG	Índice de Gravidade Global
IPC	Instituto Panamericano de Carreteras
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IRI	<i>International Roughness Index</i> (Índice Internacional de Irregularidades)
MCT	Miniatura Compactado Tropical
MIMR	Manual Internacional de Manutenção Rodoviária

OECD	<i>Organanisation for Economic Co-Operation and Development</i> (Organização para Economia Cooperação e Desenvolvimento)
OND	Ondulações
ORN	<i>Overseas Road Note</i> (Nota Estrangeira de Estrada)
OSE	Ocupação na Superfície da Estrada
PBT	Peso Bruto Total
PCI	<i>Pavement Condition Index</i> (Índice da Condição de Pavimento)
Pci	<i>Pavement Condition Indicator</i> (Indicador da Condição de Pavimento)
PCR	<i>Pavement Condition Rating</i> (Avaliação da Condição de Pavimento)
PED	Perda de Declividade
POE	Poeira
PRO	Procedimento
PSE	Plantas na Superfície da Estrada
PSI	<i>Present Serviceability Index</i> (Índice de Serventia Presente/Atual)
PSR	<i>Present Serviceability Rating</i> (Avaliação da Serventia Presente/Atual)
RCS	<i>Road Condition Survey</i> (Avaliação da Condição da Estrada)
RMS	<i>Road Maintenance Management Systems</i> (Sistemas de Gerência de Manutenção de Estrada)
RMU	<i>Road Maintenance Unit</i> (Unidade de Manutenção de Estrada)
RPM	<i>Recommended Practices Manual</i> (Manual de Práticas Recomendadas)
RSMS	<i>Road Surface Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Superfície de Estrada)
RSMS1	Resultado de campo homogeneizado do RSMS na estação seca
RSMS2	Resultado de campo homogeneizado do RSMS na estação chuvosa
RSMSc	Resultado de campo da avaliação do RSMS na estação seca
RSMSs	Resultado de campo da avaliação do RSMS na estação chuvosa
SEA	Segregação de Agregados
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
STI	Seção Transversal Inadequada
SUE	Sulcos de Erosão
SUS	Superfície Saturada

TDV <sub>r</sub>	Total Valor Dedução - RSMS
TRB	<i>Transportation Research Board</i> (Conselho de Pesquisa em Transporte)
TRH	<i>Technical Recommendations for Highways</i> (Técnicas Recomendadas para Rodovias)
TRRL	<i>Transportation and Road Research Laboratory</i> (Laboratório de Pesquisa em Estrada e Transporte)
TVD <sub>e</sub>	Total Valor Dedução – ERCI
TVD <sub>u</sub>	Total Valor Dedução - URCI
URCI	<i>Unsurfaced Road Condition Index</i> (Índice da Condição de Estrada Não-Pavimentada)
URCI1	Resultado de campo homogeneizado do URCI na estação seca
URCI2	Resultado de campo homogeneizado do URCI na estação chuvosa
URCIc	Resultado de campo da avaliação do URCI na estação chuvosa
URCI <sub>s</sub>	Resultado de campo da avaliação do URCI na estação seca
USFS	<i>United States Forest Service</i> (Serviço Florestal dos Estados Unidos)
VDe	Valor-dedução do método ERCI
VDi	Valor-dedução do método DVI
VDr	Valor-dedução do método RSMS
VDu	Valor-dedução do método URCI
VPD	Veículos Por Dia

## Resumo

---

Este trabalho tem por objetivo um estudo comparativo teórico e de campo de métodos de avaliação das condições superficiais de estradas não-pavimentadas, desenvolvidos por organismos internacionais, utilizados na gerência de manutenção e conservação. Os métodos analisados e aplicados em campo foram: GPM - *Gravel Paser Manual*, com metodologia subjetiva; URCI - *Unsurfaced Road Condition Index*; RSMS - *Road Surface Management System*; ERCI - *Earth Road Condition Index* e o RCS/DVI - *Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection*, com metodologia objetiva. As análises teóricas de sensibilidade dos métodos relacionaram as classificações da superfície da estrada determinadas em função das situações dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados e um estudo de caso. O experimento de campo realizou-se num trecho de estrada não-pavimentada dividido em 5 subseções, em dois períodos distintos. Os resultados teóricos determinaram valores expressivos nas correlações propostas e os práticos apresentaram valores próximos e a mesma classificação para o trecho experimental entre alguns métodos em ambas avaliações, mas com resultados diferentes nas subseções. Concluindo, entre outros, que os métodos de avaliação apresentam metodologias diferentes e consistentes, mas não apresentam totalização de parâmetros para a gerência de manutenção e conservação da rede rodoviária não-pavimentada brasileira.

Palavras-chaves: transportes; infra-estrutura; vias não-pavimentadas; métodos de avaliação e classificação da condição superficial.

## **Abstract**

---

This work has by purpose at a theoretical comparative study and of field of methods of evaluation of the surface conditions, developed by international organisms, used in the maintenance management and conservation of unpaved roads. The methods were analyzed and applied in field: GPM - Gravel Paser Manual, with subjective methodology; URCI - Unsurfaced Road Condition Index; RSMS - Road Surface Management System; ERCI - Earth Road Condition Index and RCS/DVI - Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection, with objective methodology. The theoretical analysis of sensibility of the methods related the classifications of the surface of the roads determined in function of the situations of the severity and extent degree and of a case study. The field experiment was accomplished in a section unpaved roads, divided in 5 branches, in two different periods. The theoretical results determined expressive values in the proposed correlations and the practical presented near values and the same classification for the experimental section among some methods in both evaluations, but with different results in the branches. It follows that among other things that the evaluation methods present different and solid methodologies, but they don't present general of parameters for the maintenance management and conservation of the unpaved road Brazilian.

Key-words: transports; infrastructure; unpaved roads; methods of evaluation and rating of the surface condition.

# **1. INTRODUÇÃO**

---

## **1.1. A ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA E SEU ESTADO DE CONSERVAÇÃO**

A questão inevitável é: “Qual o papel dos métodos de avaliação da condição superficial da estrada na melhoria de sua manutenção e/ou, até mesmo, na reconstrução?”.

A resposta pode estar nos defeitos que a estrada apresenta, porque os defeitos são medidos qualitativamente e quantitativamente, respectivamente, pelo seu nível de severidade e densidade, quando se tratar de metodologia objetiva ou simplesmente por notas em escala predefinidas das condições gerais da estrada, tratando-se de metodologia subjetiva. Ambas classificam a condição da superfície da estrada.

Para cada condição da superfície da estrada, que pode ser classificada em: excelente, boa, regular, ruim e falida, define-se o tipo de tratamento de manutenção requerida, respectivamente, de forma geral em: sem manutenção; manutenção de rotina realizada por técnicas de regularização, reconformação mecanizada e/ou manual, patrolamento e remendos; periódica ou programada pelo recascalhamento; restauração e reconstrução.

Entretanto, os defeitos das estradas não-pavimentadas brasileiras não apresentam um “diagnóstico” profundamente conhecido, porque não são muitos os estudos a respeito do assunto, dificultando sobremaneira qual tratamento a ser dado para o restabelecimento total da estrada.

Por conseguinte, muitos insistem em um único tipo de tratamento, independente do(s) tipo(s) e nível/níveis de severidade e densidade do(s) defeito(s), sempre, no caso, a raspagem do leito (patrolamento) ou querem “cortar o mal pela raiz”, optando pela pavimentação da estrada. Não que estes sejam procedimentos equivocados, mas, com certeza, não serão eficazes e viáveis economicamente para todas as condições da superfície da estrada, que podem ser definidas por métodos de avaliação que auxiliam na gerência de manutenção e conservação da rede rodoviária.

## **1.2. OBJETIVO DA PESQUISA**

Cinco métodos de avaliação das condições da superfície de estrada não-pavimentada serão estudados neste trabalho, desenvolvidos por organismos internacionais, visto que, no Brasil, não se tem uma metodologia que avalie as condições deste tipo de estrada.

Os métodos serão aplicados em campo, nos trechos ou seções de estrada, de acordo com estabelecido por suas metodologias, comparando os seus resultados finais, as suas aplicabilidades, as deficiências e/ou as eficácias que possam apresentar dentro das condições inerentes a região a ser estudada, considerando, para tanto: aperfeiçoamentos, interpolações e outros meios que se fizerem necessários para atingir o objetivo, que trata de aplicação e comparações entre os métodos.

A aplicação em campo realizar-se-á numa estrada não-pavimentada que tenha sofrido uma intervenção de manutenção periódica no período de no máximo 2 anos e que se apresenta com uma condição superficial que se pode classificar de forma subjetiva como, no mínimo,

regular. Os métodos deverão ser aplicados não menos de duas vezes, em períodos distintos, preferencialmente, na estação seca e na chuvosa.

Os métodos de avaliação, que serão aplicados em campo, apresentam-se com diferenças nas suas metodologias, em especial, nos valores-dedução dos defeitos que determinam a nota e a escala de classificação. Portanto, para verificar a sensibilidade dos métodos de avaliação selecionados, estudos de casos hipotéticos serão analisados, mediante a atribuição de valores para cada defeito em função dos níveis de severidade e densidade.

Com os estudos teóricos e práticos a serem realizados, procurará definir se algum(s) do(s) método(s) poderá(ão) ser utilizado(s) na gerência de manutenção e conservação da rede rodoviária não-pavimentada brasileira, caso os resultados proporcionarem tal objetividade.

### **1.3. ESCOPO DO TRABALHO**

Este estudo expõe, primeiramente, a problemática das práticas de construção e manutenção de estradas não-pavimentadas, cujo Capítulo 2 traz uma análise daquilo que está sendo estudado e aplicado tanto em âmbito nacional como internacional, este em maior evidência, confirmando aquilo que foi mencionado em relação aos estudos de estradas não-pavimentadas no Brasil.

Por sua vez, o Capítulo 3 aborda, pelos estudos pesquisados, os defeitos que as estradas não-pavimentadas podem apresentar e, a partir deles, métodos de avaliação das condições superficiais destas estradas, oriundos de organismos internacionais, que serão apresentados na questão teórica no Capítulo 4.

A análise teórica de sensibilidade de cada método de avaliação selecionado está apresentada pelos estudos de casos hipotéticos no Capítulo 5 e os dados abstraídos do experimento de campo e os respectivos resultados constam no Capítulo 6.

O Capítulo 7 apresenta a inferência analítica dos resultados teóricos e práticos, a discussão da aplicabilidade de cada método, suas vantagens e desvantagens e a implicância que cada qual possui em relação ao estado da condição superficial de uma estrada não-pavimentada, entre outros. Com as conclusões e sugestões para futuras pesquisas sendo expostas no Capítulo 8.

## **2. ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS**

---

### **2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

#### **2.1.1. Histórico**

A descoberta e o uso da roda foram indubitavelmente uma força motriz para construir e melhorar as estradas e, ao longo da história, constroem-se estradas, por exemplo: em 3000 AC já se fazia uso de estradas de terra na Mesopotâmia; em 2000 AC estradas ligavam a Itália à Dinamarca; e em 500 AC fez-se a Estrada Real Persa, com mais de 2.400 km (26).

No Brasil, a construção de estrada ou a sua existência inicia, segundo BUENO (9), em 1524, com a descoberta da Peabiru, uma trilha indígena, com mais de 1.200 km de comprimento e largura próxima de 1.60 m. Vindo após, em 1661, a Estrada Caminho do Mar, em 1844, a Estrada da Maioridade e a primeira rodovia asfaltada: a Rio-Petropolis em 1928 (27).

O uso de estradas não-pavimentadas e ou revestidas com pedras argamassadas vem dos tempos remotos e continuam em uso em grande escala no mundo contemporâneo, pois países desenvolvidos como os Estados Unidos da América têm uma extensão muito grande destas estradas, que, pelo levantamento da extensão das estradas públicas, realizado por FHWA - *Federal Highway Administration* (Administração de Rodovia Federal) (29), referente ao ano de

2000, contava com 6.356.976 km de rodovias, sendo não-pavimentadas 2.326.384 km, extensão esta que supera a segunda maior rede rodoviária do mundo, que é a do Brasil (27), que tem a sua distribuição de estradas por regiões demonstrada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Extensão das Rodovias Brasileiras e do Estado de São Paulo – DNIT 2000

Rodovias Brasileiras - Extensão – km					
Rodovias	Federal	Estadual	Estadual Transitória	Municipal	Total
Não-Pavimentada					
Brasil	14.524	107.912	8.211	1.429.296	1.559.943
São Paulo	-----	1.074	799	166.821	168.694
Pavimentada					
Brasil	56.097	75.974	15.933	16.993	164.988
São Paulo	-----	12.202	4.218	8.811	26.377
Total de Não-Pavimentada e Pavimentada					
Brasil	70.621	183.886	24.144	1.446.289	1.724.940
São Paulo	-----	13.276	5.017	175.632	193.925

Fonte: GEIPOT (25)

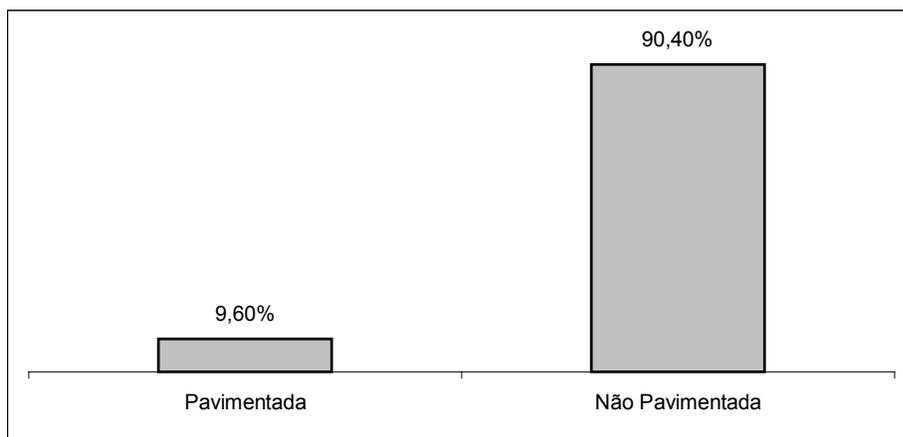


Figura 2.1. Gráfico da distribuição das rodovias brasileiras – pavimentadas e não-pavimentadas, em %

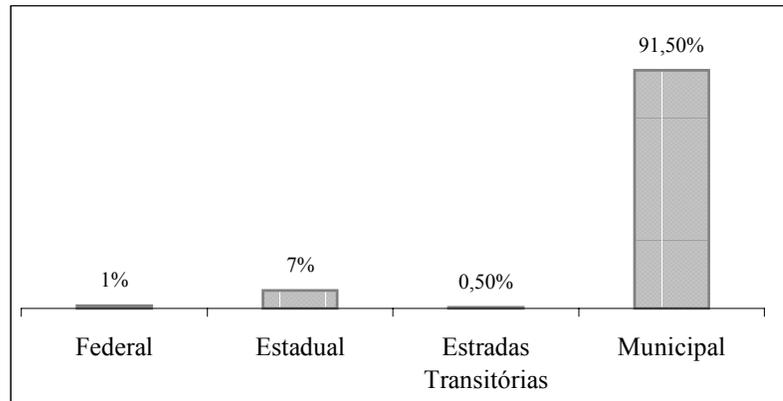


Figura 2.2. Gráfico de distribuição governamental das estradas não-pavimentadas do Brasil, em %

Na Figura 2.1, observa-se que a extensão da rede rodoviária brasileira das estradas não-pavimentadas é muito maior que as pavimentadas. Os municípios detêm a maioria das estradas não-pavimentadas, ou seja, 91,50%, em âmbito nacional (ver Figura 2.2), mas no Estado de São Paulo os municípios detêm cerca de 99% das mesmas. Traçando um paralelo: o total das rodovias brasileiras é 74% do total das rodovias não-pavimentadas dos Estados Unidos da América.

### 2.1.2. As estradas não-pavimentadas brasileiras seus aspectos gerais

As estradas não-pavimentadas apresentam-se como a maior parte da rede rodoviária brasileira e para MELLO e GALL (55): “A economia brasileira depende substancialmente do transporte rodoviário, que responde por 57% do transporte de carga e 96% do de passageiros”. Por sua vez, em relação às estradas não-pavimentadas, MATHEUS (54) aborda: “São essas estradas que fazem a ligação com a maioria das propriedades rurais e, às vezes, com bairros rurais e empresas agrícolas. Daí a importância de sua trafegabilidade, para o necessário escoamento de safras e o recebimento de insumos; enfim, elas garantem grande parcela da

riqueza nacional, além do atendimento social aos moradores da zona rural, tanto no que diz respeito a escolas como outras necessidades básicas”.

Destarte as estradas não-pavimentadas merecem não só estudos técnicos mais abrangentes, como investimentos governamentais, sendo que estes vêm sendo dados na última década e na atual.

No Estado de São Paulo, o governo estadual vem instituindo programas para melhoria das estradas por suas secretarias, para tanto, em 1997, criou o Programa “Melhor Caminho”, pelo Decreto Nº 41.721 (75) e em 2000, o Decreto Nº 44.868 (76) instituiu o Programa de Melhoria das Estradas Municipais – PRO-ESTRADA. O primeiro é realizado pela Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo – CODASP, que realiza o trabalho com suas máquinas, operadores e técnicos, com auxílio das prefeituras na execução e na manutenção e o segundo está baseado no consórcio dos municípios, no máximo de seis, fornecendo máquinas e operadores, em contrapartida cobra-se uma taxa mensal. No Estado do Paraná, existe o programa Estadual de Estrada Rural "Caminho para Educação e Desenvolvimento" e no Estado de Santa Catarina, há o Projeto Microbacias-Bird (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento) (43). Todos estes voltados para melhoria e conservação das estradas não-pavimentadas.

Em âmbito internacional, existe o Programa de Cooperação Técnica da República Federal da Alemanha para os Países da América Latina e Caribe no Campo da Conservação Viária (104) que, desde junho de 1994, vem desenvolvendo trabalho nas áreas específicas, para rede viária pavimentada e não-pavimentada, que consiste, principalmente, na organização de fundos de conservação viária, baseados na cobrança de tarifas (não de impostos).

No Brasil, o programa alemão de cooperação técnica elaborou propostas para a reforma financeira e institucional da conservação rodoviária para o governo federal e vários estados, sendo que nos Estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso foram criados o 1º e 2º Fundo Rodoviário Estadual, respectivamente, em Santa Catarina teve início o 1º contrato de conservação por padrões de qualidade (73) e em Santo Antônio da Patrulha (RS) auxiliou o município a criar o primeiro Conselho/Fundo de Conservação Viária do Brasil - Lei Nº 3.362/98 (74). Por outro

lado, o Instituto Pan-americano de Carreteras (IPC) criou em 1999 um projeto denominado Conservação de Redes por Processos de Reengenharia Aplicada (56) que tem como proposta uma nova metodologia para operação da conservação de rotina (preventiva) e periódica (restauração), principalmente, na rede viária não-pavimentada.

Apesar dos esforços que vêm sendo realizados e estão sendo implementados à melhoria da conservação da rede viária não-pavimentada, ainda se convive com as seguintes situações: CARMO (12): “Pinguela, costela de vaca, facão, lama e poeira. Boa parte da população do interior, principalmente, quem circula bastante por estradas de terra, conhece bem essas palavras. Cerca de 80% dos caminhos de terra por onde passa a produção agrícola do Estado de São Paulo têm problemas. Nessa época do ano, com as chuvas, elas ficam piores e os estragos são ampliados”; JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO (3): “Já houve tempo em que se imaginava ser solução passar a máquina de nivelar uma vez por ano, retirando os buracos. Em Potirendaba, uma estrada afundou 4 metros em três décadas com essa prática”; STORINO et al. (82): “Apesar de serem de extrema importância para a agricultura, essas estradas (não-pavimentadas) apresentam problemas provenientes da construção inadequada e leito deteriorado em função do tráfego pesado e de procedimentos equivocados de manutenção, como é o caso de raspagem do leito”; TOLEDO et al. (84): “No Brasil, são escassos os estudos que avaliam o impacto de programas de estradas rurais. Entretanto, as estradas não-pavimentadas têm péssima conservação”; VIVIANI et al. (96): “A manutenção dessas estradas, em geral, é feita de maneira empírica e sem planejamento por municípios que enfrentam problemas financeiros e precariedade técnica, onde se observa a ausência de uma postura gerencial mais adequada”; ODA et al. (59,60): “Apesar de sua extensão e da grande importância econômica e social, as estradas não-pavimentadas constituem um tema pouco estudado, quase sempre colocado em segundo plano. A maioria dos gerenciadores de estradas não-pavimentadas considera dispensáveis o desenvolvimento da técnica e o aperfeiçoamento de profissionais especializados”; RODGHER e ODA (72): “Como não existe uma preocupação muito grande por parte dos técnicos e dos organismos responsáveis pela manutenção das estradas não-pavimentadas, pouco se conhece sobre o assunto”; e CARLOS FILHO (33): “[...] os municípios foram obrigados a aumentarem sua malha rodoviária e a conservarem de forma a torná-la trafegável, pelo menos, para acudir a produção, depois das chuvas... Aqueles que

possuíam maior poder de endividamento adquiriram as motoniveladoras ou tratores de esteiras para conservarem - de forma irregular as estradas vicinais”.

Como referido, as contrariedades que as estradas não-pavimentadas vêm sofrendo ao longo do tempo são inúmeras, seja na sua construção como na manutenção, em que os organismos rodoviários federais, estaduais e municipais negligenciam, principalmente, procedimentos técnicos mais adequados.

Da mesma forma, as próprias universidades e faculdades brasileiras não possuem dentre as suas grades curriculares uma maior ênfase na questão de manutenção das estradas nos cursos de Engenharia Civil, como aborda FELEX (31): “Os conceitos aplicáveis à manutenção podem se tornar acessíveis aos profissionais de engenharia civil se nos cursos de graduação a formação que os alunos receberam constar de referências abrangentes aos processos comuns a todos os meios de transporte. Na maioria dos cursos de graduação este enfoque não é adotado: há uma tendência em se formar profissionais que conheçam processos particulares e só alguns meios de transporte”.

Considerando o que foi exposto, que este capítulo visa, nos itens seguintes, apresentar procedimentos técnicos teóricos e práticos que estão sendo estudados e desenvolvidos tanto em âmbito nacional como, principalmente, em âmbito internacional na construção e manutenção das estradas não-pavimentadas.

## **2.2. PRINCÍPIOS TÉCNICOS E PRÁTICOS PARA CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE UMA BOA ESTRADA**

Conforme o conceito geral utilizado por WISCONSIN TRANSPORTATION BULLETIN Nº 19 (100): “...que seguindo os conceitos básicos para construir estrada, criará uma estrada que durará. Os dez mandamentos de uma boa estrada são: I - Leve a água longe da

estrada; II - Construa em uma fundação firme; III - Use os melhores materiais; IV - Compacte todas as camadas corretamente; V - Projete para cargas e volumes de tráfego; VI - Projete para manutenção; VII - Só pavimente quando preparado; VIII - Construa da base para cima; IX - Proteja seu investimento; X - Mantenha bons registros”.

Para seguir os dez mandamentos para construção de uma boa estrada não se deve esquecer que água flui em declive, precisa fluir para algum lugar e é um problema se não for corrente, podendo causar trincas e buracos e outros defeitos nas camadas superficiais e em camadas mais baixas enfraquecem o subleito. Os sistemas de drenagem efetivos desviam, drenam e dispersam a água.

Uma estrada é tão boa quanto sua fundação, isto porque uma rodovia desgasta do topo para baixo, mas as cargas são transmitidas à base da estrada que tem de suportar a estrutura inteira e o tráfego que a utiliza. Para que isso ocorra, a utilização de materiais de boa qualidade é fundamental, razão pela qual, para estradas sem pavimentos (encascalhadas), deve-se usar cascalhos que têm uma mistura de tamanhos (agregado bem graduado) com tantas partículas menores que possam encher os vazios entre as maiores. Compactar todas as camadas reduz ou elimina os espaços abertos (espaços vazios) entre as partículas, fazendo com que menos água possa entrar na estrutura, debilitando-a.

O projeto de uma estrada deve ser feito levando em consideração a carga que um caminhão transporta, pois um caminhão com PBT (Peso Bruto Total) de 9.000 kg de eixo traseiro único faz tanto dano a uma estrada como quase 10.000 carros (100). Construir da base para cima parece óbvio, mas não se deveria revestir a estrada, se o problema está em uma camada subjacente.

Sem uma adequada manutenção, uma estrada deteriorará rapidamente e colapsará, portanto, as estradas devem ser projetadas para serem mantidas facilmente, executando os procedimentos de manutenção que são para as estradas não-pavimentadas: para a superfície - regularização, reconformação (nivelamento), remendos, controle de poeira; para a drenagem - limpeza e reparos das valetas e bueiros e remoção de todo o material de excesso; para a margem

de estrada (acostamentos, ombreiras) - cortar, roçar, podar as árvores, plantar e controlar a erosão; para a sinalização de tráfego - limpar e reparar ou recolocar a sinalização.

Não é necessário pavimentar todas as estradas imediatamente, pois nada há de errado com uma bem-construída e bem-mantida estrada de cascalho ou estrada com revestimento primário e outras, se as cargas e volume de tráfego não requerem uma superfície pavimentada. Antes que se faça qualquer melhoria na estrada, deve-se localizar a causa de problema na superfície e escolher uma técnica de melhoria que o focalizará, podendo ser feito por métodos de avaliação das condições superficiais da estrada.

Fazendo qualquer trabalho, que não resolva o problema é um desperdício de dinheiro e esforço, principalmente, porque o sistema de estrada pode ser o maior investimento na municipalidade, que requer, portanto, importantes atividades de manutenção. Manter bons registros conhecendo a construção, vida e história de reparos facilitam o planejamento e orçamento das futuras manutenções. Os registros também podem ajudar a avaliar a efetividade dos métodos de reparos e materiais usados.

## **2.3. CARACTERÍSTICAS GERAIS PARA CONSTRUÇÃO DE UMA ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA**

### **2.3.1. Classificação e tipos**

As estradas não-pavimentadas possuem de acordo com os estudos pesquisados vários tipos de classificação em relação a sua utilização: quantitativo de veículos, largura e outros. Para PRICE (66) o tipo de pavimento está em função de VPD (Veículos Por Dia) e padrão geométrico, por exemplo: para um VPD entre 50 e 100 o pavimento deve ser de terra, algumas vezes cascalhos e com estrutura simples.

MARTIM e VERA (53) estabelecem a classificação na Espanha pelo uso e categoria de tráfego: vias agrícolas e florestais com número de veículos pesados diários por sentido variando de 12 a 49. Em Madagascar e Zaire, HORTA (41) estabelece o padrão também por VPD: para estrada de terra construída por intenso método manual ou por raspagem com motoniveladora, o VPD fica entre 25-50.

No Equador, BERGER e GREENSTEIN (5) estabelecem o padrão de estrada não-pavimentada pela largura da via e VPD para estradas de cascalho natural: a largura e o VPD em 4,0 a 6,0 metros e até 100, para as larguras mais estreitas e para as mais largas, de 100 a 150, respectivamente.

Como pode ser visto, são inúmeras as classificações que se dão para estradas não-pavimentadas, além de outros, tais como: Estradas de Acesso, na África (51), Estradas Rurais, no Sub Saara da África (Camarões, Etiópia, Guiné, Quênia, Nigéria etc.) (70). Contudo, todas estas classificações só têm validade se levarem em conta o volume de tráfego da estrada não-pavimentada, que deve ser baixo.

### 2.3.2. Baixo volume de tráfego

Definir a quantidade de veículos para um baixo volume de tráfego para as estradas não-pavimentadas é uma tarefa um tanto quanto complexa. Pelos estudos pesquisados pôde-se verificar, também, neste caso, uma variação entre os volumes de veículos por dia – VPD que estão apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Quantitativo de veículos por dia (VPD) para tipos de estradas de baixo volume de tráfego

Estudo/Classificação		VPD	Tipo de estrada
FHWA (42)	Classe 1	< 50	Sem tratamento superficial ou com solo granular ou superfície de solo com agregados
	Classe 2	Entre 50 e 400	Material granular selecionado ou solo estabilizado com agregados nas superfícies
Áustria (40) – Estradas de Baixo Volume		< 100	Estradas sem pavimentos com função de ligar vilas a centro ou fazendas ou pequenos vilarejos e as estradas de florestas
AASHTO (78)	10.000 ESAL*	Mínimo -25	Estrada de cascalho * ESAL – <i>Equivalent Single Axle</i> (carga equivalente de eixo simples) 18 Kip = 8.2 t $\cong$ 9000kg de PBT.
	100.000 ESAL*	Máximo -250	
Órgãos Rodoviários Estaduais (PR, SP, GO, MT e MS) (49)		Máximo de 200	Para estradas construídas com material de baixo custo

### 2.3.3. Projetos geométricos

As características geométricas mais comuns das estradas não-pavimentadas estão definidas para o tipo de terreno e volume de tráfego, de acordo com os estudos pesquisados, na Tabela 2.3. Contudo, sinteticamente foi adotado o terreno como montanhoso, por estar presente na maioria do território brasileiro e o volume de tráfego no máximo de 250 veículos por dia, sendo um valor médio para uma estrada não-pavimentada, acima deste valor alguns estudos recomendam a melhoria das condições geométricas e de pavimento da estrada.

Tabela 2.3. Quadro comparativo das características geométricas dos estudos pesquisados para terreno montanhoso e VPD < 250

Estudo	Velocidade Diretriz (km/h)	Largura da Pista (m)	Largura do Acostamento (m)	Raio de Curvatura Mínimo (m)	Greide máximo (%)
A. B. (51)	N/C	3.0 a 4.0	N/C	8.0	3 a 5
AASHTO (101)	32	5.4	0.6	32.1	16
E. A.(64)	N/C	3.0 a 4.5	0.5	N/C	N/C
DETOUR (4)	25 -35	7.5 – 8.0	N/C	30 -35	9.0 – 12.0
TRRL (85,86)	40	3.0	1.0	30 –35	10
Quênia (70)	<40	4.0	N/C	30.0	11
Tanzânia (70)	40-60	4.5	N/C	50.0	3.0
CODASP (14)	30	N/C	N/c	> 30	8
DNIT (17)	30	5.5	1.0	30	9

Sendo: A.B. – Acessos Básicos; E.A. – Estradas Alimentadoras; e N/C – Não Consta

Observa-se pela Tabela 2.3 que se têm valores próximos, em especial, os da Velocidade Diretriz e Raio de Curvatura Mínimo. Contudo, os valores para largura da pista possuem diferenças consideráveis, caso do valor do DETOUR para o TRRL, este se aproxima dos valores das Estradas de Acessos Básicos e das Alimentadoras. O valor para largura da pista mais coerente e que se observa na prática é o da AASHTO, que se aproxima do DNIT. As larguras muito estreitas dificultariam sobremaneira a trafegabilidade e as mais largas, caso do DETOUR, encareceriam os custos de implantação, manutenção e conservação das estradas, sem que haja a necessidade da largura proposta em relação ao volume veicular. Um elemento geométrico que varia muito é o greide tendo um valor máximo de 16% e um mínimo de 3%.

#### 2.3.4. Seção transversal de uma estrada não-pavimentada

A seção transversal (declividade transversal, abaulamento) é um dos principais elementos da estrada não-pavimentada e tem a função de não deixar as águas sobre a plataforma estradal evitando a deterioração da superfície da estrada pela água, além de garantir a segurança.

Para MIMR – Manual Internacional de Manutenção Rodoviária (44) a declividade transversal deve ter entre 4 a 6%, valores estes que também são estabelecidos pela ORN 6 (85) e THAGESEN (83).

Em estudo realizado pela UNIVERSITY OF WYOMING (101) a seção transversal é estabelecida com valores em polegada por pés: 1/3, 1/2 e 2/3, que representam em percentagens, respectivamente: 2.8, 4.2 e 5.6% , sugerindo uma declividade transversal média na ordem de 5%.

Outro ponto de destaque na declividade transversal é a superelevação nas curvas que não somente favorece a drenagem como também ajuda a manter os veículos na estrada. Para SROMBOM (81), a superelevação nunca deverá ser menor que a razão especificada para a declividade transversal, tendo, por exemplo, o seu comprimento mínimo em 30 metros, para uma declividade transversal na razão de 5% e para a velocidade de projeto de 48 km/h, devendo ser executada em três estágios.

### 2.3.5. Características dos materiais empregados em tratamento e construção

Os materiais para construção e tratamento das estradas não-pavimentadas obedecem aos parâmetros em relação aos limites de consistência e outras características em função do clima. Exemplos de graduações do material constam na Tabela 2.4 e das suas características estão apresentadas na Tabela 2.5, de acordo com os estudos pesquisados, sugeridos para o clima tropical úmido, que ocorre em boa parte do território brasileiro.

Segundo VISSER e NIEKERK (94) uma das especificações de material de estradas não tratada é o TRH 14 – *Technical Recommendations for Highways 14* (Recomendações Técnicas para Rodovias 14) do *Committee of State Road Authorities* (Autoridades do Comitê de Estrada Estadual) de Pretória, África do Sul que tem um bom amparo no meio técnico, por requerer o

ensaio mais adequado de CBR – *California Bearing Ratio* (Índice de Suporte Califórnia) obtido com materiais locais, com as suas características principais mais usuais apresentadas na Tabela 2.6.

Tabela 2.4. Graduação de agregados para revestimento de estradas não-pavimentadas de acordo com os respectivos estudos pesquisados

Estudos				Percentagem de peso passando pela peneira de malha quadrada								
				mm	37.5	25	19	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
				Nº					4	10	40	200
AASHTO M147 (61)	Classificação	Para base e sub-base	Revestimento	A	100			30-65	25-55	15-40	8-20	2-8
				B	100	75-95		40-75	30-60	20-45	15-30	5-20
				C		100		50-85	35-65	25-50	15-30	5-15
				D		100		60-100	50-85	40-70	25-45	5-20
				E		100			55-100	40-100	20-50	6-20
				F		100			70-100	55-100	30-70	8-25
DEPARTMENT OF ARMY - TM 5-822-12 (19)	Classificação			Nº 1		100		50-85	35-65	25-50	15-30	8-15
				Nº 2		100		60-100	50-85	40-70	24-45	8-15
				Nº 3		100			55-100	40-100	20-50	8-15
				Nº 4		100			70-100	55-100	30-70	8-15
TRRL - ORN 2 (88)	Máximo Tamanho Nominal (mm)	37.5		100			80-100	55-80	40-60	30-50	15-30	5-15
		19					100	80-100	60-85	45-70	25-45	10-25
		9.5						100	80-100	50-80	25-45	10-25
FHWA (30) Gradação Nº3	Cascalho				100	95-100	50-90	35-70	20-55	10-35	8-15 ou 5-15	
	Pedra				100	95-100	50-90	35-70	15-55		8-15 ou 5-15	

Tabela 2.5. Características de materiais para superfície de cascalho em clima tropical úmido, segundo estudos pesquisados

Estudos	Limite de Liquidez-LL – máximo (%)	Índice de Plasticidade – IP (%)
ORN 2 (88)	35	4-9
HUDSON e MEYER (42)	35	2-9
AASHTO (61,103)	35	4-9

Tabela 2.6. Sugestão do padrão dos materiais, segundo VISSER e NIEKERK (94)

Propriedades do Material	VPD < 500
Máxima Espessura – mm	19 -38
Mínimo Módulo de Graduação - GM	1.5
% passando em massa – 0.425 mm	15 - 55
Máximo Limite de Liquidez - LL - %	40
Máximo Índice de Plasticidade - IP - %	15

Sendo: GM – *Modulus Grading* (Módulo de Graduação) que é a % acumulativa retida nas peneiras de 2, 0.425 e 0.075 mm.

Além dos estudos acima citados, a FHWA (30) aborda outras propriedades dos agregados (cascalho, areia, silte e argila) para serem usados na superfície da estrada em três características: a permeabilidade, compressibilidade e a resistência, conforme mostra a Tabela 2.7, cuja qualidade de alta resistência, baixa compressibilidade e estabilidade são normalmente associadas com a boa compactação (alta densidade).

Tabela 2.7. Propriedades observadas para tipos de agregados – FHWA (30)

Tipo de Agregado	Permeabilidade	Compressibilidade	Resistência
Cascalho	Permeável	Insignificante	Excelente/Boa
Areia	Permeável	Insignificante	Boa
Silte	Semipermeável para impermeável	Baixo-médio	Regular
Argila	Impermeável	Alta	Ruim

No Brasil, há um estudo realizado por D'ÁVILA et al. (15,16), que utiliza o ensaio denominado como MCT (Miniatura Compactado Tropical), para estabelecer novas especificações de material para superfície de estradas não-pavimentadas, pela observação do comportamento do revestimento primário de 41 trechos de estradas não-pavimentadas, nas regiões do Estado do Rio Grande do Sul, submeteram os trechos a uma avaliação qualitativa considerando o suporte, aderência e a durabilidade. Puderam especificar para os solos, segundo a classificação do MCT, por exemplo: para o LA (laterítico arenoso) aplicável como revestimento primário para estradas de baixo volume de tráfego médio diário (<20 veículos/dia), com greide de plano a suave, em camadas de pequena espessura (< 2cm) e para o NS' (não-laterítico siltoso) não é aplicável como revestimento primário.

## **2.4. TIPOS DE TRATAMENTO**

### **2.4.1. Introdução**

As estradas não-pavimentadas, se não sofrem um tratamento específico e constituem apenas do solo local, são denominadas de estradas de superfície não tratada.

Neste caso, segundo YODER e WITCZAC (103), o uso de material local para construção de estrada de superfície não-tratada é a regra em vez da exceção. É importante que a atenção seja dirigida em relação à plasticidade do solo fino. Uma mistura de solo-agregado que predomina o solo argiloso pode tornar-se escorregadia e fraca quando molhada.

OGLESBY e HICKS (61) dizem que são raramente empregados menos de 20 cm de profundidade solta na construção de superfície não-tratada, a qual é cerca de 15 cm, na compactação, porém algumas agências usam a espessura do material solto de 25 a 30 cm .

Quando ocorre a falta de capacidade de suporte do subleito, que se trata de um elemento fundamental para a superfície de estrada não tratada, é necessário tomar providências específicas, sendo empregados materiais granulares misturados ao solo que irão contribuir para as condições de rolamento na maioria dos casos. Visto que a falta de capacidade de suporte provoca ondulações transversais, formação de afundamento de trilha de rodas e apresenta formação de lama por ocasião de chuvas mais intensas.

Assim, quando se buscam boas condições de rolamento e aderência, deve-se considerar quatro itens: material granular, material argiloso, mistura e compactação que estabelecem o tratamento primário (46).

#### 2.4.2. Tratamento Primário

O Tratamento Primário consiste em procedimentos técnicos voltados à melhoria das condições de rolamento e aderência do tráfego nas estradas de terra, realizado por três tipos básicos, segundo STORINO et al. (82), que tratam:

a) revestimento primário é a execução sobre a superfície da terraplenagem de uma camada de material granular e argila bem misturados e compactados formando uma camada com espessura variável entre 10 a 20 cm de acordo com a quantidade e tipo de tráfego. O material argiloso deve representar 20 a 30% da mistura total e a dimensão máxima ideal do material granular é de 2,5 cm. A mistura pode ser executada no próprio leito e normalmente a grade de discos é o implemento mais adequado para uma boa homogeneização;

b) agulhamento é um tipo de tratamento primário indicado para estradas de menor porte e baixo volume de tráfego ou em casos que o revestimento primário é muito complicado ou custoso. A sua característica é a cravação de materiais granulares com dimensões superiores a 2,5 cm,

utilizando a compactação diretamente numa camada de material argiloso colocada sobre o subleito;

c) mistura de areia com argila é um tratamento primário indicado para casos de subleito bem arenoso, são solos de regiões que as estradas apresentam os chamados "areidões", a técnica recomenda que seja adicionado cerca de 30% de argila no sentido de propiciar uma camada de material coesivo, adequando a pista para boas condições de rolamento e considerável capacidade de suporte. A argila é distribuída seca e destorroada sobre o leito de areia em volume certo para obter uma relação 1:2,5 (argila:areia), depois, deve ser misturada com auxílio de uma grade de discos, umedecida e posteriormente ser compactada.

#### 2.4.3. Estradas de Cascalho

Uma das práticas mais difundidas em países desenvolvidos e nos em desenvolvimento, neste feito sem muitos procedimentos técnicos, é o tratamento da superfície das estradas pela colocação de uma camada de cascalho, denominando de Estradas de Cascalho (*Gravel Roads*).

Para SKORSETH (78) o cascalho é a mistura de três tamanhos ou tipo de material: pedra, areia e finos e para THAGESEN (83) a espessura da superfície de cascalho não é, normalmente, projetada, ela é simplesmente estimada, baseado na experiência. O cascalho é tipicamente colocado na espessura compactada de 15,0 a 20,0 cm. Mais cascalho é adicionado onde a espessura apresenta ser inadequada, em que resulta em formações rápidas de trilhas de roda.

Na época de seca, as Estradas de Cascalho são empoeiradas, necessitando de manutenção freqüente, problema este discutido no subitem específico: controle paliativo de poeira ou tratamento antipó.

DIERKS (22) aborda a colocação da camada de cascalho sem projeto pelo tipo de solo ou quantitativo de tráfego. Como exemplo, as espessuras que são requeridas para estrada de padrão de terra: 30,0 cm sobre areia pesada e material de altíssima plasticidade; 20,0 cm sobre areia normal; 10,0 cm sobre seção muito áspera; tráfego diário menor que 10 (VPD < 10) não necessita de camada de cascalho e tráfego menor de 30 (VPD < 30), espessura de 15,0 cm. Para estradas de cascalho a espessura mínima sugerida será de 20,0 cm, se o material é compactado sob ação do tráfego.

Há caso, como do IOWA DEPARTMENT OF TRANSPORT (DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE IOWA – EUA) (47), pela quantidade de cascalho distribuída por toneladas por milha e aplicada em estágios.

Em estudo realizado por SKORSETH (78) a espessura de camada de cascalho do Estado de Dakota do Sul/EUA é obtida por dois parâmetros: caminhões pesados e condições de suporte do subleito, tendo as espessuras sugeridas apresentadas na Tabela 2.8.

Tabela 2.8. Sugestão para espessura da camada de cascalho para estradas rurais novas ou reconstruídas, segundo SKORSETH (78)

CBR	Estimativa de Caminhões Pesados Por Dia			
	0 a 5	5 a 10	10 - 25	25 - 50
Baixo: < 3%	165	215	290	370
Médio: 3-10 %	140	180	230	290
Alto: > 10 %	115	140	180	215
Espessura em mm				

Porém as espessuras de cascalhos apresentadas são sugeridas pela prática local, não apresentando fórmulas ou equações que as justifiquem.

#### 2.4.4. Métodos de dimensionamento de espessura de cascalho

Para resolver o problema da espessura da camada de cascalho em estradas revestidas com este tipo de material, métodos para o dimensionamento da espessura de agregados (cascalho) foram encontrados em pesquisas realizadas que tratam dos seguintes: *U.S. Army Corps of Engineers Method*; *USFS Region 4 Implementation of Corps Rutting Equation*; *USFS Surfacing Design and Management System (SDMS)*; *USFS Region 8 Analysis Road Materials System (ARMS)*; *AASHTO Low-Volume Road Design Method*; *USFS Chapter 50 Design Method*; *Willamette National Forest “Seasurf” Design Method*; e *FHWA Report (102)*; *DETOUR – Deterioration of Engineered Unpaved Roads (4)* e *Pavement Design of Unsurfaced Roads (38)*. Estes métodos possuem diferenças nos seus procedimentos, por exemplo:

- o Manual Técnico 5-822-12 (19) projeta a espessura para estradas de superfície de agregado de forma similar ao projeto de estradas de pavimentos flexíveis contidos no TM 5.822-5. O procedimento implica em determinar uma classe da estrada existente baseada no projeto, conforme o número de veículos por dia, uma categoria de projeto é então determinada para o tráfego e a partir do qual o índice de projeto é determinado. Este índice de projeto trata de um gráfico de curvas (nomograma) que é usado para selecionar a espessura (com o mínimo de 4 polegadas – 10 cm) de agregado requerido sobre o solo que é dado pela resistência expressada em termos de CBR, isto para áreas não congeladas;

- em 1985, Alkire (102) publicou um relatório patrocinado pela FHWA para projeto e operação de estrada com superfície de agregado. A espessura de agregado foi determinada em três níveis de complexidade de projeto A, B e C. Cada nível utiliza-se de método de projeto que tem sua base em métodos existentes, tratando apenas os elementos-chave dos projetos, sendo que o Projeto Nível C usa o modelo da profundidade da trilha de roda desenvolvido por Hammitt, que a simplificação do procedimento do projeto é sugerida de forma que o efeito do tráfego deveria ser desconsiderado e a espessura (t) deveria ser calculada usando a equação:  $t = (750/\text{CBR})^{0.5}$ .

#### 2.4.5. Controle paliativo de poeira ou tratamento antipó

Segundo SKORSETH (78) todas as estradas de cascalho emitirão poeira (pó) sob a ação do tráfego. Afinal de contas, elas são estradas não-pavimentadas que tipicamente servem um baixo volume de tráfego e a poeira é comumente um problema inerente.

Nos países desenvolvidos o problema da poeira nas estradas não-pavimentadas não é só uma questão de segurança de trafegabilidade, como também é um problema ambiental, pois produzem poluição do ar, reduzem a velocidade de crescimento das plantas e afetam a saúde dos residentes próximos às estradas.

Para se ter uma idéia da quantidade emitida de pó, um único veículo que viaja por uma estrada sem pavimento, uma vez por dia, durante um ano, produz uma tonelada (1000 kg) de pó por milha (1.6 km). Isto indica uma perda de 62.500 kg de partículas finas num ano para cada km de estrada, com uma média de 100 veículos por dia (80).

Para minimizar o problema há métodos de tratamento para reduzir significativamente a poeira e que ajuda na conservação da superfície da estrada. De acordo com WISCONSIN TRANSPORTATION BULLETIN Nº 13 (99), que estabelece o seguinte: a expectativa de 25 a 75% de redução do custo na regularização e recomposição, usando o programa de controle de poeira e com a redução da velocidade do veículo, pois reduzindo a velocidade de 64 para 56 km/h minimizará a emissão de pó em até 40%.

Então, pode-se escolher o uso do controle de poeira em estradas ou trechos de velocidades mais altas, mas utilizá-lo com volume extremamente baixo não justificaria, provavelmente, o custo e com volume maior seria difícil de mantê-las. O controle de poeira será apenas útil com custo efetivo em estradas não-pavimentadas que estão em boas condições, isto é: tendo seção transversal apropriada, drenagem adequada, uma boa mistura de finos e agregados e superfície bem compactada.

Para saber quais as qualidades das características dos diversos agentes de tratamento e controle de poeira, entre eles: o cloreto de cálcio, o cloreto de magnésio, petróleo, lignina, óleo alto e vegetais, eletroquímicos, polímero sintético e aditivos de argila, BOLANDER e YAMADA (8) classificam essas características em boa, média e ruim em relação aos fatores: volume de tráfego diário médio, características do material da superfície e estação climática durante o tráfego.

O estudo específica, por exemplo, para o cloreto de cálcio como bom, respectivamente: VPD = 100 a 250; IP > 8 e finos passando na peneira nº 200 entre 10 a 20% e clima úmido para seco.

Segundo KIRCHNER e GALL (50), o tratamento com o cloreto de cálcio é utilizado em grande escala nos EUA por possuir as características: hidrocópica, que atrai a umidade da atmosfera e resiste a evaporação e a de deliquescência, que na forma sólida pode dissolver em um líquido para absorver a umidade da atmosfera e do meio ambiente arredor.

No Brasil, além de produtos asfálticos, para tratamento antipó, que, segundo estudos experimentais de FERNANDES (32), que utilizou o CAP 7 misturando na proporção de 60 a 80 kg/m<sup>3</sup> com pedra britada ou “bica-corrída” pré-lavada espalhada na superfície.

Outros agentes de tratamento antipó estão sendo utilizados, caso dos aditivos químicos líquidos para estabilização de solo, que além de agirem no controle de poeira, agem também no suporte do subleito (CBR) aumentando-o, consideravelmente.

Em ensaios laboratoriais, o autor deste trabalho, com auxílio da equipe do Laboratório de Mecânica de Solos da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), experimentou um desses aditivos e pôde-se comprovar a veracidade da questão, pois se houve caso onde o CBR do solo natural era de 9.6% e com a adição do aditivo na proporção de 1:1000 (aditivo:solo) obteve-se um CBR de 16.7%. Esse aditivo, especificamente, utiliza-se de reagentes que pode ser sulfato de alumínio ou hidróxido de cálcio ou calcário.

O sulfato de alumínio foi utilizado como reagente no experimento, na proporção 1:5000, mas existem outros aditivos químicos que agem diretamente no solo sem a necessidade de reagentes, adicionando-o apenas na quantidade de água necessária para atingir a umidade ótima na compactação.

## **2.5. AS ESTRUTURAS DE DRENAGEM**

### **2.5.1. Introdução**

Os engenheiros, em geral, estimam que pelo menos 90% dos problemas das estradas são causados pela água. Os três primeiros caminhos para preservar a resistência das estradas e estender sua vida são : 1º Drenagem, 2º Drenagem e 3º Drenagem (92). A natureza e a extensão das instalações de drenagem a serem executadas variam com o tipo de solo local, a precipitação pluviométrica da zona e a topografia da região. Os problemas de erosão dependem dos mesmos fatores (2).

Segundo AGG (2) encontram-se dois tipos de problemas de drenagem na construção de estradas, que podem se apresentar separadamente ou em conjunto nas áreas com a precipitação anual exceda a 600 mm, isto é, em regiões chuvosas. Um deles trata da drenagem superficial, que, de forma simplista, consiste na construção de valetas laterais para conduzir as águas das proximidades da parte trafegada da estrada e o outro tipo de problema é a drenagem subterrânea que tem a solução no conhecimento da situação exata da fonte e do movimento da água do subsolo.

### **2.5.2. Estruturas de drenagem superficial**

Os principais sistemas de drenagem superficiais para estrada não-pavimentada tratam da valeta e bueiro que têm como principais funções, respectivamente: transportar a água da superfície da pista para fora e conduzir a água de um lado para outro do alinhamento da estrada de maneira controlada. Além destas, têm-se outras, tais como: sangras, caixas de infiltração ou acumulação, vertedouros ou passagens molhadas etc.

Os dispositivos constituintes dos sistemas de drenagem mais importantes para as estradas não-pavimentadas apresentam os seguintes procedimentos técnicos de acordo com os estudos pesquisados:

a) valeta/canaleta: a drenagem superficial é geralmente obtida por meio de valetas laterais que ladeiam a parte trafegada da estrada. Na maior parte dos casos, a simples valeta lateral é suficiente, algumas vezes são necessárias disposições especiais para a remoção de uma grande quantidade de água de chuvas torrenciais, prováveis durante certas estações do ano. O BMP Manual – *Best Management Practices* (Manual de Prática de Melhor Gerenciamento) (6) estabelece os princípios gerais das valetas em: assegurar que seja adequadamente alinhada para prevenir a erosão e manutenção regular para conservá-la limpa e firme e para manter a capacidade do canal. Para DIBIASO (20) têm-se três tipos de valetas que podem ser moldadas em corte transversal que são: parabólico - fundo redondo, é melhor em termos de custo em longo prazo e eficiência, tem a mesma capacidade como a trapezoidal com menos erosão. Os lados são facilmente plantados com vegetais (gramas), reduzindo erosão mais adiante, provavelmente, é o mais difícil e caro de construir; trapezoidal - fundo plano é mais fácil de construir que a valeta de fundo redondo (parabólico); triangular - a valeta de fundo moldado em V é a mais fácil de construir e requer a menor área à margem de estrada. Dos três tipos, é a que requer mais manutenção, tem a mais baixa capacidade de transportar a água e é a mais suscetível à erosão;

b) sangras: as águas devem ser retiradas da plataforma através de canaletas e/ou valetas laterais. Essas canaletas ou levam as águas diretamente para um sistema de drenagem natural ou as conduzem para terrenos vizinhos através de sangras. Neste caso, deverão ser conduzidas em curvas de nível para evitar erosões nos terrenos (46). Logo as sangras são extensões das valetas para dirigir a água para áreas filtrantes e podem ter os espaçamentos necessários em função do

greide da estrada, por exemplo, para um gradiente de 5%: o BMP (6) requer distâncias de 40 m e o ORN 2 (88) estabelece distâncias de 25 m entre as sangras;

c) bueiros: são elementos de drenagem que servem para transpor a água de um lado para outro da estrada ou dar passagem livre às drenagens naturais permanentes (córregos) ou temporários (enxurradas). Podem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, latões tratados etc. que têm suas vantagens e desvantagens em relação ao peso, vida de serviço, resistência à corrosão e abrasão e colocação. O topo do bueiro deverá estar a uma profundidade mínima igual a uma vez e meia (1,5) seu diâmetro, que pode ser dimensionado levando em consideração a área de drenagem, por exemplo para uma área de 5 a 10 acres, o diâmetro deverá ser de 0.45 m (6).

### 2.5.3. Drenagem subterrânea

As águas subterrâneas, que escoam através do solo, podem ser a causa da instabilidade do subleito da estrada, sendo, muitas vezes, a razão oculta de faltar resistência ao revestimento para suportar o peso do tráfego.

O lençol d'água subterrâneo pode ser mantido em um nível que não ponha em perigo a estabilidade do solo que suporta o leito da estrada, se forem empregados drenos projetados adequadamente.

Os drenos devem ser empregados como complemento à drenagem superficial, além de servir para rebaixar o nível do lençol subterrâneo. Para drenos longitudinais prevê-se o emprego de tubos de, pelo menos, 0,20 m de diâmetro, caso de terrenos com solos siltosos e argilosos. Em terrenos relativamente planos, onde a água deve ser levada a grandes distâncias para encontrar uma saída, geralmente, utiliza-se duas linhas de drenos com tubo ao longo da estrada, a uma profundidade suficiente para baixar o nível do lençol subterrâneo (lençol freático) a 1 ou 1,5 m, pelo menos, abaixo da superfície da estrada.

## **2.6. MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS**

### **2.6.1. Introdução**

Atualmente, no Brasil, define-se a conservação ou manutenção em rotineira e periódica (programada) e em países desenvolvidos, em especial, nos Estados Unidos da América, de acordo com as pesquisas realizadas, a manutenção das estradas não-pavimentadas tem o seu aspecto mais importante na manutenção da superfície das estradas de cascalho que preserva e mantém as propriedades da seção transversal da estrada para boa drenagem, por uma perfeita regularização.

Para SMITH e HARRAL (79): “Os pavimentos deterioram mais rapidamente em climas úmidos e mais lentamente em climas secos” e alguns fatores irão afetar a sua vida após a construção e conseqüente utilização da estrada.

Segundo BMP (6), existem cinco fatores principais que afetam a capacidade das pistas das estradas não-pavimentadas para sobreviver e servir às necessidades de deslocamentos públicos para uma vida longa e utilizável, que tratam: carga do tráfego; qualidade do subleito; práticas de trabalho e construção; água e programa de manutenção. As estradas não-pavimentadas requerem manutenção de rotina e preventiva em bases regulares. A idéia é identificar “possíveis” problemas antes que eles se tornem um problema “real”.

Dessa forma, o programa de manutenção, que pode ser realizado rotineiramente e/ou periodicamente, tem as suas definições apresentadas na Tabela 2.9 e possuem tipos de prática usuais que serão discutidas mais adiante. De outra forma, o ORN 1 (87) estabelece a divisão dos tipos de manutenção de acordo com a Tabela 2.10.

Tabela 2.9. Definições de tipos de manutenção para estradas não-pavimentadas

Estudos	ROTINEIRA	PERIÓDICA
MIMR <sup>a</sup>	Executa uma ou mais vezes ao ano em escala pequena e simples; práticas realizadas: regularização, reconformação manual (pequena extensão), patrolamento e remendos	Executa em trecho da estrada depois de um determinado período de um ou mais anos; mais dispendiosa, requer uma identificação e planejamento específico; operações de reconformação manual e recomposição mecanizada e ou manual e tratores.
DNIT <sup>b</sup>	Regularmente empreendidas pelas turmas de conservação ao longo de todo o ano; práticas realizadas: regularização, remendos e limpeza das estruturas de drenagem.	Mais extensivo que são exigidas em intervalos de anos; operações de recomposição ou recascalhamento, necessita de planejamento e cronograma elaborados por supervisores em primeira linha.
RMS <sup>c</sup>	Realizada pelo menos uma vez por ano; para as estradas alimentadoras, as práticas são: limpeza de valetas e bueiros, reconformação, acertos de buracos, patrolamento.	Repetida depois de um período de anos, envolve programas anuais ou multi-anuais; técnicas de manutenção: reconformação, recascalhamento localizado.

Sendo: a) MIMR – Manual Internacional de Manutenção Rodoviária (44); b) DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre (18); c) RMS - *Road Maintenance Management Systems* (Sistemas de Gerência e Manutenção de Estrada) (62).

Tabela 2.10. Tipos de manutenção e atividades para estradas não-pavimentadas-ORN1 (87)

Tipo de Manutenção	Atividades
Urgente	Reparos emergentes para estradas bloqueadas e intransitáveis.
Rotina	Superfície: patrolagem, regularização ou remendos; estruturas de drenagem: limpeza externa e reconformação de valetas e sangras, limpeza externa de pontes e bueiros, remendos de áreas erodidas, construção de controle de erosão e reparos nas estruturas de drenagem.
Periódica	Recascalhamento.
Outros trabalhos de rotina	Remendos nos acostamentos e rampas, corte de vegetação e limpeza, reparo e recolocação de sinalização da estrada.
Especial	Restauração e reconstrução.

## 2.6.2. Técnicas e práticas de manutenção de superfície de estradas não-pavimentadas

As práticas realizadas em projetos de trabalho de manutenção das estradas não-pavimentadas têm como objetivo principal manter o abaulamento da seção transversal, possibilitando o escoamento da água para os sistemas de drenagem, sem que a água permaneça no leito estradal vindo a deteriorá-lo, com formações de defeitos, que também serão sanados, com o tipo de manutenção empregada, independentemente, se é executada com mão-de-obra somente ou com máquinas ou com ambos.

Para que estes objetivos sejam atingidos, as práticas mais comuns empregadas são a regularização, reconformação, patrolamento, remendos e recomposição que têm os seguintes princípios técnicos:

a) regularização: os procedimentos técnicos para a prática da regularização têm os seguintes objetivos, segundo os estudos pesquisados: para MIMR (44) - melhorar a superfície de rolamento das estradas em leito natural e com revestimento primário, restaurando a declividade transversal; para o BMP (6) – nivela, quando reconforma ou quando a correção de maiores defeitos na superfície é necessária; para ORN 2 (88) - possui dois tipos: a leve, que controla as irregularidades e as ondulações (corrugações) e a pesada, que escarifica e corta a parte de baixo das deformações para, em seguida, reconformar a superfície; para o RMU – *Road Maintenance Unit* (Unidade de Manutenção de Estrada) (37) - aplaina a superfície para restaurar o perfil e corrigir a declividade transversal da pista. Conseqüentemente, a regularização da superfície da estrada não-pavimentada é um dos principais modos de manutenção e é realizada praticamente por meios mecanizados (motoniveladora ou nivelador rebocável por trator), principalmente, após a estação chuvosa, corrigindo os defeitos maiores por ela provocados, tais como, afundamento de trilha de rodas, buracos e outros;

b) reconformação mecanizada: conforme estudos da NACE – *National Association of County Engineers* (Associação Nacional dos Engenheiros Municipais) (57) e que constam em CALVERT, HAIAR e WILSON (10) e WYOMING TECHNOLOGY TRANSFER CENTER (101) a reconformação trata de remisturar a base do agregado para obter uma mistura de finos, com diferentes tamanhos de agregados e nivelar esta mistura de material até uma apropriada declividade transversal da superfície da estrada e não somente um simples alisamento da superfície;

c) reconformação manual: é uma prática de manutenção utilizada em grande escala em países em desenvolvimento para rodovias de terra ou com revestimento primário, sendo considerada manutenção de rotina para pequena extensão e periódica para grandes extensões e para tráfego abaixo de 50 veículos/dia, utilizando equipamentos manuais na sua execução (44);

d) patrolamento: muitos “técnicos” condenam o patrolamento (nivelamento ou alisamento), mas utilizam-no com os objetivos de: aplinar defeitos menores da superfície por patrolamento regular e freqüente de acordo com MIMR (44); ou aplinar puxando o material solto na lateral da estrada ou agregados espalhados para preencher as irregularidades da superfície, segundo BMP (6) e RPM – *Recommended Practices Manual* (Manual de Práticas Recomendadas) (13); ou pelo ORN 2 (88) para retardar a formação de ondulações transversais nas estradas de cascalho e nas de terra removendo o material solto na superfície, é de grande valia na manutenção das estradas não-pavimentadas. Realizada por equipamentos mecânicos (motoniveladora ou nivelador rebocável por trator). Pode corrigir alguns defeitos leves, caso das ondulações, mas não serve para corrigir perda de declividade transversal e outros defeitos mais severos, estes devem ser corrigidos pela regularização. Não necessita de compactação, pois o material solto será removido deixando uma camada rígida e deve ser evitada a sua utilização durante extenso período de seca, para minimizar a perda de agregados finos;

e) remendos: conhecidos também como “tapa-buracos”, são práticas de manutenção que devem ser empregadas nas estradas, quando das existências de buracos e/ou panelas isoladas ou não, evitando que áreas sofram erosão ou desgastes, podendo vir a se tornar atoleiros quando úmidas e em lugar que desenvolvem defeitos em escala pequena. A regularização pesada ou a

reconformação não é justificada e/ou equipamento não é disponível. Em relação ao material empregado, de acordo com ORN 2 (88), devem ser utilizados cascalhos autoligantes ou contendo amplo material sem forma no grão;

f) recomposição/recascalhamento: antes de todo o revestimento ser desgastado, a rodovia deve ser revestida novamente, realizando, para tanto, a recomposição. Trata-se de uma manutenção periódica, devendo a sua espessura ser determinada por método de dimensionamento, valendo que, pelo menos, 15 cm de novo revestimento deve ser recolocado em toda superfície ou em trechos com defeitos graves. O material utilizado pode ter sua graduação e características de acordo com os estudos mencionados. Corrige defeitos, tais como, perda do material superficial, perda de declividade transversal, afundamento longitudinal, panelas e canais de erosão, se graves, utilizar os serviços preliminares como remendos e outros, bem como reparar e ou melhorar o sistema de drenagem da estrada, se não, a nova superfície de cascalho deteriorará muito depressa. Executada com equipamentos mecânicos, utilizando a motoniveladora, caminhão-pipa, rolo compactador e outros ou mão-de-obra e trator, caso da prática do MIMR (44). Deve haver a compactação com 8 passadas do rolo compactador, para atingir a compactação desejada na umidade ótima e controle da declividade transversal pelo gabarito de bolha entre 4 e 6 %.

### 2.6.3. Manutenção do sistema de drenagem

As estradas não-pavimentadas (tão quanto às pavimentadas) devem possuir um sistema de drenagem eficiente e adequado a cada necessidade requerida. A manutenção do sistema de drenagem requererá e deverá ter a mesma ou maior importância do projetado e, se necessário, acrescentar tudo que ocorra ao longo da sua utilização proveniente da natureza (temperatura, climatização, etc), permitindo, então, que sejam melhorados e aperfeiçoados.

Para o MIMR (45), a manutenção de rotina do sistema de drenagem é essencial para preservar a estrutura da rodovia e sua superfície de rolamento. Ocasionalmente, reparos de pequena monta ou melhoramentos são necessários durante a manutenção periódica.

A maioria das atividades de manutenção de drenagem pode ser realizada manualmente e são apropriadas para serem executadas por uma equipe móvel ou local ou por trabalhadores individuais que moram perto da rodovia.

As atividades de rotina e periódicas para cada tipo de estrutura, em especial, as valetas, canaletas, bueiros, vertedouros, passagens molhadas, caixas de inspeção e tubos de drenagem, segundo BMP (6) são para: a limpeza e manutenção das valetas, que é um dos mais importantes elementos para manter a boa qualidade da drenagem ao longo de qualquer tipo de estrada.

Para as estradas não-pavimentadas uma valeta bem projetada pode ser limpa com uma motoniveladora ou uma retro-escavadeira, mas a produção sob condições normais é geralmente maior com a motoniveladora; a manutenção dos bueiros pode ser uma atividade de rotina, quando envolve a desobstrução e limpeza, reparo de erosões, reparo de fissuras e reparo das testas e alas ou uma atividade periódica, no caso de reparo no piso do bueiro, reconstrução do bueiro em nível e declividade corretos e construção de diques de saída d'água.

Os demais componentes dos sistemas de drenagem, tais como, passagens molhadas, vertedouros, dissipadores de energia, caixas de inspeção, tubos de drenagem, pontes etc. merecem a mesma atenção despendida para as valetas e bueiros, principalmente, quando se trata de controle de erosão, caso da erosão de ravina, que representa um dos mais sérios problemas das estradas de terra e tem como causa a falta ou deficiência de um sistema de drenagem adequado, surgindo, inicialmente, na forma de sulcos onde os solos têm baixa resistência à erosão e, sob a ação de enxurradas, evoluindo para grandes ravinamentos. Quando atingem o nível das águas do aquífero freático que passa a participar do processo erosivo, as ravinas são denominadas boçorocas (46).

Nas pontes, quando pequenas, podem ser realizados reparos por uma unidade normal de manutenção de estradas. Visto que a manutenção dos fluxos fluviais que passam por debaixo das pontes envolve os mesmos procedimentos daqueles para bueiros. Por conseguinte, os entulhos deverão ser removidos assim que possível após transbordamentos (enchentes/inundações), áreas erodidas deverão ser reparadas, pelo enchimento com cascalho compactado e protegida com pedras arredondadas, concreto ou gabiões. Depósitos de silte e areia deverão ser removidos, quando necessário, para restaurar o canal original e reparos simples podem ser realizados nos tabuleiros de madeira da ponte (88).

## **2.7. ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS**

### **2.7.1. Introdução**

A manutenção das estradas não-pavimentadas pode ocorrer pela regularização ou reconformação ou recomposição, em se tratando da superfície estradal, de acordo com as necessidades e tipos de condições que se apresentam. Contudo há vários estudos que estipulam as quantidades, intervalos de tempo e outros fatores para promover essas manutenções, visando o quanto é economicamente viável, caso contrário, a estrada deverá sofrer melhorias na qualidade de seu revestimento.

A Tabela 2.11 apresenta os estudos sintetizados, exemplificando as quantidades que podem ser requeridas para as práticas de manutenção de regularização e de recomposição.

Tabela 2.11. Exemplos para alternativas de manutenção para regularização e recomposição, conforme os estudos pesquisados

Tipo de manutenção		Regularização					Recomposição		
Estudos		RIVERSON e SCHOLER (68)	FAIZ e STAFFINI (28)			BHANDARI et al. (7), HARRAL e FAIZ (39)	Gravel Road Maintenance (89)		
Situações		Sem	Compactar		Sem Compactar		Para cada 8.000 veíc./trans.	Largura da via (m)	
			Terra	Cascalho	Terra	Cascalho		6.0	7.0
VPD	< 50	5-7	4	1	3	1	2	13	19
	50 - 250	7-13	10	1-2	7	2	7	18	21
	> 250	13-40	--	3	--	3	12	32	28
Quantitativo		Frequência: Quantidade/Ano					m <sup>3</sup> /km/ano		

Sendo: VPD – Veículos Por Dia; veíc./trans. – veículos transitados

O ORN 1 (87) estabelece uma matriz de atividades de manutenção relacionada com a classificação das estradas, com as atividades de manutenção numeradas de 1 (mais alta prioridade – manutenção urgente) até 18 (menor prioridade – trabalhos especiais), conforme Tabela 2.12.

Tabela 2.12. Matriz de prioridade de manutenção – ORN 1 (87)

Categoria da Atividade de Manutenção*	Prioridade		
	Categoria de Tráfego - VPD		
	> 200	50-200	< 50
Urgente	1	2	3
Trabalho de rotina de drenagem	4	5	6
Trabalho recorrente na superfície	7	10	13
Trabalho periódico	8	11	14
Outros trabalhos de rotina	9	12	15
Especial	16	17	18

Sendo: VPD – Veículos Por Dia. Obs.: \* Conforme Tabela 2.10

Dentre os estudos pesquisados um que merece destaque é o DETOUR - *Deterioration of Engineered Unpaved Roads* (Degradação das Estradas Não-Pavimentadas Construídas e/ou Melhoradas), que trata de um método desenvolvido pelo Banco Mundial e tem como versão realizada pela Associação Brasileira de Pavimentação ABPv (4), que apresenta um programa de

manutenção de estradas de cascalho partindo das condições físicas e geográficas e outros, projetando a recomposição de cascalho nos próximos 20 anos.

Por outro lado, VISSER (93) e VISSER et al. (95) estabelecem um fluxograma para determinar a manutenção requerida, partindo da avaliação das condições da estrada, no caso, por método de avaliação desenvolvido por eles. ROBERTS e ROBINSON (71) definem as atividades de manutenção distribuídas em potencial (bom, regular, ruim) para equipamento e trabalho manual, estabelecendo um critério que é utilizado pela OECD (64) e ORN 1 (87) que consta na Tabela 2.13.

Tabela 2.13. Potencial, para operação de manutenção das principais atividades, baseado em equipamento e trabalho manual

Atividades de Manutenção de Estradas Não-Pavimentadas	Potencial para	
	Equipamento	Trabalho Manual
Limpeza e corte de valeta	Bom <sup>a</sup>	Bom <sup>b</sup>
Limpeza e menores reparos para bueiros e pontes	Ruim	Bom
Regularização da superfície	Bom <sup>c</sup>	Impraticável
Patrolamento da superfície	Bom	Ruim
Remendo da superfície , incluindo acostamentos	Regular	Bom
Reparação da declividade	Ruim	Bom
Corte de grama	Bom <sup>d</sup>	Bom
Reparo e recolocação de sinalização de trânsito	Ruim	Bom
Marcação da linha da estrada	Bom	Regular
Recomposição da superfície de cascalho	Bom	Regular

Fonte: ROBERTS e ROBSON (71), OECD (64) e ORN 1 (87).

Sendo: a- Requer valeta com formato de V; b- Requer valeta trapezoidal; c- Requer operador especializado; d- Depende da largura do acostamento e presença de obstrução, tais como equipamentos na estrada e cabeceiras de bueiros;

Além da forma de trabalho com equipamento e/ou trabalho manual, todos os itens na área de projeto de construção e manutenção de estrada são afetados pela boa, má ou falta de um e ou de outro. Assim algumas características geométricas são estabelecidas pelo projeto e construção e outras são em função da manutenção aplicada e requerida. Para se ter uma idéia melhor do que cada característica projetada está em função de que, verificar a Tabela 2.14.

Tabela 2.14. Características projetadas em função de projeto e/ou manutenção

Característica Projetada	Função
Alinhamento horizontal: locação e comprimento das curvas e tangentes	Projeto
Nivelamento e Curvas Verticais	Projeto
Distância de Visibilidades - Limitada pela obstrução tais como superfície da estrada e estruturas - Limitada pela vegetação	Projeto Manutenção
Declividade Transversal: abaulamento e superelevação	Manutenção
Largura da estrada: total do leito carroçável e acostamento	Manutenção
Nivelamento da Superfície	Manutenção
Dispositivo de Controle de Tráfego: sinais e marcações	Manutenção
Drenagem: restrições em capacidade projetada	Manutenção

Fonte: SROMBOM (81).

### 2.7.2. Estratégia de manutenção em função dos métodos de avaliação

Para os métodos de avaliação, que serão teoricamente desenvolvidos e aplicados em campo, são as seguintes alternativas de manutenção:

- URCI – *Unsurfaced Road Condition Index* (Índice da Condição de Estrada Não-Pavimentada) em função do tipo de feito e seu nível de severidade, conforme Tabela 2.15 (23);
- RSMS – *Road Surface Management System* (Sistema de Gerenciamento de Superfície de Estrada) determina a categoria, a estratégia e alternativas de reparos, de acordo com a Tabela 2.16, estabelecidas em função da severidade/extensão dos defeitos (90);
- ERCI – *Earth Road Condition Index* (Índice da Condição de Estrada de Terra) define a categoria de manutenção pelos defeitos envolvidos e a prática de manutenção pelo nível de severidade dos defeitos, conforme a Tabela 2.17 (1);
- GPM – *Gravel Paser (Pavement Surface Evaluation and Rating) Manual* (Manual de Avaliação e Classificação da Superfície de Pavimento de Cascalho) e o RCS/DVI – *Road Condition Survey/Detailed Visual Inspection* (Avaliação da Condição da Estrada/Inspeção Visual Detalhada) pela classificação das condições da superfície da estrada, após realizar a avaliação pelos respectivos métodos de acordo com a Tabela 2.18 (98, 62,63).

Tabela 2.15. URCI - Alternativas de manutenção em função do tipo de defeito e seu nível de severidade

Procedimento de Manutenção		Corte da base	Regularizar	(Re) Nivelar	Adicionar material		Adicionar Água	Compactar	Adicionar Estabilizante	Reconformar	Limpar- valetas/bueiros	Outros <sup>1</sup>
					Tamanho							
Defeitos	Severidade				Maior	Menor						
STI -Seção transversal Imprópria	Baixa		A1			B1				B2		
	Média			A1		A2	A3					
	Alta	A1		B1	A2/B2		A4	A5/B3		A3		
DLI - Drenagem Imprópria	Baixa										A/B	
	Média									A2	A1	
	Alta										B1	A/B2
OND - Ondulações	Baixa			A		B1				B2		
	Média			A1		A2		A3				
	Alta	A1		A3/B1	B2	A2	A4	A5/B3				
Afundamento de trilha de Roda - ATR	Baixa			A		B1				B2		
	Média			A1		A2	A3	A4				
	Alta	A1		B3	A2/B1		A3	A4/B2		A5		
BUR -Buracos	Baixa			A								B
	Média			A1		A2	A3	A4				
	Alta	A1		B3	A2/B1		A3	A4/B2		A5		
SEA- Segregação Agregados	Baixa			A		B1				B2		
	Média			A1		A2	A3	A4				
	Alta	A1		B3	A2/B1		A3	A4/B2		A5		
POE -Poeira	Baixa						A					
	Média								A			
	Alta	A1				A2	A3	A5	A4			

Sendo: A, B : Alternativas de manutenção propostas por EATON e BEAUCHAM (23), que constam também em LUNSFORD e MAHONEY (52) e BMP (6), respectivamente; A1, A2,...B1,B2,B3... : Sequência (1º, 2º, 3º...) que deve ocorrer o procedimento para alternativa de manutenção, por exemplo: para o defeito OND com severidade alta: corte da base (A1), adiciona material de tamanho menor (A2), renivela a área (A3), adiciona-se água (A4) e compacta (A5), procedemos adotados por Eaton e Beaucham. Por sua vez, o BMP indica o seguinte: renivelar

(B1), adicionar material de tamanho maior (B2) e compactar (B3); e I- Outros: no caso da drenagem imprópria – A: instalar camada de drenagem com uso de geotêxtil e alargar os bueiros; B2: reconstruir a superfície, base e drenagem e ou instalar “saliências transversais”, se apropriadas; No caso dos Buracos - B: recascalhamento localizado.

Tabela 2.16. RSMS - Defeitos, categorias, estratégias e reparos (90)

Defeitos	S/E	Categoria	Estratégia	Alternativas de Reparos
Sem		Satisfatório	Satisfatório	Sem Manutenção
ST	Bom	Satisfatório	Satisfatório	Nivelar a superfície 2/ano
CP	Suave	Satisfatório	Satisfatório	Nivelar a superfície 4/ano
DL	Regular	Drenagem	Drenagem Regular	Nivelar acostamentos e valetas; limpar as valetas e arrastar a sujeira
CP	Médio	CP Médio	CP Médio	Aplicar líquidos; aplicar sólidos e adicionar cascalhos menores, renivelar, compactar
CP	Pesado	CP Pesado	CP Pesado	
Buraco	B/B, B/M, M/B	Remendo/ Localizado de Material	Manutenção de Rotina	DL = bom,regular,ruim - recascalhamento localizado e com mistura de CaCl
ATR	B/B, B/M,M/B	Reconformar, adicionar material menor	Manutenção Preventiva	DL = bom,regular,ruim – reconformar (regularização ou patrolamento); reconformar, adicionar material menor
SEA	B/B,B/M, B/A,M/B M/M,M/A, A/B			
Ondulações	B/B,B/M, B/A,M/B			
ST	Regular			
ATR	B/A,M/M, M/A,A/B, A/M,A/A	Nivelar, adicionar material maior	Reabilitação	Renivelar DL= bom,regular,ruim – adicionar cascalhos maiores, renivelar e compactar
SEA	A/M,A/A			
OND	M/M,M/A A/B,A/M			
BUR	M/M,M/A, A/B,A/M			
ST	Ruim			
OND	A/A	Reconstrução	Reconstrução	DL= bom,regular,ruim – reconstrução da estrada
BUR	A/A			

Sendo : ST – Seção Transversal; CP- Controle de Poeira; DL- Drenagem Lateral; ATR – Afundamento de Trilha de Roda; SEA- Segregação de Agregados; S/E- Severidade/Extensão: B- Baixo; M- Médio; A- Alto.

Tabela 2.17. ERCI – Práticas e categoria de manutenção

Defeitos	Nível Sever.	Prática de Manutenção	Itens	Categoria	
Falha e erosão de aterro na estrada	Baixo	Revolvimento do aterro	Revolvimento; Ajustamento da superfície acima do solo com terra	Manutenção Periódica	
	Alto	Construção de talude	Construção de talude; ajustamento da superfície acima do solo com terra		
Falha no muro de contenção	Baixo	Revolvimento para reconstrução	Reconstrução		
	Alto	Reconstrução do talude			
Altura da superfície	Baixo	Aumento da superfície	Caso baixo		Adicionar 3 camadas de solo compactado
	Alto		Caso Alto		Adicionar 5 camadas de solo compactado
Estrutura Ilegal de Irrigação	Baixo	Ajustamento da superfície acima das estruturas	Ajustamento da superfície acima do solo com terra		
	Alto				
Seção Transversal, ATR e Buracos	Baixo	Nivelamento e regadura: caso baixo	Nivelar 12 vezes ao ano e regar 60 vezes ao ano		Manutenção de Rotina incluindo Manutenção Recorrente
	Alto	Nivelamento e regadura: caso alto	Nivelar 18 vezes ao ano e regar 90 vezes ao ano		
Plantas na Superfície da Estrada	Baixo	Remoção de Plantas	Remoção de plantas de 1m de largura da estrada		
	Alto		Remoção de plantas de 3m de largura da estrada		
Ocupação na superfície da Estrada	Baixo	Remoção da Ocupação	Remoção da ocupação de 1m de largura da estrada		
	Alto		Remoção da ocupação de 3m de largura da estrada		
Superfície Saturada	Não consta			Manutenção Urgente	

Fonte: ABDELRAHMAN e SHARAF (1) – Sendo: Sever.- Severidade

Tabela 2.18. GPM e RCS/DVI - Alternativas de manutenção em função da avaliação das condições da superfície da estrada não-pavimentada pelo respectivo método de avaliação

Avaliação das condições da superfície	Manutenção requerida	
	Métodos de Avaliação	
	GPM (98)	RCS e DVI (62,63) *
Falido	Requer reconstrução	Regularização pesada ou reconstrução da estrada
Ruim	Requer adição de cascalho e maiores melhorias na drenagem	Regularização na estação chuvosa ou recascalhamento
Regular	Necessita de regularização e melhoria na drenagem	Regularização na estação seca ou patrolamento
Bom	Pode ser requerida manutenção de rotina	Patrolamento
Excelente	Pouca ou nenhuma manutenção de rotina	Não requer manutenção

Obs.: \* Manutenção requerida em relação à avaliação dos defeitos, entre eles: afundamento de trilha de rodas, perda de declividade e espessura de cascalho.

## 2.8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, boa parte das características geométricas e físicas da estrada é melhorada, aperfeiçoada ou mesmo modificada na sua manutenção e, para obter um maior êxito, a melhor prática de manutenção requerida deverá ser empregada, sempre considerando o tipo, a função e a representatividade da estrada.

As técnicas de práticas para manutenção apresentadas privilegiam o uso de equipamentos mecânicos para realização das tarefas, caso específico da regularização da superfície, que é impraticável com trabalho manual, mas nem sempre deverão ser assim realizadas. Um bom exemplo trata da reparação da declividade transversal, de fundamental importância para as estradas não-pavimentadas, que tem potencial ruim para equipamentos e bom

para trabalho manual, casos análogos para limpeza e menores reparos para bueiros e pontes de acordo com a Tabela 2.13.

As estratégias de manutenção apresentadas pelos métodos de avaliação: URCI, GPM, RCS/DVI, RSMS e ERCI, que serão aplicados em campo, são uma ferramenta útil para estabelecer um planejamento na manutenção de rotina e ou programada das estradas não-pavimentadas.

Contudo os conhecimentos das práticas adquiridas, em especial, pelos responsáveis pela manutenção, principalmente, quando estes forem técnicos especializados, devem sempre ser levados em consideração, pois há várias situações inerentes à região de trabalho, fazendo com que as estratégias de manutenção diferenciem de uma para outra região. Logo certos procedimentos têm que ser mais ou menos enfatizados, como por exemplo, a forma de execução das atividades, ou seja, pelo trabalho manual ou por equipamentos ou, até mesmo, por ambos.

Dessa forma, as estratégias de manutenção apresentadas deverão ser utilizadas como parâmetros em relação àquelas que são determinadas pelas experiências locais e, caso estas não existam, então, se possível, aplicá-las, observando as suas eficácias e aprimorando-as, quando necessário.

Porém, quando se tratar da estratégia de manutenção realizada por métodos de avaliação das condições da superfície da estrada, deverá o respectivo método ser empregado e extrair dele as condições que são inerentes ao local de estudo. Particularidade esta que será discutida e pormenorizada no estudo comparativo da aplicação dos métodos de avaliação das condições da superfície de uma estrada não-pavimentada, que trata do objetivo deste trabalho.

A manutenção apropriada tem fundamental importância, pois é a partir de sua eficiência ou mesmo ineficiência, para manter a estrada em boas condições, servindo o tráfego, que se constitui em parâmetro para definir se um tipo de estrada deve ser melhorada, por exemplo: uma estrada de terra em estrada de cascalho e esta em estrada pavimentada. Para este caso, DIBIASO

(21) responde a seguinte questão “Quando deverei pavimentar uma estrada de cascalho?”, abordando o tema com os prós e contras que se aplicam para construção e manutenção das estradas adequadamente.

Pelos estudos apresentados, infere-se que as estradas não-pavimentadas devem ser bem-construídas e, principalmente, bem-mantidas, porque representam a grande maioria (90,4%) da rede rodoviária brasileira e têm fundamental importância no seu modo de transporte. Diante disso, devem ser utilizados os procedimentos técnicos citados, aprimorando-se aquilo que se julgar preponderante.

### **3. DEFEITOS EM ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA**

---

---

#### **3.1. INTRODUÇÃO**

De acordo com ODA, JÚNIOR e SÓRIA (59): “...entende-se por defeito qualquer alteração na superfície da estrada que influencia negativamente as suas condições de rolamento”. Para RODGHER e ODA (72): “Os defeitos aparecem devido a uma confluência de fatores, alguns extrínsecos à via – tráfego, chuva e manutenção – e outros intrínsecos – perfil longitudinal, perfil transversal, drenagem, tipo de solo e outros.” Sendo assim, o estado de conservação de uma estrada de terra (não-pavimentada) depende: da geometria horizontal e vertical; das características dos materiais; das intempéries; do tráfego e das práticas de manutenção e reabilitação.

Uma boa estrada de terra deve ter largura suficiente para acomodar o tráfego e capacidade de suportar as cargas das rodas dos veículos ao longo do tempo e sob diferentes condições climáticas. Deve, também, contar com um bom sistema de drenagem para evitar, dentre outros, problemas de erosão ou de perda de capacidade de suporte.

De uma maneira geral, os maiores problemas surgem em razão de seção transversal inadequada e ausência ou deficiência do sistema de drenagem. O tráfego e a ação das intempéries acabam acelerando o processo de deterioração da superfície das estradas não-pavimentadas, principalmente, quando não existe manutenção adequada, caso de raspagem do leito

(patrolamento) como única forma, que provoca, geralmente, uma seção transversal inadequada devido ao nivelamento da superfície de rolamento sem acréscimo de material, ou seja, parte do material da superfície é retirado, deixando a estrada encaixada no terreno em forma de calha, dificultando o escoamento de água para as laterais. Para evitar problemas, é necessário que a estrutura de drenagem esteja em condições adequadas para conduzir a água da superfície de rolamento para fora da estrada, evidentemente, em épocas de chuva (64).

Outra característica importante que influencia na formação dos defeitos é o tipo de solo da superfície, apresentado os defeitos mais comuns nas estradas com solo arenoso: a corrugação, os areiões, os buracos (em trechos planos) e os problemas de erosão (em trechos com rampas acentuadas, maiores que 8%) e, nas estradas com solo argiloso, os defeitos mais freqüentes em épocas de chuva são os atoleiros (em trechos planos ou fundos de vale) e os problemas de pista escorregadia e, em épocas de seca, os principais defeitos são a poeira e a segregação de agregados (64).

### **3.2. TIPOS E CAUSAS DE DEFEITOS**

Para LUNSFORD e MAHONEY (52), embora haja sempre interpretações locais, as agências de construção de estradas no mundo, geralmente, reconhecem sete distintos tipos de defeitos ou falhas em estradas de baixo volume que tratam: seção transversal inadequada da estrada, a drenagem, ondulações de superfície, poeira excessiva, buracos, afundamento de trilha de rodas e perda ou amontoado (segregação) de agregados.

Os tipos de defeito mencionados e outros podem ser definidos, segundo ODA, JÚNIOR e SÓRIA (59,60) da seguinte forma:

I- Seção Transversal Inadequada: resultado de uma superfície sem declividade transversal para direcionar a água para as valetas. Esta condição é evidenciada pela água escoando ao longo da

superfície de rolamento e conseqüentemente pela erosão causada pela intensidade da chuva. As condições da seção transversal são avaliadas pela facilidade de escoamento da água da superfície da estrada para um local que não influencie as condições de rolamento, isto é, para fora dela;

II - Drenagem Lateral Inadequada:- verificada pelas valetas cobertas de vegetação ou cheias de entulhos e que não estão em condições próprias para direcionar e transportar a água, provocando o seu empoçamento e o desenvolvimento de atoleiros;

III - Afundamento nas Trilhas de Rodas:- a deformação permanente nas trilhas de rodas resulta da aplicação repetida das cargas do tráfego, particularmente, em épocas de chuva, quando o solo saturado tem sua capacidade de suporte reduzido. Ocorre, notadamente, em estradas com solo argiloso, podendo, em razão da falta de manutenção, estar associada ao crescimento de vegetação no centro da pista de rolamento, que dificulta ainda mais a passagem dos veículos;

IV - Ondulações/Corrugações: consistem de uma série de ondulações perpendiculares à direção do tráfego, formadas, geralmente, em rampas ou curvas, em áreas de aceleração ou desaceleração, causando grande desconforto para os usuários;

V – Poeira: consiste na formação de uma nuvem de material fino, quando da passagem dos veículos, que pode comprometer a segurança do tráfego, sendo um problema evidente em estradas com solo argiloso, por existir uma grande quantidade de material solto na superfície ou onde a ação abrasiva do tráfego solta as partículas aglutinantes dos agregados. Em estradas de solo arenoso, formam-se pequenas nuvens que assentam rapidamente, não interferindo na visibilidade dos motoristas;

VI – Buracos: surgem pela contínua expulsão de partículas sólidas do leito, quando da passagem de veículo em locais onde há empoçamento de água. Ocorrem, normalmente, em trechos planos, sem declividade transversal adequada e nem saídas laterais de drenagem;

VII - Segregação de agregados: ocorrem em trechos de solo muito argiloso, com rampas acentuadas, em que foi acrescentado material granular sem compactação adequada. A ação

abrasiva do tráfego solta as partículas granulares da superfície de rolamento e, com a passagem dos veículos, os agregados são jogados para fora das trilhas de rodas, formando bermas nas laterais e no centro, entre as trilhas. Pode ocorrer, também, em terrenos planos de regiões onde há falta de material fino ligante, formando o chamado facão e os areiões;

VIII – Pistas escorregadias: ocorrem em trechos com solos argilosos, que, quando submetidos à molhagem, ficam praticamente sem atrito e aderência e os veículos derrapam sobre uma camada fina de solo mole;

IX – Atoleiros: formados por camadas de lama que reduzem o atrito entre o solo e os pneus dos veículos, que patinam sem sair do lugar, ocorrem em estradas com solos argilosos e surgem em razão da ausência ou deficiência no sistema de drenagem.

Além destes defeitos e suas respectivas definições, que são os mais comuns, existem outros que merecem destaque: areiões de espigão, areiões de baixada, rocha aflorante, pista derrapante, conforme aborda o manual do IPT (46).

Em estudo realizado por ABDELRAHMAN e SHARAF (1), os defeitos estabelecidos para estradas não-pavimentadas diferem, em termos, dos defeitos abordados pela maioria dos estudos pesquisados e tratam do seguinte: falha e erosão do aterro da estrada, falha no muro de contenção (talude), elevação da superfície, saturação da superfície, estrutura ilegal de irrigação, plantas na superfície da estrada e ocupação da superfície da estrada.

Os diversos estudos pesquisados em relação aos defeitos que podem apresentar as estradas não-pavimentadas estão representados na Tabela 3.1 da seguinte forma: A- WALKER (97); B- EATON e BEAUCHAM (23) e RSMS (90,91); C- OECD (62,63); D- ABDELRAHMAN e SHARAF (1); E- CODASP (14) e IPT/SP (46); F- RIVERSON e SCHOLER (67); G- BMP (6); H- LUNSFORD e MAHONEY (52); I- RIVERSON et al. (69); J- VISSER, VILLIERS e HEERDEN (95) e VISSER (93); K- WALKER (97); e L – *Recommended Practices Manual* - RPM (13);

Tabela 3.1. Tipos de defeitos em estradas não-pavimentadas, segundo estudos pesquisados

Tipos de defeitos	Estudos pesquisados											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Afundamento de trilhas de roda	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Agregados soltos/perda ou segregação	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X
Altura da superfície				X								
Argila/barro – Atoleiro			X		X		X					X
Buracos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Depressão							X					X
Drenagem lateral/Erosão de valetas	X	X	X					X	X			
Espessura de cascalho			X									
Falha no muro de contenção (talude)				X								
Plantas na superfície da estrada				X								
Ocupação da superfície da estrada				X								
Ondulações/Corrugações	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X
Pista derrapante					X							
Pista escorregadia					X							X
Poeira		X			X	X	X	X		X	X	X
Rocha aflorante					X					X		
Saturação/Erosão da superfície				X		X						
Seção transversal	X	X	X	X				X	X			

Na Tabela 3.1, pode-se verificar que alguns dos defeitos estão presentes em todos ou na maioria dos estudos pesquisados, caso de afundamento de trilhas de roda, agregados soltos/perdas ou segregação, buracos, ondulações e poeira. A seção transversal e a drenagem lateral aparecem em 2º plano, quando inadequados.

## **4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA**

---

### **4.1. INTRODUÇÃO**

#### **4.1.1. Considerações iniciais**

As condições apresentadas pelas estradas, ou mesmo, pelos seus pavimentos podem ser verificadas por procedimento de avaliação. Para tanto, existem métodos de avaliação que determinam as condições do pavimento, podendo ser eles com metodologia objetiva ou subjetiva.

Para estrada pavimentada há no Brasil, por exemplo, como método objetivo o IGG (Índice de Gravidade Global), que de acordo com GLAUCO FILHO et al. (34): “... trata de um parâmetro numérico que permite a avaliação da intensidade de deterioração de segmentos rodoviários, cuja concepção, além de refletir o estado de cada segmento considerado isoladamente, permite a comparação relativa entre os estados apresentados por segmentos distintos” e tratam da “Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos” – DNIT-PRO 08/94, “Avaliação Estrutural dos Pavimentos Flexíveis” Procedimento - A - DNIT-PRO 10/79 ou Procedimento – B - DNIT-PRO 11/79”.

Como método objetivo internacional tem-se o PCI - *Pavement Condition Index* (Índice da Condição do Pavimento) que, segundo SHAHIN (77): “trata de um método objetivo baseado nos resultados das condições por inspeção visual em que tipo de defeitos, severidade, e quantidade são identificados. Tendo sido desenvolvido para fornecer um índice da integridade da estrutura dos pavimentos e das condições operacionais da superfície”.

Por sua vez, no Brasil, como método subjetivo tem-se o DNIT-PRO 007/94: “Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos”, que determina o Valor de Serventia Atual (VSA) obtido pela média de notas atribuídas ao pavimento por membros de um painel de avaliação destinado a representar a opinião dos usuários de uma rodovia, tendo em mente a seguinte pergunta: “Como esta estrada me serviria, se eu estivesse dirigindo meu carro sobre estradas como esta ao longo de todo o dia?”. A norma não considera o aspecto do projeto geométrico, a resistência à derrapagem do revestimento, os cruzamentos rodoviários, as irregularidades nos acessos das pontes, mas considera as irregularidades transversais e longitudinais da superfície, determinando que a avaliação deve ser realizada sob condições climáticas favoráveis, ou seja, sem chuva ou nevoeiro (36).

Em âmbito internacional, tem como método subjetivo o PSR - *Present Serviceability Rating* (Avaliação da Presente Serventia) que, conforme CAREY e IRICK (11), trata da capacidade de uma seção específica do pavimento portar-se com alta velocidade, alto volume, mistura de tráfego (caminhões e automóveis) nas condições existentes que o PSR individual da mesma é feito pela caracterização apropriada de pontos na escala de classificação que varia de 0 a 5, tendo o valor 0, muito ruim e o valor 5, muito bom. Para YODER e WITCZAC (103) “...o PSR baseia-se nos valores médios e refere-se à avaliação dada por uma banca de avaliadores. Por esta natureza, consideráveis variações individuais existem entre os avaliadores do pavimento”.

Para prognosticar o PSR dos pavimentos dentro dos limites prescritos, formulou-se o PSI -*Present Serviceability Index* (Índice da Presente Serventia) que para CAREY e IRICK (11) trata de combinação matemática de valores obtidos por determinadas medidas físicas de um grande número de pavimentos, baseando-se nas medidas de irregularidades da estrada,

trincamento, remendo, e afundamento da trilha de roda, sob o conceito da correlação das opiniões dos usuários, conceito este também colocado por YODER e WITCZAC (103).

Os passos, para formulação do PSI, são: estabelecimentos das definições; deliberações do grupo ou equipe de avaliadores; orientação e treinamento da equipe de avaliadores; seleção dos pavimentos para avaliação; avaliação de campo; reaplicação da avaliação; validação da equipe de avaliadores; medições físicas; sumários das medições e a derivação do PSI (11).

Todo conteúdo acima descrito não só estabelece métodos para avaliação das condições do pavimento, como também estabelece critérios, seja avaliando estrada pavimentada ou não-pavimentada.

Talvez o mais importante problema que faz frente à engenharia de pavimento seja como proceder com a questão, “ O que é um pavimento aceitável?”. A resposta para esta questão é clara, é qualitativa e subjetiva da opinião do avaliador. A opinião do usuário da estrada é quase inteiramente ditada pela quantidade de “irregularidades” (103).

Os objetivos das rodovias pavimentadas, extensíveis para as não-pavimentadas, são transportar a intensidade do tráfego e servir ao público. Obviamente, a estrada deverá ser construída por um alto padrão, quanto for possível, e prover uma superfície lisa para conforto, mas dentro dos limites econômicos da área.

#### 4.1.2. Métodos de avaliação selecionados

O que se perscruta neste trabalho é apresentar, aplicar e analisar métodos de avaliação das condições de estrada não-pavimentada, selecionados entre aqueles que são, normalmente, empregados em outros países, pois, ainda, não se tem um método que seja específico às situações

inerentes à realidade das estradas não-pavimentadas brasileiras desenvolvido por organismos nacionais.

Neste aspecto, poucos estudos foram desenvolvidos. Entre eles destacam-se os elaborados por ODA (58), que classificou estradas não-pavimentadas do município de São Carlos/SP utilizando, para tanto, o método do URCI e FONTENELE (36), que procurou estabelecer um método de avaliação para as condições de estradas não-pavimentadas do município citado, por um painel de avaliadores composto por 07 membros que atribuíram notas subjetivas e objetivas, estas pelo método URCI, para 140 unidades amostrais de 30 metros de comprimento, a cada defeito presente na unidade amostral e aos 14 trechos estudados. Concluindo que não há correlação entre os resultados da avaliação subjetiva com as da objetiva, mas a avaliação subjetiva global do trecho tem uma boa correlação com a avaliação subjetiva do conjunto das unidades amostrais que compõem o referido trecho.

Os métodos selecionados, para estudo e aplicação em campo, tratam do seguinte: GPM; RCS/DVI; ERCI; URCI e RSMS com parâmetros e procedimentos diferenciados que estão apresentados na Tabela 4.1 e 4.2, respectivamente: os defeitos avaliados de cada um e de forma concisa os conceitos básicos de suas metodologias.

Tabela 4.1. Defeitos avaliados de cada método selecionado

Métodos	Defeitos Avaliados															
	STI	BUR	ATR	OND	DLI	SEA	POE	ESC	ATO	SUS	FEA	FMC	ALS	EII	PSE	OSE
GPM	X	X	X	X	X	X	X	X								
RCS/DVI	X	X	X	X		X	X	X	X							
ERCI	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X
URCI	X	X	X	X	X	X	X									
RSMS	X	X	X	X	X	X	X									

Sendo: STI - seção transversal inadequada; BUR – buracos; ATR - afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; DLI – drenagem lateral inadequada; SEA- segregação de agregados;

POE – poeira; ESC - espessura de cascalho; SUS - superfície saturada; FEA - Falha e erosão de aterro na estrada; FMC - Falha no muro de contenção; ALS - altura da superfície; EII - estrutura ilegal de irrigação; PSE - plantas na superfície da estrada e OSE - ocupação da superfície da estrada

Tabela 4.2. Conceitos básicos dos métodos selecionados

Itens	Métodos				
	GPM	RCS/DVI	ERCI	URCI	RSMS
Origem	EUA	Europa	Egito	EUA	EUA
Metodologia	Subjetiva	Objetiva			
Níveis de Severidade	Não consta	Baixo, Médio, Alto	Suave, Grave	Baixo, Médio, Alto	Baixo, Médio, Alto
Forma de Medição da Densidade	Tabelas 4.9 a 4.13	Em %: <10, 10-50, >50	Ocasional, freqüente, extenso	Nomogramas (Anexo B)	Em %: <10, 10-30 e > 30
Escala	1 a 5	5 a 1	0 a 100	0 a 100	0 a 100
Classificação	Falido a Excelente	Excelente a Falido	Falido a Muito Bom	Falido a Excelente	Falido a Excelente
Seções	Todo trecho	Mínimo de 5 subseções	Mínimo 1 milha (1.6 km)	Para cada milha pelo menos duas subseções	Todo trecho
Subseções	Não consta	0.5 a 5.0 km	10 % da seção	135 a 300 m <sup>2</sup>	Mínimo 60 m
Planilhas: Figuras	Não consta	4.1 a 4.4	4.5 e 4.6	4.7	4.8
Defeitos Avaliados	Tabela 4.1				

Sendo: N/C – Não Consta

#### 4.1.3. Outros métodos de avaliação pesquisados

Outros métodos de avaliação também foram pesquisados, porém não foram selecionados por falta de referências que os estabelecessem de forma geral. Contudo serão apresentados para se ter uma idéia de seus desenvolvimentos e tratam do seguinte:

a) *Gravel Road Condition Rating Form- GRCRF* (Modelo de Avaliação da Condição de Estrada de Cascalho) elaborado por RIVERSON et al. (69) aplicado em Indiana-EUA, que estabelece uma estratégia de manutenção para várias condições da estrada, utilizando o PCR e a relação deste com o PSR da AASHO – *American Association of State Highway Officials* (Associação Americana dos Departamentos de Rodovias Estaduais) que é estabelecida pela equação:  $PSR = 5 - PCR$ . A avaliação da estrada é realizada por uma planilha (Figura C.1 – Anexo C), estabelecendo notas de 1 a 5 para cada item: conforto de dirigibilidade, ondulação, afundamento de trilha de roda, buracos, segregação de agregados, drenagem lateral e seção transversal, que, com exceção destes dois últimos, estão definidos na Tabela C.1 (Anexo C);

b) um outro método subjetivo que apresenta uma escala de 0 a 5 para as condições da estrada, foi proposto por JAMSA (48), tendo cada nota correspondente às descrições da superfície de rolamento e é utilizado pelos órgãos rodoviários locais, caso da Finlândia, para decidirem quando as estradas requerem manutenção. A avaliação é realizada pela condição da estrada de cascalho conforme a Tabela C.2 (Anexo C);

c) *Assessment Gravel Roads* - (Avaliação de Estradas de Cascalho) elaborado por VISSER (93), VISSER et al (95) aplicado na África do Sul, que propõe um método, avaliando a estrada pela inspeção visual de quatro diferentes atributos:

- I- informações fixas da estrada como localização, número da estrada e início e fim da distancias quilométricas;
- II- avaliação estrutural por defeitos que apresentam: buracos, ondulações, ATR, material solto, poeira, pedras fixas e soltas, todos avaliados pela densidade e severidade, atribuindo nota de 1 a 5 e condição geral (muito boa, boa, regular, ruim e muito ruim); propriedades do cascalho- geral, tipo de material, tamanho do material, classificação, índice de plasticidade aproximado e espessura de cascalho;
- III- avaliação funcional: qualidade de dirigibilidade, resistência a derrapagem, erosão – direção longitudinal e transversal, drenagem – na lateral da estrada e problemas (bueiros, drenagens laterais etc.);

IV- informação geral como problemas com poeira e derrapagem, semanas desde a última regularização, etc. Estes atributos são colocados em forma de planilha apresentada no Anexo C - Figura C.2;

d) *Earth Pavement Condition Rating* – EPCR (Avaliação da Condição de Pavimento de Terra), desenvolvido por HORTA (41), por uma apropriada metodologia de projeto baseada, em ampla investigação de campo, estabelecida para esquemas de reabilitação de estradas em Madagascar e testada em contratos de trabalho naquele país e no Zaire. A avaliação da condição do pavimento é uma importante tarefa no princípio da fase de projeto, requerendo identificação, avaliação objetiva e interpretação dos defeitos do pavimento. Outros itens também são avaliados tais como as valetas e erosão na encosta (talude), que podem ser verificados na Planilha de Inventário e Avaliação da Condição das Estradas de Terra – Figura D.3 e a forma de avaliação do nível de severidade e densidade pode ser verificada, respectivamente, nas Tabelas C.3 e C.4 (Anexo C).

#### **4.2. GPM - GRAVEL PASER MANUAL**

O *Gravel Paser (Pavement Surface Evaluation and Rating) Manual* – GPM (Manual de Avaliação e Classificação da Superfície de Pavimento de Cascalho) (98) foi elaborado *pela University of Wisconsin-Madison-EUA pelo Transportation Information Center* (Centro de Informação de Transportes), que utiliza o método visual para avaliar as condições da estrada de cascalho que requerem diferentes perspectivas do que a avaliação similar de pavimento de asfalto ou concreto, pois as condições da superfície das estradas de cascalho podem mudar da noite para o dia, em decorrência de chuvas pesadas e tráfego pesados, bem como pelas atividades de manutenção de rotina, pois uma passada da motoniveladora pode melhorar as condições da estrada de cascalho.

Logo os detalhes das condições da estrada poderiam variar, dependendo das recentes condições do tempo ou recentes atividades de manutenção. Conseqüentemente, a

avaliação deve ser baseada em fatores maiores e os detalhes das condições da superfície devem ser secundários.

O método de avaliação considera como os mais importantes fatores a seção transversal, drenagem e suficiência da camada de cascalho. Contudo são cinco as condições que podem ser usadas para avaliar e classificar a estrada de cascalho:

- I- seção transversal – a elevação e a condição do abaulamento;
- II- drenagem – a capacidade das valetas laterais da estrada e os bueiros sob a estrada para conduzir a água para fora da estrada;
- III- camada de cascalho – adequada espessura (considera como espessura mínima de 10 a 15 cm dependendo do tipo de solo) e a qualidade do cascalho para suportar a carga de tráfego;
- IV- deformação da superfície – ondulações, buracos e afundamento de trilha de roda (ATR)
- V- defeitos da superfície – poeira e agregados soltos.

A classificação da estrada é realizada pela escala que varia de 1 a 5, tendo as estradas nas seguintes condições: 1- Falido; 2- Ruim; 3 – Regular; 4 – Bom e 5 – Excelente. Para a classificação nestes valores são consideradas as condições listadas no parágrafo anterior e as condições gerais e medidas de tratamento que serão abordadas nas Tabelas 4.3 a 4.7.

Tabela 4.3. GPM - Classificação: Excelente – Nota: 5

Fatores/Defeitos	Condições
Seção transversal	Excelente condição
Drenagem	Excelente
Espessura de cascalho	Adequada
Ondulações, ATR, Buracos, Agregados Soltos	Nenhum
Poeira	Controlada
Condições gerais	Nova construção ou reconstrução
Tipo de manutenção	Requer pouca ou nenhuma manutenção

Tabela 4.4. GPM - Classificação: Bom – Nota: 4

Fatores/Defeitos	Condições
Seção transversal	Boa
Drenagem	Em toda parte
Espessura de cascalho	Adequada
Ondulações	Leve
ATR, Buracos	Nenhum
Agregados soltos	Moderado
Poeira	Sob condições de seca
Condições gerais	Recentemente regularizada
Tipo de manutenção	Pode ser requerida manutenção de rotina

Tabela 4.5. GPM - Classificação: Regular – Nota: 3

Fatores/Defeitos	Condições
Seção transversal	Boa
Drenagem	Valetas presentes em mais de 50 % da pista e alguma necessidade de limpeza de bueiro
Espessura de cascalho	Adequada na maioria dos casos, mas necessidade de adição de agregados em poucas localizações para ajudar a corrigir as ondulações ou isolados buracos e ATR.
Ondulações	Profundidade de 2.5 – 5 cm, entre 10 – 25% de área
ATR	Nenhuma ou leve (menor que 2,5 cm de profundidade)
Buracos	Algum buraco ocasional (menor que 5 cm de profundidade)
Agregados soltos	Cerca de 5 cm
Poeira	Moderada, obstrução parcial da visibilidade
Condições gerais	Apresenta efeitos do tráfego; regularizar para manter; necessidades de algumas melhorias na manutenção de valeta e bueiro e algumas áreas podem necessitar de cascalho adicional
Tipo de manutenção	Necessidade de regularização e melhoria na drenagem

Tabela 4.6. GPM - Classificação: Ruim – Nota: 2

Fatores/Defeitos	Condições
Seção transversal	Pouca ou nenhuma
Drenagem	Valetas adequadas em menos que 50% da pista, parte das valetas pode estar preenchida, por mato/vegetação e/ou apresenta erosão e bueiros parcialmente cobertos de entulhos
Espessura de cascalho	Algumas áreas (25%) com pouco ou sem agregado
Ondulações	Moderada para severa (acima de 7,5 cm) acima de 25% de área
ATR	Moderada (2,5-7,5 cm), de 10-25% de área
Buracos	Moderado (5-10 cm), de 10-25% de área
Agregados soltos	Severo – acima de 10 cm
Poeira	Não especificado
Condições gerais	Trafegar com velocidades baixas (menor que 40 Km/h); necessidade de adição de novos agregados; requer construção de valeta e bueiro e manutenção
Tipo de manutenção	Requer adição de cascalho e maiores melhorias na drenagem

Tabela 4.7. GPM - Classificação: Falido – Nota: 1

Fatores/Defeitos	Condições
Seção transversal	Sem ou estrada encaixada (formato de tigela) com poças em larga escala
Drenagem	Valeta pequena e bueiros preenchidos ou danificados
Espessura de cascalho	Sem especificação
Ondulações	Sem especificação
Afundamento de Trilha de Roda	Severo (acima de 7,5 cm), acima de 25% de área
Buracos	Severo (acima de 10 cm), acima de 25 % de área
Agregados soltos	Muitas áreas (acima de 25%) com pouco ou sem agregado
Poeira	Sem especificação
Condições gerais	Trafegar é dificultoso e a estrada pode ser fechada a qualquer momento, necessita de completa reconstrução e/ou de novos bueiros
Tipo de manutenção	Requer reconstrução

Das tabelas apresentadas, tem-se uma sinopse dos defeitos conforme Tabela 4.8, em especial, aqueles que se apresentam com valores numéricos, para que se possa em campo utilizá-los mais facilmente, podendo classificar a estrada ou a seção de forma menos subjetiva, mas não deixando de considerar outras condições mencionadas e discutidas.

Tabela 4.8. GPM - Quadro das severidades e densidades dos defeitos

Classificação	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Falido
Defeitos	5	4	3	2	1
Seção transversal	Excelente	Boa	Boa	Pouca	Sem
Ondulações (profundidade)	Nenhuma	Leve	2.5 – 5.0 cm	> 7.5 cm; 25% de área	Não especificado
ATR (profundidade)	Nenhum	Nenhum	Leve – < 2.5 cm	Moderada – 2.5 – 7.5 cm; 10 – 25% de área	Severo - > 7.5 cm; > 25% de área
Buracos (profundidade)	Nenhum	Nenhum	Algum – < 5.0 cm	Moderado – 5.0 – 10 cm; 10 – 25% de área	Severo- > 10 cm; > 25% de área
Agregados soltos	Nenhum	Moderado	Cerca de 5.0 cm	Severo – > 10 cm	Muitas áreas – > 25%

O método sugere que se faça um inventário de inspeção de campo da estrada ou segmento a ser avaliado, dando como exemplo uma forma de inventário simples. Em relação ao segmento de estrada a ser avaliado não se indica um comprimento para uma dada seção ou segmento, exemplifica que pode ser uma milha ou mais ( $> = 1.6$  km) para áreas rurais, ou algumas quadras em áreas urbanas.

Contudo é necessária alguma média, tendo como objetivo classificar a condição que representa a maior parte da pista, para providenciar uma relativa comparação das condições de todos os segmentos, isto é, dentro de uma dada avaliação, classificado como 3, nem todos os pavimentos serão exatamente o mesmo, entretanto todos eles deverão ser considerados por ter melhores condições que aquele com menor avaliação, classificado como 2.

Algumas vezes, isto é útil, para compará-lo com outros segmentos avaliados anteriormente na avaliação de um segmento difícil. Por exemplo, se ele é melhor do que um avaliado 2 e o pior de todos do que um típico 4, então, uma avaliação de 3 é apropriada. Tendo todos os segmentos de pavimentos avaliados, em relativa ordem apropriada, é muito importante e útil.

### **4.3. RCS/DVI – ROAD CONDITION SURVEY/DETAILED VISUAL INSPECTION**

#### 4.3.1. Introdução

O método, que foi elaborado pela OECD (62,63), é baseado em dois diferentes níveis de inspeção: o levantamento da condição da estrada (*Road Condition Survey* – RCS) e a inspeção visual detalhada (*Detailed Visual Inspection* – DVI).

Usualmente, o RCS é para ser conduzido sobre a rede rodoviária inteira, preferencialmente, pelo menos anualmente, porque isto fornece uma avaliação regular de todas as manutenções necessárias e das condições da rede rodoviária.

O DVI deve ser conduzido pelo menos naquelas seções que foram identificadas como uma necessidade maior de manutenção da pista pelo RCS.

As planilhas, para inspeção do RCS e DVI, Figuras 4.1 e 4.2, respectivamente, são baseadas no monitoramento de um padrão de estrada com duas pistas em ambas direções (Direita – D, Esquerda – L).

No monitoramento da estrada, esquerda e direita são definidas por dirigir em direção da quilometragem crescente. É possível usar as planilhas para outros tipos de estrada: pista simples-suficiente completar uma coluna, ou seja, esquerda ou direita; pista larga, com acostamentos, superfície na largura simples e capacidade para duas faixas de tráfego - pode ser tratada como uma pista simples com acostamento; estrada com duas separações de pistas - tratada como uma estrada de pista dupla com pistas consideradas separadas.

Em geral, o itinerário diário para o RCS pode ter um comprimento de 30-50 km e para o DVI a produção diária pode ser, aproximadamente, a quantia de 5-8 km, dependendo da complexidade da subseção, para ser inspecionada e o tempo do caminho envolvido.

O comprimento para subseção deverá não ser menos que 500 m, a não ser que existam razões especiais para introduzir subseções curtas. Por outro lado, o comprimento da subseção não deverá exceder a 5 km e cada seção deverá consistir de não mais que cinco subseções, mas, aqui também, para regra geral, são permitidas as exceções. As seções deverão ser escolhidas num caminho lógico, ou seja, entre vilarejos, intersecções principais, pontes, etc.

Para a realização da inspeção, alguns procedimentos devem ser seguidos, tais como: detalhar a descrição da missão (RCS ou DVI) e itinerário a ser seguido, mapas detalhados da área, a lista da seção e subseções da estrada e planilhas de inspeção do RCS e/ou DVI para diferentes seções a ser inspecionadas.

Alguns equipamentos são requeridos para a inspeção de campo: veículo, caso da estrada não-pavimentada, com tração nas quatro rodas, utensílios de segurança (cones, cavaletes e outros), trena (50 m), régua com borda reta (2m), calço, gabarito de seção transversal com nível de bolha, pá, picareta e uma câmera fotográfica.

#### 4.3.2. Inspeção RCS

O objetivo do RCS é coletar dados das condições gerais da rede rodoviária sob a responsabilidade da organização de manutenção, identificando as seções e subseções da rede rodoviária, que estão em condições críticas e requerem a manutenção ou revestimento estrutural num futuro próximo.

Na Planilha de Inspeção do RCS (Figura 4.1) serão atribuídos valores para os três grupos a serem avaliados, tanto para estradas pavimentadas como para não-pavimentadas que têm suas descrições e o método de inspeção e critério de avaliação nas Tabelas A.2 e A.3 - Anexo A e tratam dos seguintes:

1º A pista (com escala de cinco - 5 pontos) - avaliadas as características da superfície, por transformarem a impressão do usuário para a qualidade de dirigibilidade da estrada e a impressão visual da superfície da estrada em um número. Este parâmetro necessita de particular atenção, à medida que determinará, afinal de contas, a necessidade do DVI que será requisitado para valores médios maiores que 3 (três) de uma seção;

2º Componentes/elementos da lateral da estrada (escala de 3 pontos) – a inspeção dos elementos laterais é importante na ajuda, para manter a pista e a estrutura da estrada (drenagem lateral, aterros, etc.) em condições aceitáveis para elas mesmas. Além da vegetação, entulhos e obstáculos que invadem a estrada;

3º Sinalização e utensílios da estrada (escala de 3 pontos) – itens relacionados com a segurança da estrada são incluídos nos dispositivos complementares (“*guard-rails*” em pontes e ao longo de barrancos) e são avaliados em escala de três pontos, com a subdivisão – sujo, danificado ou que está faltando (desaparecido).

Um quarto parâmetro, para ser avaliado, trata das estruturas da estrada tais como: bueiros, pequenas estruturas e pontes que são avaliadas por uma outra planilha (Figura 4.3), para cada seção a ser inspecionada, atribuindo pontos para a condição funcional (bloqueio ou erosão) e na condição estrutural (colapsando ou trincando) e, também, são avaliadas na escala de três pontos e têm as descrições no caso de bueiros e pontes nas Tabelas A.4 e A.5, respectivamente, que estão apresentadas no Anexo A.

#### 4.3.3. Inspeção DVI

O objetivo da inspeção visual detalhada (*Detailed Visual Inspection – DVI*) é registrar o tipo, a densidade e a severidade do defeito. Isto ajuda o engenheiro a determinar as causas do defeito e identificar as medidas apropriadas de reparos.

Cada parâmetro do DVI é avaliado em escala de cinco pontos e as condições são classificadas por: a densidade do defeito expressada na percentagem da superfície da área (< 10%, 10–50% e > 50%, de forma geral) e/ou pela sua severidade, por exemplo, no caso, das ondulações em baixo = < 2,0 cm, média = 2,0–5,0 cm e severa = >5,0 cm. Por exemplo: os valores dedução dos defeitos são pré-definidos, isto é, avaliando-se o defeito ondulação na densidade em > 50% e o nível de severidade em médio (2,0-5,0 cm) o valor dedução é igual a 3.

O procedimento de inspeção é requerido, para preparar o itinerário diário para a equipe de inspeção, neste estágio, uma distinção clara deve ser feita entre as estradas pavimentadas e não-pavimentadas. Os parâmetros a serem avaliados tratam de tipos de defeitos definidos como os mais comuns e que podem ser distinguidos, sendo para estradas não-pavimentadas: afundamento de trilha de rodas, ondulações, seção transversal, espessura de cascalho, sulcos de erosão, buracos e atoleiros.

Para a avaliação, é utilizada uma planilha que, para estradas não-pavimentadas, pode ser conferida na Figura 4.2. Outra planilha pode ser utilizada para resumir o DVI na seção e/ou subseção inspecionada (Figura 4.4), transcrevendo o início e fim delas, além do comprimento da seção/subseção, largura da pista e quantidade média de veículos por dia (VPD) e os valores atribuídos para cada defeito e a sua média. O valor médio de cada defeito variará na escala de 0 a 5 e terá, para cada um desses valores, as condições da estrada, conforme mostra a Tabela 4.9.

Tabela 4.9. RCS/DVI – Escala e classificação da condição da estrada

Escala	0-1.0	1.1-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	4.1-5.0
Classificação	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Falido

Fonte: Disposição adaptado de OECD (63)

**Observação: 1 é o melhor e 5 é o pior estado – escala inversa do convencional.**

<b>Inspecção da Condição de Estrada</b> <b>RCS: Estrada Pavimentada e Não-pavimentada</b>		Estrada/Classe:				Seção Principal N°												
		INÍCIO:				km:												
		FIM:				km:												
Departamento:		Distrito:																
Inspetor:		Tipo Pav.:		Largura Pista: m		Seção: km												
Data: ___/___/___		Tempo: ( ) claro ( ) chuvoso		Pista: ( ) seca ( ) secando ( ) molhada		Resumo Média		Pista: Lateral:										
Subseção - N°																		
Quilometragem da subseção																		
Lateral da Estrada		E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D					
Condição da pista		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Defeito predominante																		
Tipo de defeito		E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D					
Elementos da lateral da estrada	Acostamento	Deformação	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Erosão	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Drenagem Lateral	Sedimentação	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Erosão	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Entulho/Invasão de Vegetação		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Obstáculos/Obstrução		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Outros:		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Média da Condição		+ =		+ =		+ =		+ =		+ =		+ =					
		: =		: =		: =		: =		: =		: =						
Equipat° Sinalização Viária	Quilometragem - km																	
	Sujo		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Danificado		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Faltando		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Outros:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Observações																		

Figura 4.1. RCS - Planilha de inspeção

Fonte: OECD (62)

INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - DVI																			
Departamento:				Estrada:				De:				km:							
Distrito:								Para:				km:							
Nome do inspetor:						Largura do Pav.: m/km						Comprimento da seção:							
Data:		Tempo: claro ( ) chuvoso ( )				Pista: seca ( ) seco ( ) úmida ( )						Tipo pavimento:							
SUBSEÇÃO		N°			N°			N°			N°			N°					
LATERAL		E		D		E		D		E		D		E		D			
TIPO DE DEFEITO	Severidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
	Densidade																		
Afundamento de trilha de roda - ATR	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Ondulação - OND	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Perda de declividade - PED	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Espessura de cascalho-ESC	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Sulcos de erosão - SUE	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Buracos - BUR	< 5%(N°/100m)	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	5-15%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>15%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Atoleiros - ATO	<5%	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5-50%	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	>50%	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0

Sendo: E - lateral esquerda, D - lateral direita; B - Baixo; M - Médio; e A - Alto

Observações:

Figura 4.2. DVI - Planilha de inspeção

Fonte: OECD (63)

INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO DA ESTRADA - RCS				Depat°:				Distrito:				
				Inspetor:								
ESTRUTURAS				INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO								
				Estrada/Classe:				Sedimentado		Erosão		Danos
Tipo de Estrutura	Seção Principal	Subseção	km	Bloqueado				Estruturais				
				E	D	E	D	E	D			
				1	2	1	2	1	2	1	2	
				3	3	3	3	3	3	3	3	
				1	2	1	2	1	2	1	2	
				3	3	3	3	3	3	3	3	
				1	2	1	2	1	2	1	2	
				3	3	3	3	3	3	3	3	
				1	2	1	2	1	2	1	2	
				3	3	3	3	3	3	3	3	

Figura 4.3. RCS - Planilha de inspeção da condição de estradas – Estruturas  
Fonte: OECD (62)

INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DVI				Depart°:				Distrito:									
				Estabelecido por:													
DENOMINAÇÃO DA SEÇÃO DA ESTRADA				Dados da inspeção visual													
				Estradas Não-pavimentadas													
Estrada	classificação	seção/subseção nº	Pontos de Identificação - IP			Seção km	Larg. Pista - m	VPD	Lateral da Estrada	ATR	Ondulações	Declividade	Esp. de cascalho	Sulco de Erosão	Buracos	Atoleiros	Valor Médio da Condição
			IP	Denominação	km												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
			De		De				E								
			Para		Para				D								
			De		De				E								
			Para		Para				D								
			De		De				E								
			Para		Para				D								
			De		De				E								
			Para		Para				D								
			De		De				E								
			Para		Para				D								

Figura 4.4. DVI - Planilha resumo da inspeção visual detalhada  
Fonte: Adaptado de OECD (63)

#### **4.4. ERCI – *EARTH ROAD CONDITION INDEX***

Segundo ABDELRAHMAN e SHARAF (1), o ERCI não é uma idéia nova, o seu sistema de desenvolvimento e os defeitos associados são descritos em outras fontes com pequenas modificações. Os defeitos incluídos são selecionados, principalmente, para expressarem a manutenção atual necessária nas estradas, um exemplo de defeito, que foi considerado nos estudos realizados no Egito, trata da ocupação da superfície da estrada, onde os fazendeiros (agricultores) usavam a pista para depósito e preparo de solo importado, sementes e outros materiais e equipamentos relacionados, onde eles não eram removidos, sua ocupação completa na via afetava a superfície da estrada e requeria algum trabalho de manutenção, então isto era um defeito.

Analogamente, por exemplo, no Brasil, em regiões de plantio de eucalipto, é comum alguns fazendeiros utilizarem a estrada para depositar lenhas ao longo dela, obstruindo a passagem dos veículos e, após a retirada, deixam detritos, tornando, então, um defeito, porque, para melhorar a dirigibilidade e a segurança na estrada, há necessidade de serem retirados.

O método, para avaliação da condição das estradas de terra e a estimativa dos custos de manutenção, consiste dos seguintes procedimentos:

I- Dividir a Rede Rodoviária em Seções e Segmentos (subseções): antes da rede rodoviária ser inspecionada deve ser dividida em ramos, seções e subseções. O comprimento completo da estrada pode ser considerado como um ramo e pode ser dividido em seções homogêneas, que consistem de números de amostras semelhantes. O processo é completado, percorrendo a estrada antes da inspeção da condição. Os números de subseções são determinados de acordo com a homogeneidade das seções fixadas. Seções homogêneas são divididas em subseções iguais a 100 metros cada. Como uma regra, o comprimento da subseção deve ser, pelo menos, 10% (0.1) do comprimento total da seção, sendo considerado suficiente para representá-la, ou seja, uma subseção de 100 metros é considerada para representar 1 km. Subseções adicionais são tomadas

em início e fim das estradas, interseções com outras estradas, vilas (vilarejos) habitadas e alguma mudança significativa no meio ambiente circundante. Para efeito de nomenclatura, a amostra será dita subseção;

II- Inspeção das seções: cada seção homogênea é primeiramente percorrida e a localização das subseções são determinadas, casualmente, dentro do especificado e

III- Cálculo do ERCI da unidade de subseção envolve quatro passos: 1º – cada unidade de subseção é inspecionada e os dados dos defeitos são registrados na planilha, como mostra a Figura 4.5, onde os defeitos são avaliados na questão de sua severidade, em leve ou grave, e na influência da densidade da subseção, em ocasional, freqüente ou em grande escala (extenso). Para definir o nível de severidade em leve, pode ser utilizada a Tabela 4.11 (Descrição dos defeitos de severidade leve), tendo a severidade grave todos os que não se enquadram em leve. No entanto, a influência da densidade do defeito na subseção trata de um conceito atribuído pelo julgamento do avaliador (inspetor); 2º – os valores dedução (VDe) são determinados pela multiplicação dos pesos dos defeitos pelo nível de severidade e pela influência da densidade para cada defeito registrado, como mostra a Figura 4.6; 3º – o total do valor dedução (TVDe) é computado pela soma de todos valores dedução individual ( $\Sigma VDI$ ); e 4º – o valor do ERCI é computado usando a relação  $ERCI = 100 - TVDe$ . O valor do ERCI para comprimento total da estrada é a média dos valores das unidades de subseção e a classificação da condição da estrada pelo valor do ERCI na Tabela 4.10.

Tabela 4.10. ERCI – Escala e classificação da condição da estrada

ERCI	CLASSIFICAÇÃO
100 - 90	Muito bom
90 -80	Bom
80 -65	Regular
65 -40	Ruim
40 - 0	Falido

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE ESTRADA DE TERRA - ERCI						
Estrada:			Distrito:			
Subseção:			Subdistrito:			
Direção - De:		Para:	Data: / /			
Inspetor:						
DEFEITOS	Severidade			Densidade		
	LEVE	GRAVE	O	F	E	
Falha e erosão de aterro na estrada						
Falha no muro de contenção						
Altura da superfície						
Seção transversal (abaulamento)						
Afundamento de trilha de roda -ATR						
Buracos						
Superfície saturada						
Estrutura ilegal de irrigação						
Plantas na superfície da estrada						
Ocupação da superfície da estrada						
Sendo: O - Ocasional, F - Frequente e E - Extenso						
Observação:						

Figura 4.5 ERCI – Planilha para inspeção de estrada de terra  
Fonte: ABDELRAHMAN e SHARAF (1)

PLANILHA DE CÁLCULO E ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO ERCI								
DEFEITOS	Pesos	Peso Severidade		Peso Densidade			Dedução Pontos	Classificação
		Leve	Grave	O	F	E		
Falha e erosão de aterro na estrada	20	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		100
Falha no muro de contenção	12	0,3	1,0	0,4	0,8	1,0		Muito Bom 90
Altura da superfície	15	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Bom 80
Seção transversal (abaulamento)	8	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Regular
Afundamento de trilha de roda	8	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		65
Buracos	8	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Ruim
Superfície saturada	8	0,6	1,0	0,4	0,8	1,0		40
Estrutura ilegal de irrigação	7	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		
Plantas na superfície da estrada	7	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Falido
Ocupação da superfície da estrada	7	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		0
Total Dedução =								
ERCI = 100 – TVDe =								

Figura 4.6. ERCI - Planilha de cálculo e escala de classificação  
Fonte: ABDELRAHMAN e SHARAF (1)

Tabela 4.11. ERCI - Descrição dos defeitos de severidade leve

Defeitos	Descrição de severidade leve
Falha e erosão de aterro na estrada - FEA	Largura acima de 2,0 m e profundidade de 2,5 m
Falha no muro de contenção- FMC	Somente necessita de reconstrução, sem recolocação de pedras
Altura da superfície- ALS	Superfície elevada em menos de 50 cm abaixo do nível do subleito.
Seção transversal – STI (abaulamento)	Altura do ponto do meio menor que 5 cm
Afundamento de trilha de roda- ATR	Profundidade menor que 3 cm
Buracos- BUR	Profundidade menor que 10cm. Um buraco por cada 10 m <sup>2</sup>
Superfície saturada- SUS	Profundidade de saturação < 20 cm. Menor que metade da largura da estrada
Estrutura ilegal de irrigação- EII	Extensão menor que 1,0 m de largura
Plantas na superfície da estrada - PSE	Extensão menor que 1,0 m de largura
Ocupação da superfície da estrada - OSE	Extensão menor que 1,0 m de largura

Fonte: ABDELRAHMAN e SHARAF (1)

#### 4.5. URCI - *UNSURFACED ROAD CONDITION INDEX*

A condição da superfície é relacionada por diversos fatores, incluindo a integridade estrutural, capacidade estrutural, irregularidades e índice de deterioração. As medidas corretas para todos esses fatores requerem equipamentos caros e pessoal altamente treinado.

Contudo esses fatores podem ser avaliados por observação e medição de defeitos da superfície. Para tanto, pode ser utilizado o URCI (*Unsurfaced Road Condition Index* – Índice da Condição de Estrada Não-Pavimentada) elaborada pela USACE – *United State Army Corps of Engineers* (Corpo de Engenheiros dos Estados Unidos da América), que é um indicador numérico baseado na escala de 0 a 100 pontos.

O URCI indica a integridade das estradas e as condições operacionais da superfície (23,24) e a escala utilizada e as classificações associadas estão apresentadas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12. URCI - Escala e classificação da condição da estrada

Escala	Classificação
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muito Boa
70 – 55	Boa
55 – 40	Regular
40 – 25	Ruim
25 - 10	Muito Ruim
10 – 0	Falido

Fonte: EATON e BEAUCHAM (23)

A determinação do URCI realiza-se pela medida dos defeitos da superfície que são sete, a saber: seção transversal inadequada, drenagem lateral inadequada, ondulações, poeira, buracos, afundamento de trilha de rodas e segregação de agregados.

Cada defeito é medido, separadamente, em cada subseção, em função da densidade de área que abrange e o nível de severidade (baixo, médio ou alto) utilizando-os para a determinação do valor-dedução em gráficos de curvas (nomogramas).

Os nomogramas podem ser observados nas Figura B.1 a B.7 (Anexo B), com exceção do defeito poeira, que se atribuem valores predeterminado para os níveis de severidade: baixa = 2 pontos, média = 4 pontos e alta = 15 pontos. Todos os defeitos estão detalhados, pelo nível de severidade com suas definições e a forma de medição, conforme Tabela B.1 (Anexo B).

Os procedimentos para inspeção da estrada e medição dos defeitos são realizados, primeiramente, inspecionando a estrada que deverá ser feita dentro do veículo a uma velocidade de 40 km/h, podendo variar para cima ou para baixo, dependendo das condições da estrada.

O inspetor anotará quaisquer defeitos da superfície e problemas de drenagem. Essa inspeção deverá ser feita 4 (quatro) vezes ao ano, uma durante cada estação, contudo as medições detalhadas dos defeitos necessários para calcular o URCI não são requeridas todo ano, devendo ser realizada na época do ano na qual a estrada encontra-se em sua melhor condição, no caso do Estado de New England - EUA é realizada no período de 15 de agosto a 15 de setembro.

Devido ao clima e aos procedimentos de práticas de manutenção das estradas não-pavimentadas no Brasil, elas encontram-se, em boa parte, nas suas melhores condições, na época dos meses não chuvosos, que compreende entre abril e setembro, com exceção do defeito poeira presente com maior incidência nestes meses.

As estradas deverão ser divididas em seções e essas em subseções (unidades amostrais). As seções têm que ter composição estrutural uniforme (espessuras e materiais), tráfego e o mesmo histórico de construção e manutenção. Ao ocorrer interseções de vias, pode-se também empregar em seções separadas. Não se tem um comprimento ideal de uma seção, isto é, ela pode medir desde poucas dezenas de metros até mesmo vários quilômetros, tudo dependerá das características mencionadas.

Por outro lado, as subseções podem variar em tamanho de área com 135 a 300 m<sup>2</sup>, aproximadamente, com comprimento de 30,0 metros, em média, pela largura da pista. A média recomendada é, para uma via com largura de 8,0 metros, uma área de 240 m<sup>2</sup>, mas, se a estrada é estreita, cerca de 4,5 metros, o comprimento deve ser aumentado e, se a estrada é larga com cerca de 10 metros, o comprimento deve ser encurtado. Em síntese, sugere-se a cada milha (1.6 km) pelo menos duas subseções, isto é, uma a cada 800 metros.

A escolha das subseções, dentro da seção, deverá dar uma regular estimativa de toda a seção, caso uma pequena parte da seção tenha, particularmente, problemas severos, separar em uma subseção especial, anotando na planilha de inspeção e não usá-la na avaliação, quando calcular a média da seção.

Em relação ao procedimento do cálculo do URCI da unidade amostral (subseção), pode ser feito pelos seguintes passos:

1º Cada subseção selecionada para medições de defeitos é inspecionada e os defeitos são registrados na Planilha de Inspeção (Figura 4.7);

2º Com a extensão do defeito, é calculada a sua densidade: extensão/área da subseção. Por exemplo: se o defeito ondulação encontra-se em 150 m<sup>2</sup> para uma severidade baixa e a área da subseção é de 300 m<sup>2</sup>, então a densidade será:  $150/300 = 0.5 = 50\%$ ;

3º Com os valores da densidade calculada em 50 % e com a severidade do defeito, no caso baixa, por exemplo, no gráfico da Figura B.3. (Anexo B) obtém-se o valor dedução – VD<sub>u</sub>, que será: 24. Isto é feito para cada defeito que apresenta gráfico de curvas do VD<sub>u</sub>, exceto para o defeito poeira como mencionado anteriormente;

4º Com o total de valores deduções – TVD<sub>u</sub> e com os valores totais de defeitos com valores deduções - VD maiores que 5, denominados de “q”, no Gráfico da Curva do URCI, Figura B.8 (Anexo B) obtém-se o valor de URCI – eixo das coordenadas (vertical);

5º Com o valor do URCI, a subseção da estrada é classificada, conforme consta na Tabela 4.16 e

6º Para cada subseção, é realizado um cálculo, de acordo com os passos acima, utilizando para tanto a Planilha da Figura 4.7 e, para saber a classificação da seção toda, pode ser feita pela somatória do URCI de cada subseção e dividindo pela quantidade de subseções – média aritmética simples das subseções.

PLANILHA DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA - URCI									
Estrada:						Data:			
Subseção:						Inspetor:			
Unidade Amostral:						Área da amostra:			
TIPOS DE DEFEITOS								CROQUI	
1- Seção Transversal Inadequada (m) -STI									
2- Drenagem Lateral Inadequada (m) - DLI									
3- Ondulações (m2) - OND									
4 - Poeira - POE									
5- Buracos (números) - BUR									
6 - Afundamento de Trilha de Roda (m2) - ATR									
7- Segregação de Agregados (m) - SEA									
QUANTIDADE E SEVERIDADE DOS DEFEITOS									
Tipo		1	2	3	4	5	6	7	
Quantidade e Severidade	B								
	M								
	A								
CÁLCULO DO URCI								Observações	
Tipo de Defeito		Densidade	Severidade	Valor Dedução - VD					
Total - VD = q = URCI =      Classificação =									

Figura 4.7. URCI - Inventário e planilha de levantamento de campo  
 Fonte: Disposição da planilha adaptada de EATON e BEAUCHAM (23)

#### **4.6. RSMS - ROAD SURFACE MANAGEMENT SYSTEM**

O RSMS – *Road Surface Management System* (Sistema de Gerenciamento de Superfície de Estrada) (90) trata de um sistema de computador desenvolvido pela *University of New Hampshire* (Universidade de New Hampshire)- EUA que estabelece a gerência do pavimento de estradas pavimentadas e não-pavimentadas, em relação às alternativas de manutenção, pela avaliação da condição do pavimento denominado como *Pci – Pavement Condition Indicator* (Indicador da Condição de Pavimento), não confundir com o *PCI – Pavement Condition Index* (Índice da Condição do Pavimento) que trata de outro índice de classificação das condições de estradas, como mencionado anteriormente.

O sistema é estabelecido, primeiramente, pelo inventário da rede viária, onde o arquivo contém as seguintes informações: nome do segmento; divisão de manutenção; volume de tráfego; largura da estrada; nº de pistas; tipo de superfície; tipo de acostamento; importância da via; inventário anual; ponto de início e fim; quilometragem inicial e final.

Após estabelecer o inventário da rede, a 2ª fase trata do levantamento do estado da superfície da estrada que determina a condição de cada segmento observando, visualmente, os defeitos da superfície.

Os defeitos são avaliados de acordo com o *Field Manual – Identification of Road Surface Conditions* (Manual de Campo – Identificação das Condições da Superfície de Estradas) (91) que são para as estradas não-pavimentadas: afundamento de trilha de roda - ATR; segregação de agregados- SEA; ondulações- OND; buracos- BUR; seção transversal inadequada- STI; drenagem lateral inadequada- DLI e controle de poeira- POE. As condições destes defeitos são identificadas de acordo com o nível da severidade e da densidade, conforme podem ser verificados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13. RSMS – Identificação da condição de pavimento – estradas não-pavimentadas

Defeitos	Parâmetros		
	Nível	Severidade	Densidade
Ondulações- OND	Baixo	Prof. < 2,5 cm	< 10% da superfície da estrada
	Médio	Prof. = 2,5 – 5,5 cm	Entre 10 – 30 %
	Alto	Prof. > 7,5 cm	> 30 %
Buracos- BUR	Baixo	Prof. < 2,5 cm e/ou d < 30	Área < 10% 5 buracos/60 m
	Médio	Prof. 2,5 – 7,5 e/ou d = 30 – 60 cm	Área = 10 – 30 % e/ou 10 buracos/60 m
	Alto	Prof. > 7,5 cm e/ou d > 60 cm	Área > 30 % e/ou > 10 BUR/60m
Afundamento de Trilha de Roda - ATR	Baixo	Prof. < 2,5 cm	Área < 10%
	Médio	Prof. = 2,5 – 7,5 cm	Área = 10 – 30 %
	Alto	Prof. > 7,5 cm	> 30 %
Segregação de agregados SEA	Baixo	Bermas < 5,0 cm	Área < 10%
	Médio	Bermas = 5,0 – 10,0 cm	Área = 10 – 30 %
	Alto	Bermas > 10,0 cm	> 30 %
Poeira – POE	Bom	Nuvem delgada, visibilidade não obstruída	
	Regular	Nuvem densa moderada que obstrui parcialmente a visibilidade	
	Ruim	Nuvem densa que obstrui severamente a visibilidade	
Seção Transversal Inadequada- STI	Bom	Pouca ou sem poças d'águas, abaulamento bom	
	Regular	Algumas poças d'águas, pouco ou sem abaulamento	
	Ruim	Extensas poças d'águas, depressões	
Drenagem Lateral Inadequada- DLI	Bom	Desobstruídas, valetas e canaletas limpas	
	Regular	Algumas poças d'águas ou erosão na lateral da estrada	
	Ruim	Escoamento da água na estrada, poças d'águas na lateral da estrada	

Fonte: RSMS (91). Sendo. D- diâmetro; prof. - profundidade

O inventário da estrada e/ou da rede viária total e o levantamento de campo podem ser realizados pela Planilha RSMS de Inventário e Identificação da Condição das Seções de Estradas Não-Pavimentadas, conforme se tem na Figura 4.8, que é ferramenta fundamental para a entrada de dados no sistema de computação do RSMS para os arquivos inventário e condição, este último dará os elementos essenciais para o arquivo das alternativas de manutenção e custos e as suas decisões.

RSMS – Inventário e Identificação da Condição de Seção de Estradas Não-Pavimentadas						
Inventário			Inspeccionado por:			
Data:			NIE:			
Nome da Estrada:			Seção da Estrada:			
Nº da Seção.:			Divisão de Manutenção:			
Nº de Pista:	Largura (m):		Jurisdição: ( M ) Municipal (S) Estadual			
Acostamento	Largura (m):		( C )Cidade ( P ) Privada (N) Não mantida			
	Superfície: ( 1 ) Natural ( 2 ) Cascalho ( 0 ) Sem		Classe:			
km (inicial):	km (final):		Tráfego: (1) Baixo (2) Baio-Médio			
Ano do Inventário:	Ano Presente:		(3)Médio (4) Médio-alto (5) Alto			
Importância: (1) Baixo (2) Baio-Médio						
( 3 ) Médio (4) Médio-alto ( 5 ) Alto						
Class.:						
Observações:						
Defeitos - Condição			← Densidade →			
			Nenhum	Baixo	Médio	Alto
ATR	Severidade		Sem	< 10 %	10-30 %	> 30 %
		Baixo	0	1	2	3
		Médio		4	5	6
		Alto		7	8	9
Segregação de Agregados-SEA	Severidade		Sem	Baixo	Médio	Alto
		Baixo	0	1	2	3
		Médio		4	5	6
		Alto		7	8	9
Ondulações-OND	Severidade		Sem	< 10 %	10 – 30 %	> 30 %
		Baixo	0	1	2	3
		Médio		4	5	6
		Alto		7	8	9
Buracos-BUR	Severidade		Sem	Baixo	Médio	Alto
		Baixo	0	1	2	3
		Médio		4	5	6
		Alto		7	8	9
Seção Transversal- STI			Bom	Regular	Ruim	
Drenagem Lateral- DLI			1	2	3	
Poeira- POE			1	2	3	

Figura 4.8. RSMS – Planilha de Inventário e Identificação da Condição da Seção de Estrada Não-Pavimentada (90)

Obs.: Os números e as letras que se encontram nas lacunas tratam dos caracteres que deverão ser acionados no teclado, quando do lançamento dos dados no sistema de computador – RSMS; NIE – Número de Identificação da Estrada.

Conforme abordado na Tabela 2.16 (pág. 40) – RSMS - Defeitos, categorias, estratégias e alternativas de reparos, as alternativas de reparos e as estratégias são em função da severidade e da densidade dos defeitos avaliados que terão os valores dedução - VDr assumidos pelo sistema para cálculo do Pci de acordo com a Tabela 4.14.

Tabela 4.14. RSMS – Valores assumidos pelo sistema para severidade/densidade dos defeitos para cálculo do Pci

Defeitos	Severidade		Densidade			Defeitos	Severidade		Densidade		
			B	M	A				B	M	A
Afundamento de Trilha de Roda	Baixo		2	5	8	Segregação de Agregados	Baixo		2	5	8
	Médio		5	8	11		Médio		5	8	11
	Alto		8	11	14		Alto		8	11	14
Ondulações	Baixo		2	5	8	Buraco	Baixo		2	5	8
	Médio		5	8	11		Médio		5	8	11
	Alto		8	11	15		Alto		8	11	15
Seção Transversal Inadequada	Bom	0	Drenagem Lateral Inadequada			Bom	0	Controle de Poeira	Bom	0	
	Regular	8				Regular	8		Regular	8	
	Ruim	14				Ruim	14		Ruim	14	

Fonte: RSMS (90). Sendo: B – Baixo; M- Médio; e A – Alto

Apesar de se ter valores para representar cada nível de severidade/densidade dos defeitos e o Pci ser a soma destes valores subtraído de 100, o sistema não fornece uma escala de classificação das condições da estrada, isto é, um Pci = 50 não significa uma estrada em boa, regular ou em ruim condição.

Porém, para poder compará-lo aos demais em contatos mantidos via e-mail com Sr. Dave Fluharty (35), responsável técnico pelo sistema, indagado sobre a questão, o mesmo

estabeleceu uma relação entre a classificação da estrada e os valores do Pci, que se encontra na Tabela 4.15.

Tabela 4.15. RSMS – Escala e classificação do Pci elaborado por FLUHARTY (35)

Valor do Pci	Classificação
100 - 96	Excelente
95 - 73	Bom
72 - 40	Regular
39 - 25	Ruim
24 - 0	Péssimo

#### **4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como discutido e apresentado desde o início deste trabalho, as estradas não-pavimentadas carecem de estudos e investimentos específicos no Brasil, mas, em âmbito internacional, principalmente nos EUA, possuem constantes inovações tecnológicas e estudos para todos os elementos que as constituem e não deixaria de ser diferente em relação aos métodos de avaliação das condições superficiais.

Neste estudo, foram pesquisados nove métodos de avaliação, sendo quatro com metodologia subjetiva (Riverson, Visser, Jamsa e GPM) e cinco objetiva (EPCR, ERCI, RCS/DVI, URCI e RSMS).

Os de Jamsa, GPM, URCI e RSMS originários de países desenvolvidos e os de Visser, EPCR e ERCI de países africanos, que são países em desenvolvimento, e, no caso do RCS/DVI, apesar de ser desenvolvido por organismos europeus, é estabelecido para ser aplicado em países em desenvolvimento, grupo no qual pertence o Brasil.

Os métodos de avaliação pesquisados não foram todos plenamente analisados e desenvolvidos neste estudo, caso dos de Riverson, Visser, Jamsa e EPCR, pois as fontes consultadas não esclareceram, em relação a cada método, os seguintes pontos:

- Visser: com os valores da severidade e da densidade dos defeitos não se fornece a escala dos valores totais, para definir as condições das estradas nas classificações usuais (excelente, bom, regular, ruim e falido);

- EPCR: não fica muito claro a forma de utilização da planilha de inventário e avaliação da condição (Figura D.3) referente à forma de anotar os valores de avaliação em relação ao trecho (seção e/ou subseção), isto é, qual seria a mínima ou a máxima densidade da subseção e/ou da seção a ser avaliada, e, também, a classificação dos defeitos que é abordada na escala de quatro valores (0, 1, 2 e 3) dificultaria sobremaneira a interpolação dos valores para a escala mais usual, além de torná-lo um método subjetivo, apesar de o autor apresentá-lo como método de avaliação objetiva, mencionando HORTA (41): “A avaliação da condição do pavimento é uma importante tarefa da primeira fase de projeto. Exigem-se identificação, avaliação objetiva e interpretação dos defeitos do pavimento e merecem especial discussão...” (grifo acrescentado).

- Riverson: a planilha da Figura C.1 (Anexo C) apresenta a avaliação para o conforto de dirigibilidade, ondulações, afundamento de trilha de roda, buracos, segregação de agregados, drenagem lateral e seção transversal, porém na Tabela C.1 (Anexo C) não consta como avaliar os dois últimos (drenagem lateral e seção transversal) e

- Jamsa: não especifica como proceder com a avaliação em relação às notas a serem atribuídas, porque a escala de valores varia para cada condição em números inteiros e decimais, por exemplo, para a condição na qual a superfície de estrada manteve sua forma e esteve muito igual e firme; possível irregularidade de superfície não afeta o conforto das viagens, os valores variam de 4.1 a 5.0. Logo que situação avaliaria em 4.1 ou 4.5 ou 4.7, por exemplo.

Por outro lado, os métodos que serão utilizados no experimento apresentaram nas respectivas referências as condições necessárias para a aplicação em campo. Com exceção do

GPM, que trata de um método subjetivo, os demais possuem metodologia objetiva que, para cada qual, estabelecem parâmetros distintos, que podem ser verificados nos respectivos subitens, que apresentam entre outros o comprimento das seções e subseções e os defeitos a serem avaliados.

Além destas distinções, outras também são verificadas em cada método, em especial, a forma de cálculo e a classificação das condições que são propostas por cada método do seguinte modo:

- RCS/DVI: o critério de avaliação é realizado pela densidade, representada pela % da área avaliada (subseção) em três pontos: < 10%, 10-50% e > 50%; e da severidade : baixa, média e alta, dos defeitos considerados pelo método. Estabelecidos no caso do RCS, em 3 valores (1,2,3), exceto para a condição da pista que é em 5 valores (1,2,3,4,5) em escala inversa da convencional, isto é, 1 é o melhor e 5 é o pior estado, procedimento também válido para a inspeção do DVI.

O cálculo final é realizado pela média das notas representativas da densidade e severidade de cada defeito avaliado, podendo ser feita pela Planilha da Figura 4.4. Outro ponto de destaque é que este método realiza-se em duas etapas, sendo a 1<sup>a</sup>: a avaliação pelo RCS, que apresentando valor da condição da pista maior ou igual a 3, então realiza-se a 2<sup>a</sup> etapa: a avaliação pelo DVI;

- ERCI: estabelece os defeitos em severidade: leve e grave e a densidade em: ocasional, freqüente e extenso. Para severidade e densidade do defeito, existe um peso para cada um e cada qual tem o seu respectivo peso. A dedução de pontos de cada defeito é realizada pela multiplicação dos respectivos pesos. Como exemplo, o defeito buraco tem o valor do seu peso = 8; severidade: se leve = 0.5, se grave = 1.0 e a densidade: se ocasional = 0.4; se freqüente = 0.8 e se extenso = 1.0. Então, avaliando-se o defeito buraco na severidade grave e densidade freqüente, o valor dedução será:  $8 \times 0.5 \times 0.8 = 3.2$ .

O valor do ERCI será calculado pela somatória dos valores dedução dos defeitos avaliados (total valor dedução –TVDe) menos o valor 100 (ERCI = 100 – TDVe) e com o

resultado obtido a área avaliada será classificada de acordo com a Tabela 4.10. Por exemplo, se o ERCI = 60, a classificação será ruim;

- URCI: a forma de avaliar os defeitos, apesar de ser pela densidade e nível de severidade (baixo, médio ou alto), difere dos demais métodos, por apresentar nomogramas de cada defeito, exceto para o defeito poeira, que estabelece o valor dedução – VDu pela densidade (área da subseção/densidade do defeito) e o nível de severidade de cada defeito. Com a somatória dos VDu e a quantidade de defeitos avaliados – q (quantidade de VDu > 5) o valor do URCI é estabelecido por outro nomograma e a área avaliada é classificada pela Tabela 4.12. Por exemplo, para URCI = 60, a classificação da condição da área avaliada é boa;

- RSMS: neste trabalho considera-se a sua parte teórica, porque o sistema de computação não será utilizado, por estarem sendo estudados os procedimentos para sua operação e o entendimento à aplicação. Como se trata de um método, para verificar as condições dos defeitos, realizadas pelos níveis de severidade e densidade e, a partir deles, especificar uma alternativa de manutenção. O mesmo será aplicado em campo, em especial, a identificação das condições dos defeitos pelo valor encontrado para o Pci, que será a somatória dos VDr de cada defeito, assumidos pelo sistema de acordo com a Tabela 4.14, subtraindo de 100. Como exemplo, um Pci = 60 a condição da estrada e/ou seção será regular conforme Tabela 4.15.

Vale ressaltar que os métodos a serem aplicados em campo estabelecem a forma de medição dos defeitos, a classificação da estrada como também as suas causas e possíveis formas de correção, fazendo deles uma ferramenta importante para manutenção da estrada não-pavimentada.

## **5. ANÁLISE TEÓRICA DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS PARA APLICAÇÃO EM CAMPO**

---

### **5.1. INTRODUÇÃO**

Os métodos de avaliação, que serão aplicados em campo, apresentam-se com diferenças nas suas metodologias, conforme abordado no capítulo anterior, em especial, nos valores-dedução dos defeitos que determinam a nota e a escala de classificação. Logo, este capítulo tem por objetivo verificar a sensibilidade dos métodos de avaliação selecionados que atribuem valores para cada defeito em função dos níveis de severidade e densidade, que são denominados de valores-dedução: VD, verificando a correlação existente entre estes e possíveis estados de condição da superfície da estrada avaliada.

Os valores-dedução dos defeitos avaliados de cada método apresentam formas de calcular e valores diferentes em relação ao nível de densidade e de severidade, razão pela qual cada um será analisado, separadamente, e, para efeito de síntese, adotar-se-á a seguinte nomenclatura para relacionar os valores da composição das medidas dos respectivos níveis da severidade e da densidade: B/B – baixo/baixo; B/M – baixo/médio; B/A – baixo/alto; M/B – médio/baixo; M/M – médio/médio; M/A – médio/alto; A/B – alto/baixo; A/M – alto/médio e A/A – alto/alto e são os seguintes para os respectivos métodos:

- GPM: os defeitos avaliados estão em função da sua severidade para a maioria dos defeitos e com os valores de classificação definidos na escala de 1 a 5, para as condições de péssimo, ruim, regular, bom e excelente, respectivamente, mas podem ser avaliados pela severidade e/ou densidade como demonstra a Tabela 4.8;

- DVI: os defeitos estão em função do nível de densidade e severidade (três níveis: baixo, médio e alto), exceto o ATO que é medido em função apenas da densidade. Os valores estão representados na Tabela 5.1, para cada defeito na escala de 1 a 5, em função do nível de severidade/densidade, sendo o valor 1, o melhor, e 5, o pior. Não apresenta valores decimais na avaliação dos defeitos e a sua escala é inversa da convencional.

Tabela 5.1. DVI – Valores-dedução: VDi dos defeitos em relação ao nível de severidade/ densidade

Defeitos	Nível Severidade/Densidade – Valores-dedução: VDi				
	1	2	3	4	5
ATR	B/B	B/M	B/A;M/B	M/M;	M/A; A/B; A/M; A/A
OND	B/B	B/M	B/A; M/B; M/M	M/A;A/B	A/M; A/A
PED	B/B	B/M	B/A; M/B; M/M	M/A;A/B	A/M;A/A
ESC	B/B	B/M	B/A; M/B; M/M	M/A	A/B; A/M; A/A
SUE	B/B	B/M	M/B; B/A	M/M	M/A; A/B; A/M; A/A
BUR	B/B	B/M	M/B; B/A	M/M	M/A; A/B; A/M; A/A
ATO	B	M	A	-	-

Sendo: ATR – afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; PED – perda de declividade (seção transversal inadequada); ESC – espessura de cascalho; SUE – sulcos de erosão; BUR – buracos; ATO – atoleiros.

Observa-se na Tabela 5.1 que os defeitos ATR, SUE e BUR privilegiam a sua severidade em detrimento da densidade, isto é, para o pior estado, assume o valor 5 em quatro condições, todas para o nível de severidade alto, motivo pelo qual no caso do BUR, por exemplo, basta ter um buraco com profundidade acima de 4,0 cm (severidade nível alto) que o valor a ser assumido para o defeito será o 5, independente da área que atinge os demais buracos.

Por outro lado, verifica-se que os defeitos OND, PED (STI) e ESC têm distribuição melhor e mais coerente em relação aos valores assumidos, em função do nível severidade/densidade que àqueles outros;

- RSMS: os defeitos assumem procedimentos semelhantes ao DVI, mas, com escala de peso de valores diferentes, especificando os seguintes valores: 2, 5, 8, 11, 14 e 15 que são assumidos em função do nível severidade/densidade de acordo com a Tabela 5.2, exceto para o STI, DLI e POE que são avaliados somente em relação a sua severidade. Onde se observa uma distribuição dos pesos, considerando tanto o nível da severidade e da densidade, tendo o menor valor para a condição B/B, como no DVI, mas o maior peso (14 ou 15) está somente para a condição A/A, por sua vez no DVI, tem-se até quatro condições para o seu maior valor: 5.

Tabela 5.2. RSMS - Valores-dedução: VDr dos defeitos em relação ao nível de severidade/densidade

Defeitos	Nível Severidade/Densidade – Valores-dedução: VDr						
	0	2	5	8	11	14	15
ATR		B/B	B/M; M/B	B/A, M/M;A/B	M/A; A/M;	A/A	-
OND		B/B	B/M; M/B	B/A, M/M;A/B	M/A; A/M;	-	A/A
SEA		B/B	B/M; M/B	B/A, M/M;A/B	M/A; A/M;	A/A	
BUR		B/B	B/M; M/B	B/A, M/M;A/B	M/A; A/M;	-	A/A
STI	Bom			Regular		Ruim	
DLI	Bom			Regular		Ruim	
POE	Bom			Regular		Ruim	

Sendo: ATR – afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; SEA – segregação de agregados BUR – buracos; STI – seção transversal inadequada; DLI – drenagem lateral inadequada; POE – poeira.

- ERCI: apresenta-se com valores-dedução compostos de três pesos de valores: os defeitos assumem os seus respectivos pesos normais e reponderados nos valores: FEA – 20/0; FMC – 12/15; ALS – 15/20; STI, ATR, BUR e SUS – 8/11; e EII, PSE e OSE – 7/10; a medida da severidade, se leve: 0.6 (SUS), 0.4 (EII), 0.3 (FMC) e 0.5 (os demais) e 1.0 (todos), se grave e a densidade para todos: 0.4, se ocasional; 0.8, se freqüente e 1.0, se extenso.

O cálculo do valor-dedução de cada defeito avaliado é a multiplicação entre o peso do defeito, o peso da severidade (L- leve ou G - grave) e o peso da densidade (O- ocasional, F- freqüente e E- extenso). Os valores-dedução de cada defeito, em função do peso do defeito (normal e reponderado) e do peso severidade/densidade, podem ser conferidos na Tabela 5.3, tanto para os pesos normais como para os reponderados, estes calculados sem o FEA e o EII, por não serem presentes na maioria das estradas brasileiras de acordo com os estudos pesquisados e definidos de forma geral, quando da aplicação do método em campo.

Contudo, para efeito de comparação entre os métodos, adicionará para o ERCI a severidade de nível médio, em função dos níveis de densidade, calculado pela média entre os valores da relação, entre os outros dois níveis propostos pelo método. Sendo que estes serão considerados da seguinte forma: severidade: L (leve) = baixo: M = Médio (acrescentado) e G (grave) = alto e densidade: O (ocasional) = baixo, F (freqüente) = médio e E (extenso) = alto.

Tabela 5.3. ERCI – Valores-dedução: VDe dos defeitos em função do nível de severidade/densidade

Situação		Defeitos/ Valores-dedução: VDe						
		FEA	FMC	ALS	STI,ATR, BUR	SUS	EII,OSE	PSE
L/O	VDen	4.0	1.44	3.0	1.6	1.92	<b>1.12</b>	1.4
	VDer	0	1.92	4.0	2.2	2.64	<b>1.6</b>	2.0
L/F	VDen	8.0	2.88	6.0	3.2	3.84	2.24	2.8
	VDer	0	3.84	8.0	4.4	5.28	3.2	4.0
L/E	VDen	10.0	3.6	7.5	4.0	4.8	2.8	3.5
	VDer	0	4.8	10	5.5	6.6	4.0	5.0
M/O	VDer	0	3.36	<b>6.0</b>	3.3	3.52	2.8	3.0
M/F	VDer	0	8.32	12.0	6.6	7.04	5.6	6.0
M/E	VDer	0	10.4	15.0	8.25	8.8	7.0	7.5
G/O	VDer	8.0	4.8	6.0	3.2	3.2	2.8	2.8
	VDen	0	6.4	8.0	4.4	4.4	4.0	4.0
G/F	VDer	16.0	9.6	12.0	6.4	6.4	5.6	5.6
	VDen	0	12.8	16.0	8.8	8.8	8.0	8.0
G/E	VDer	<b>20.0</b>	12.0	15.0	8.0	8.0	7.0	7.0
	VDen	0	<b>16.0</b>	20.0	11.0	11.0	10.0	10.0

Sendo na Tabela 5.3: FEA - Falha e erosão de aterro na estrada; FMC - Falha no muro de contenção; ALS - altura da superfície; ATR – afundamento de trilha de roda; BUR – buracos; STI – seção transversal inadequada; SUS - superfície saturada; EII - estrutura ilegal de irrigação; PSE - plantas na superfície da estrada e OSE - ocupação da superfície da estrada; VDen – valor-dedução normal e VDer – valor-dedução reponderado. Situações: M/O, M/F e M/E acrescentadas para efeito de comparação com os demais métodos, os valores-dedução para estas situações foram calculados da seguinte forma, por exemplo: o defeito ALS para a situação M/O - (valor do L/O + valor do G/O)/2 = (4.0 + 8.0)/2 = 12/2 = 6.0, assim feito para os demais defeitos nas respectivas situações.

Observa-se, na Tabela 5.3, que os valores-dedução do ERCI, para os níveis de severidade/densidade, apresentam mais de 20 valores distintos, excluindo os de nível severidade médio que foram acrescentados para efeito de comparação. Para o peso normal, o menor valor é 1.12 do defeito EII e OSE, para condição L/O e o maior valor é 20 no FEA, para condição G/E e, para o peso reponderado, o menor é 1.6 no OSE, para condição L/O, neste caso não avalia o EII e o maior é 20 no ALS, para condição G/E.

- URCI: tem os valores-dedução dos defeitos extraídos de nomogramas em função da densidade do defeito em % e da severidade em nível baixo, médio e alto, exceto o defeito POE (poeira) que está relacionado somente ao nível de severidade (valores: 2, 4 e 15 para o nível baixo, médio e alto, respectivamente). Para tanto se elaborou a Tabela 5.4 que apresenta os valores-dedução, assumidos pelos defeitos em função da densidade em três pontos médios, pois os defeitos apresentam intervalos de densidades diferentes, tendo para o STI e DLI variação entre 0 a 15%, OND e ATR de 0 a 100%, SEA de 0 a 20 % e BUR de 0 a 5%.

Observa-se, na Tabela 5.4, que o defeito poeira (POE) é o menos representativo em relação ao nível de severidade alto e na máxima densidade, com o valor-dedução igual a 15, valor este que, para o defeito buraco (BUR), é para a menor densidade e nível de severidade baixo e apresenta o maior valor-dedução entre os defeitos que é 85, para a sua maior densidade e nível de severidade alto.

Logo o URCI, em relação aos demais métodos, tem o seu valor-dedução calculado de forma totalmente diferente. Primeiramente, trata da combinação dos fatores avaliados do defeito densidade/severidade e podem assumir valores em intervalos, por exemplo, o defeito STI, para os níveis de severidade baixo, médio e alto, assume valores nos intervalos respectivos: de 0 a 25; de 0 a 33 e de 0 a 43, para as respectivas densidades que variam de 0 a 15.

Tabela 5.4. URCI – Valores-dedução - VDu dos defeitos em três pontos médios da densidade e do nível de severidade, extraídos dos nomogramas (Anexo B)

Defeito	Valor-dedução - VDu			
	Densidade (%)	Nível de Severidade		
		Baixo	Médio	Alto
STI	5	12	14	21
	10	20	26	34
	15	25	33	43
DLI	5	7	12	15
	10	14	21	27
	15	20	28	38
OND	10	7	9	11
	50	24	30	40
	100	33	43	60
ATR	10	14	17	21
	50	26	33	40
	100	30	38	56
SEA	2	4	7	9
	10	14	20	30
	20	20	28	45
BUR	1	15	25	42
	3	23	39	67
	5	44	62	85
POE	-	2	4	15

Sendo: ATR – afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; SEA – segregação de agregados BUR – buracos; STI – seção transversal inadequada; DLI – drenagem lateral inadequada; POE – poeira.

Por outro lado, o DVI, ERCI e RSMS assumem valores-dedução para os seus defeitos, em função da combinação severidade/densidade determinada, podendo ser verificados nas suas respectivas tabelas de valores-dedução.

## 5.2. ANÁLISE TEÓRICA DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS

### 5.2.1. Introdução

Pelos valores-dedução - VD dos defeitos de cada método de avaliação selecionado para estudo e aplicação em campo apresentados, no subitem anterior nas Tabelas 5.1 a 5.4 será analisada a sensibilidade dos métodos em duas formas: a 1ª pelas situações que possam existir na relação severidade/densidade definidos pelos métodos, na maioria, em três níveis para cada uma, no caso: baixo (B), médio (M) e alto (A), possibilitando determinar uma matriz 3 X 3, estabelecendo nove (9) situações, que estão apresentadas na Tabela 5.5 e para verificar a relação da classificação dos métodos, em função dos estados de condição que uma estrada (seção) pode apresentar, definidos em: excelente, bom, regular, ruim e falido, serão atribuídos as situações dos níveis de severidade e densidade pelo estudo de caso hipotético, para cada defeito avaliado pelo respectivo método, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.5. Situações dos níveis de severidade e densidade

Severidade	Densidade		
	B	M	A
B	B/B	B/M	B/A
M	M/B	M/M	M/A
A	A/B	A/M	A/A

Tabela 5.6. Definição de estado de condição de estrada (seção) de um estudo de caso hipotético, em função dos níveis de severidade (S) e densidade (D) dos defeitos

Estado	Nível	Defeitos – níveis de severidade/densidade														
		STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE
Excelente	S	B	B	B	B	B	SEM	B	SEM	B	X	B	B	SEM	B	SEM
	D	B	B	B	B	B	SEM	B	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM
Bom	S	B	M	M	M	M	SEM	B	SEM	M	X	M	M	SEM	M	SEM
	D	B	B	B	B	B	SEM	B	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM
Regular	S	M	M	M	M	M	B	B	B	M	X	M	M	B	M	B
	D	B	M	M	M	M	B	B	X	M	B	M	M	B	M	B
Ruim	S	M	A	A	A	A	M	M	M	A	M	A	A	M	A	M
	D	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M
Falido	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A
	D	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A

Sendo: STI - seção transversal inadequada; BUR – buracos; ATR - afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; DLI – drenagem lateral inadequada; SEA- segregação de agregados; POE – poeira; ESC - espessura de cascalho; SUS - superfície saturada; FEA - Falha e erosão de aterro na estrada; FMC - Falha no muro de contenção; ALS - altura da superfície; EII - estrutura ilegal de irrigação; PSE - plantas na superfície da estrada e OSE - ocupação da superfície da estrada

### 5.2.2. Análise de sensibilidade: Situação X Classificação

Pela Tabela 5.5, que define as nove situações possíveis, em relação aos níveis de severidade e densidade, elaborou-se a Tabela 5.8 com essas situações e os respectivos cálculos, para determinar a classificação que cada método de avaliação específica para a referida situação.

Tabela 5.7. Avaliação das situações dos níveis de severidade e densidade dos defeitos pelos métodos de avaliação selecionados

SITUAÇÃO		DEFEITOS/VD															TVD	Cálculo <sub>1</sub>	Nota	Classificação
		STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE				
<b>1</b>	S	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B				
	D	B	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B				
MÉTODOS	GPM <sub>2</sub>	4	4	4	4	3	3	4	4	X	X	X	X	X	X	X	30	30/8	3.75	BOM
	URCI <sub>3</sub>	12	7	7	X	14	15	4	2	X	X	X	X	X	X	X	61	q = 5	72	M.BOM
	RSMS <sub>4</sub>	0	0	2	X	2	2	2	0	X	X	X	X	X	X	X	8	100-8	92	BOM
	DVI <sub>5</sub>	1	X	1	1	1	1	X	X	1	1	X	X	X	X	X	7	7/7	1	EXCELENTE
	ERCI <sub>6</sub>	2.2	X	X	X	2.2	2.2	X	X	X	X	1.9	4.0	2.6	2.0	1.6	18.7	100-18.7	81.3	BOM
<b>2</b>	S	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B				
	D	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M				
MÉTODOS	GPM	3	3	3	3	2	2	3	3	X	X	X	X	X	X	X	22	22/8	2.75	REGULAR
	URCI	20	14	24	X	26	23	14	2	X	X	X	X	X	X	X	123	q = 6	40	RUIM
	RSMS	0	0	5	X	5	5	5	0	X	X	X	X	X	X	X	20	100 - 20	80	BOM
	DVI	2	X	2	2	2	2	X	X	2	2	X	X	X	X	X	14	14/7	2.0	BOM
	ERCI	4.4	X	X	X	4.4	4.4	X	X	X	X	3.8	8.0	5.3	4.0	3.2	37.6	100-37.6	62.4	REGULAR
<b>3</b>	S	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B				
	D	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A	A				
MÉTODOS	GPM	3	3	2	2	2.5	2	2	4	X	X	X	X	X	X	X	20.5	20.5/8	2.6	REGULAR
	URCI	25	20	33	X	30	44	20	2	X	X	X	X	X	X	X	174	q = 6	18	M. RUIM
	RSMS	0	0	8	X	8	8	8	0	X	X	X	X	X	X	X	32	100-32	68	REGULAR
	DVI	3	X	3	3	3	3	X	X	3	3						21	21/7	3.0	REGULAR
	ERCI	5.5	X	X	X	5.5	5.5	X	X	X	X	4.8	10.0	6.6	5.0	4.0	46.9	100-46.9	53.1	RUIM

continua

SITUAÇÃO	STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE	TVD	Cálculo	Nota	Classificação
4	S	M	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M				
	D	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B	B				
MÉTODOS	GPM	3	3	4	4	2	2	3	3	X	X	X	X	X	X	24	24/8	3.0	REGULAR
	URCI	14	12	9	X	17	25	7	4	X	X	X	X	X	X	88	q = 6	57	BOM
	RSMS	8	8	5	X	5	5	5	8	X	X	X	X	X	X	44	100 - 44	56	REGULAR
	DVI	3	X	3	3	3	3	X	X	3	1	X	X	X	X	19	19/7	2.7	REGULAR
	ERCI	3.3	X	X	X	3.3	3.3	X	X	X	X	3.4	6.0	3.5	3.0	2.8	28.6	100 - 28.6	71.4
5	S	M	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M				
	D	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M				
MÉTODOS	GPM	3	3	3	3	2	2	3	3	X	X	X	X	X	X	22	22/8	2.75	REGULAR
	URCI	26	21	30	X	33	39	20	4	X	X	X	X	X	X	173	q = 6	18	M. RUIM
	RSMS	8	8	8	X	8	8	8	8	X	X	X	X	X	X	56	100-56	44	REGULAR
	DVI	3	X	3	3	4	4	X	X	4	2	X	X	X	X	23	23/7	3.3	RUIM
	ERCI	6.6	X	X	X	6.6	6.6	X	X	X	X	8.3	12.0	7.0	6.0	5.6	58.7	100-58.7	41.3
6	S	M	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M				
	D	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A				
MÉTODOS	GPM	1	2	1	2	1	1	2	1	X	X	X	X	X	X	11	11/8	1.37	RUIM
	URCI	33	28	43	X	38	62	28	4	X	X	X	X	X	X	236	q = 6	10	FALIDO
	RSMS	8	8	11	X	11	11	11	8	X	X	X	X	X	X	68	100 - 68	32	RUIM
	DVI	4	X	4	4	5	5	X	X	5	3	X	X	X	X	30	30/7	4.3	FALIDO
	ERCI	8.2	X	X	X	8.2	8.2	X	X	X	X	10.4	15.0	8.8	7.5	7.0	73.3	100- 73.3	26.7
7	S	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A				
	D	B	B	B	B	B	B	B	X	B	B	B	B	B	B				
MÉTODOS	GPM	1	1	2	2	2	2	3	2	X	X	X	X	X	X	15	15/8	1.9	RUIM
	URCI	21	15	11	X	21	42	9	15	X	X	X	X	X	X	134	q = 7	35	RUIM
	RSMS	14	14	8	X	8	8	8	14	X	X	X	X	X	X	74	100-74	26	RUIM
	DVI	4	X	4	5	5	5	X	X	5	1	X	X	X	X	29	29/7	4.1	FALIDO
	ERCI	4.4	X	X	X	4.4	4.4	X	X	X	X	6.4	8.0	4.4	4.0	4.0	40	100-40	60
continua																			

SITUAÇÃO	STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE	TVD	Cálculo	Nota	Classificação	
<b>8</b>	S	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A					
	D	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M					
MÉTODOS	GPM	1	2	1	2	1	1	2	1	X	X	X	X	X	X	X	11	11/8	1.37	RUIM
	URCI	34	27	40	X	40	67	30	15	X	X	X	X	X	X	X	253	q = 7	18	M. RUIM
	RSMS	14	14	11	X	11	11	11	14	X	X	X	X	X	X	X	86	100-86	14	FALIDO
	DVI	5	X	5	5	5	5	X	X	5	2	X	X	X	X	X	32	32/7	4.6	FALIDO
	ERCI	8.8	X	X	X	8.8	8.8	X	X	X	X	12.8	16.0	8.8	8.0	8.0	80	100 - 80	20	FALIDO
<b>9</b>	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A					
	D	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A					
MÉTODOS	GPM	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	8	8/8	1.0	FALIDO
	URCI	43	38	60	X	56	85	45	15	X	X	X	X	X	X	X	342	q = 7	18	M. RUIM
	RSMS	14	14	15	X	14	15	14	14	X	X	X	X	X	X	X	100	100-100	0	FALIDO
	DVI	5	X	5	5	5	5	X	X	5	3	X	X	X	X	X	33	33/7	4.7	FALIDO
	ERCI	11.0	X	X	X	11.0	11.0	X	X	X	X	16.0	20.0	11.0	10.0	10.0	100	100-100	0	FALIDO

Sendo na tabela: STI, DLI, OND, ESC, ATR, BUR, SEA, POE, SUE, ATO, FMC, ALS, SUS, PSE E OSE abreviaturas de todos os defeitos avaliados pelos respectivos métodos, definidos no Capítulo 4; VD- valor-dedução; TVD – total valor-dedução; S – severidade; D – densidade; B – baixo; M – médio; A – alto; q = quantidade de VD > 5; M. BOM = MUITO BOM; M. RUIM = MUITO RUIM e X – defeito não avaliado pelo método.

Observações: 1- Cálculo das notas de classificação dos métodos, exceto para o URCI que tem o ser valor extraído de um nomograma, conforme Figura B.8 (Anexo B); 2- O método GPM tem metodologia subjetiva, mas apresenta valores para os defeitos inspecionados pela severidade e densidade, conforme Tabela 4.8; 3- O método URCI tem os defeitos avaliados pela severidade e densidade (área do defeito/área da unidade amostral) e os VDU são estipulados pelos nomogramas de cada defeito, exceto para poeira (POE), que é avaliado somente pela severidade em B, M e A, com valores prefixados em 2, 4 e 15, respectivamente; 4- Os defeitos STI, DLI e POE são avaliados somente pela severidade pelo RSMS; 5- O método DVI utilizado no caso do cálculo da nota é o estipulado para o DVIR; e 6- O método ERCI utilizado para os VDe dos defeitos foi o reponderado (ERCIr) Neste método assumiu-se  $L = B$  e  $G = A$ . Por sua vez, para os níveis de densidade adotou-se:  $O = B$ ,  $F = M$  e  $E = A$  e os valores-dedução – VDe, para os defeitos avaliados no ERCI, são os que estão apresentados na Tabela 5.3.

Pelos valores da Tabela 5.7, que trata da classificação de cada situação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados, para estudo neste trabalho, elaborou-se a Tabela 5.8, que é o resumo das classificações em relação às situações e, por esta, foi possível traçar um gráfico com cada método de avaliação e a correspondente classificação calculada em relação às situações dos níveis de severidade e densidade dos defeitos, que estão representados na Figura 5.1.

Tabela 5.8 – Resumo das classificações determinadas por cada método de avaliação, em função das situações estipuladas pelos níveis de severidade e densidade

SITUAÇÃO	DEFEITOS		MÉTODOS/CLASSIFICAÇÃO				
	S	D	GPM	URCI	RSMS	DVI	ERCI
1	B	B	BOM	M. BOM	BOM	EXCELENTE	BOM
2	B	M	REGULAR	RUIM	BOM	BOM	REGULAR
3	B	A	REGULAR	M. RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM
4	M	B	REGULAR	BOM	REGULAR	REGULAR	REGULAR
5	M	M	REGULAR	M. RUIM	REGULAR	RUIM	RUIM
6	M	A	RUIM	FALIDO	RUIM	FALIDO	FALIDO
7	A	B	RUIM	RUIM	RUIM	FALIDO	RUIM
8	A	M	RUIM	M. RUIM	FALIDO	FALIDO	FALIDO
9	A	A	FALIDO	M. RUIM	FALIDO	FALIDO	FALIDO

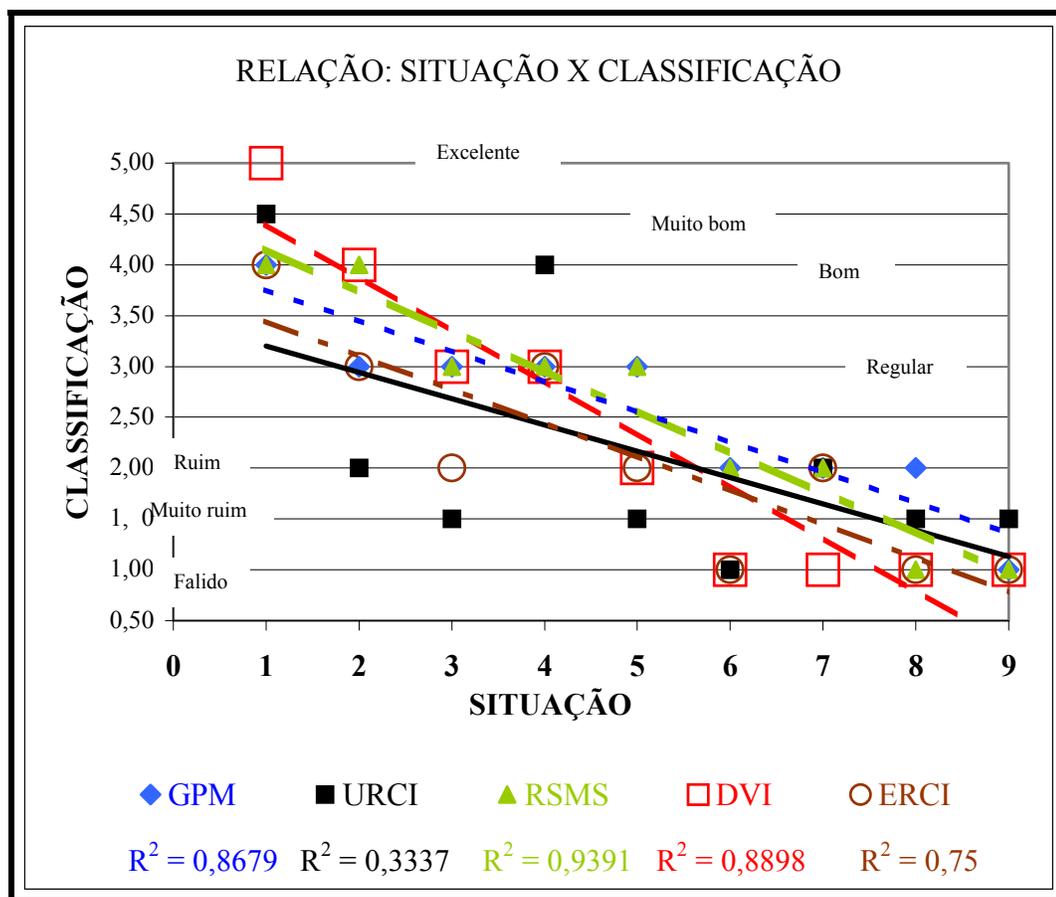


Figura 5.1. – Gráfico da relação entre a situação e classificação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados

Na Tabela 5.8, as classificações determinadas por cada método de avaliação, em função dos níveis de severidade e densidade dos defeitos, variam, consideravelmente, de método para método e no próprio método.

Partindo do pressuposto de que os níveis de severidade e densidade estão em ordem decrescente do estado das condições da estrada (seção) avaliada, sendo para a relação B/B a condição pode ser EXCELENTE e para A/A, FALIDO, o método DVI obteve a melhor distribuição, classificando na ordem EXCELENTE, sendo o único a apresentar esta condição, passando por BOM, REGULAR, RUIM e finalizando em FALIDO, apresentado em quatro situações da 6 a 9 (M/A, A/B, A/M e A/A), confirmando a distribuição dos VDi, que consta na Tabela 5.1.

O GPM e o RSMS também têm uma distribuição dentro dos parâmetros, mas não apresentam a condição EXCELENTE para a situação B/B.

No ERCI, a seqüência é interrompida na situação 3 (B/A) que apresenta a classificação RUIIM, pois os VDe dos defeitos desta situação são maiores de que a situação M/O, sendo que esta foi calculada pela média entre os níveis propostos pelo método.

A maior variação entre as situações está presente no URCI, que se inicia em MUITO BOM para a situação 1 (B/B), mas passa para a condição RUIIM na 2, para MUITO RUIIM na 3 e BOM na situação 4 (M/B). Não apresenta a REGULAR e na maioria das situações a classificação mais presente é a MUITO RUIIM (3, 5, 8 e 9). Particularidade que pode ser explicada pelo método privilegiar a densidade, que é calculada pela densidade, em detrimento da severidade e os VDu estarem com os valores maximizados na Tabela 5.4.

A coerência e dispersão da relação das situações (eixo das abscissas) pelas classificações (eixo das ordenadas), conforme Figura 5.1, atribuindo às respectivas variáveis, que se adotou, os valores, no caso das classificações: 1- falido, 1.5 – muito ruim, 2- ruim, 3- regular, 4- bom, 4.5- muito bom e 5- excelente e pelas correlações entre elas na medida de regressão de tendência linear que, para os  $R^2$ , apresentaram valores bem significativos nos métodos DVI, GPM e RSMS, este último o mais elevado. Por outro lado, o ERCI ficou um pouco abaixo e o URCI ficou bem abaixo dos demais (0,33), confirmando a irregularidade nas seqüências das classificações.

### 5.2.3. Análise de sensibilidade: Estado de condição X Classificação

Com as premissas propostas na Tabela 5.6, para os níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação, realizaram-se os cálculos determinando as classificações respectivas de cada método, em função do estado de condição estipulado, conforme consta na Tabela 5.9.

Tabela 5.9. Avaliação dos estados de condição de uma estrada em função dos níveis de severidade e densidade dos defeitos pelos métodos de avaliação selecionados

ESTADO		DEFEITOS - VD															TVD	Cálculo <sub>1</sub>	Nota	Classificação
		STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE				
EXCELENTE	S	B	B	B	B	B	SEM	SEM	SEM	B	X	B	B	SEM	B	SEM	37	37/8	4.6	EXCELENTE
	D	B	B	B	B	B	SEM	SEM	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM				
MÉTODOS	GPM <sub>2</sub>	5	5	4	5	3	5	5	5	X	X	X	X	X	X	X	40	q = 4	86	M. BOM
	URCI <sub>3</sub>	12	7	7	X	14	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	4	100-4	96	EXCELENTE
	RSMS	0	0	2	X	2	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	5	5/7	0.7	EXCELENTE
	DVI <sub>4</sub>	1	X	1	1	1	0	X	X	1	0	X	X	X	X	X	12.3	100-12.3	87.7	BOM
	ERCI <sub>5</sub>	2.2	X	X	X	2.2	0	X	X	X	X	1.9	4.0	0	2.0	0				
BOM	S	B	M	M	M	M	SEM	B	B	M	X	M	M	SEM	M	SEM				
	D	B	B	B	B	B	SEM	B	X	B	SEM	B	B	SEM	B	SEM				
MÉTODOS	GPM	4	3	3	3	3	5	4	5	X	X	X	X	X	X	X	30	30/8	3.75	BOM
	URCI	12	12	9	X	17	0	4	2	X	X	X	X	X	X	X	56	q = 4	57	BOM
	RSMS	0	0	5	X	5	0	2	0	X	X	X	X	X	X	X	12	100-12	88	BOM
	DVI	1	X	3	3	3	0	X	X	3	0	X	X	X	X	X	13	13/7	1.8	BOM
	ERCI	2.2	X	X	X	3.3	0	X	X	X	X	3.4	6.0	0	3.0	0	17.9	100-17.9	82.1	BOM
REGULAR	S	M	M	M	M	M	B	B	M	M	X	M	M	B	M	B				
	D	B	M	M	M	M	B	M	X	M	B	M	M	B	M	B				
MÉTODOS	GPM	3	3	3	3	2	2	3	3	X	X	X	X	X	X	X	22	22/8	2.75	REGULAR
	URCI	14	21	30	X	33	15	14	4	X	X	X	X	X	X	X	131	q = 6	36	RUIM
	RSMS	8	8	8	X	8	2	5	8	X	X	X	X	X	X	X	47	100-47	53	REGULAR
	DVI	3	X	3	3	4	1	X	X	4	1	X	X	X	X	X	19	19/7	2.7	REGULAR
	ERCI	3.3	X	X	X	6.6	2.2	X	X	X	X	8.3	12.0	2.6	6.0	1.6	42.6	100-42.6	57.4	RUIM

CONTINUA

ESTADO		STI	DLI	OND	ESC	ATR	BUR	SEA	POE	SUE	ATO	FMC	ALS	SUS	PSE	OSE	TVD	Cálculo	Nota	Classificação
RUIM	S	M	A	A	A	A	M	M	A	A	X	A	A	M	A	M				
	D	M	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M			
MÉTODOS	GPM	3	3	2	2	2	2	3	1	X	X	X	X	X	X	X	18	18/8	2.2	REGULAR
	URCI	26	27	40	X	40	39	20	15	X	X	X	X	X	X	X	207	q = 7	18	M. RUIM
	RSMS	8	14	11	X	11	8	8	14	X	X	X	X	X	X	X	74	100-74	26	RUIM
	DVI	3	X	5	5	5	4	X	X	5	2	X	X	X	X	X	29	29/7	4.1	FALIDO
	ERCI	6.6	X	X	X	8.8	6.6	X	X	X	X	12.8	16.0	7.0	8.0	6.0	71.8	100-71.8	28.2	FALIDO
FALIDO	S	A	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A				
	D	A	A	A	A	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A				
MÉTODOS	GPM	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	8	8/8	1.0	FALIDO
	URCI	43	38	60	X	56	85	45	15	X	X	X	X	X	X	X	342	q = 7	17.5	M. RUIM
	RSMS	14	14	15	X	14	15	14	14	X	X	X	X	X	X	X	100	100-100	0	FALIDO
	DVI	5	X	5	5	5	5	X	X	5	3	X	X	X	X	X	33	33/7	4.7	FALIDO
	ERCI	11.0	X	X	X	11.0	11.0	X	X	X	X	16.0	20.0	11.0	10.0	10.0	100	100-100	0	FALIDO

Sendo na tabela: STI, DLI, OND, ESC, ATR, BUR, SEA, POE, SUE, ATO, FMC, ALS, SUS, PSE E OSE abreviaturas de todos os defeitos avaliados pelos respectivos métodos, que estão definidos no Capítulo 4.; VD- valor-dedução; TVD – total valor-dedução; S – severidade; D – densidade; B – baixo; M – médio; A – alto; q = quantidade de VD > 5; M. BOM = MUITO BOM; M. RUIM = MUITO RUIM e X – defeito não avaliado pelo método.

Com os resultados obtidos na Tabela 5.9, é possível elaborar um quadro resumo desses valores que estão apresentados na Tabela 5.10 e, a partir desta, construir um gráfico da relação estado da condição pela classificação obtida e determinar as correlações existentes, que se encontram na Figura 5.2.

Tabela 5.10. Resumo das classificações determinadas pelos métodos de avaliação em função de um estudo hipotético dos estados de condição

ESTADO	MÉTODOS/CLASSIFICAÇÃO				
	GPM	URCI	RSMS	DVI	ERCI
FALIDO	FALIDO	MUITO RUIM	FALIDO	FALIDO	FALIDO
RUIM	REGULAR	MUITO RUIM	RUIM	FALIDO	FALIDO
REGULAR	REGULAR	RUIM	REGULAR	REGULAR	RUIM
BOM	BOM	BOM	BOM	BOM	BOM
EXCELENTE	EXCELENTE	MUITO BOM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM

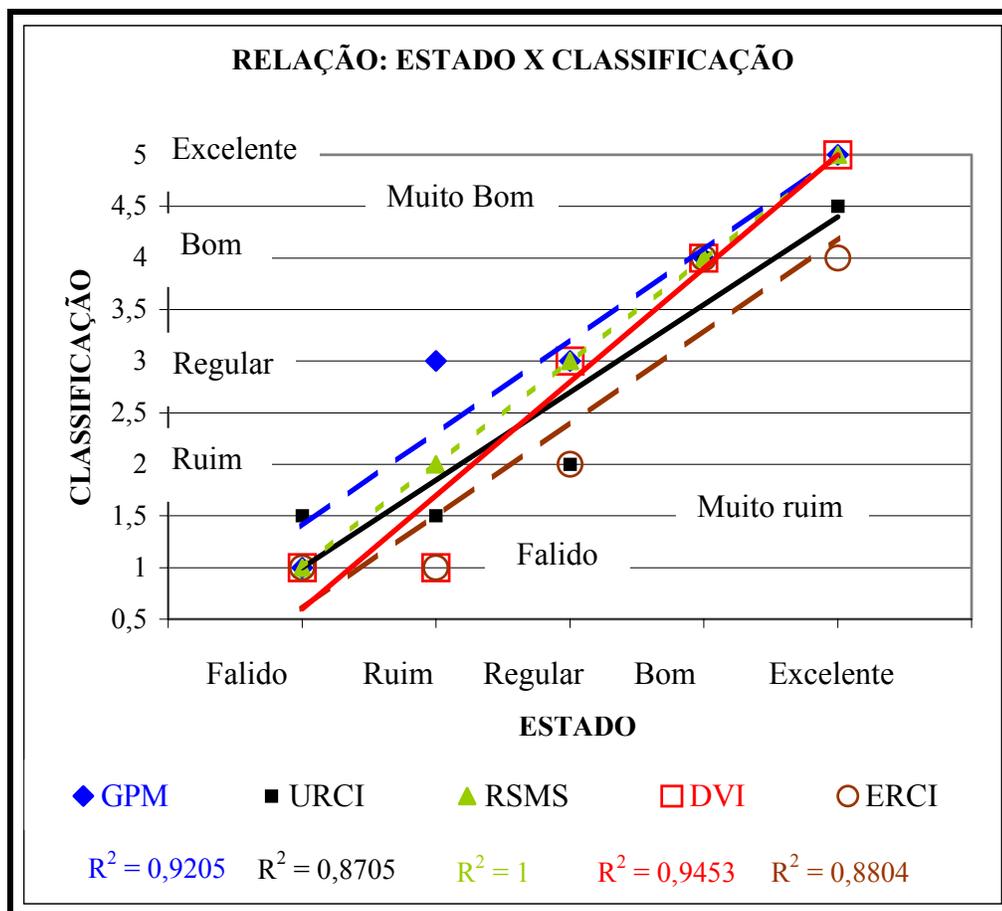


Figura 5.2. Gráfico da relação entre o estado de condição e as classificações obtidas

Pela Tabela 5.10 e Figura 5.2 podem-se observar os seguintes pontos:

- para os estados de condição EXCELENTE, em especial o BOM e FALIDO, praticamente, os métodos apresentaram as respectivas classificações iguais, mas, para o estado REGULAR, há algumas divergências, no caso, o URCI e o ERCI apresentaram a classificação ruim e no estado RUIM apenas o RSMS apresentou esta classificação;
- destaque para o RSMS que se apresentou com todas as classificações idênticas aos estados de condição propostos;
- a coerência e dispersão da relação: estados de condição, que assumiram os seguintes valores: 1- falido, 2- ruim, 3- regular, 4- bom e 5- excelente pela classificação com os valores: 1- falido, 1.5- muito ruim, 2- ruim, 3- regular, 4- bom, 4.5- muito bom e 5- excelente, sendo lançados, respectivamente nos eixos das abscissas e ordenadas. Os métodos apresentaram os coeficientes de determinação  $R^2$  na ordem de 0.90, com o RSMS apresentando o  $R^2 = 1.0$ , como deveria de ser, em função dos resultados obtidos;
- concluindo a existência de uma coerência significativa nos valores estipulados em cada método de avaliação para os níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados.

### **5.3. ANÁLISE FINAL**

Com as análises descritas na 1ª hipótese, observou-se que os métodos de avaliação RSMS, DVI e GPM apresentaram valor considerável na correlação proposta, com  $R^2$ , na ordem de 0,90. Resultado encontrado por estes métodos apresentarem os valores-dedução dos defeitos avaliados com boa distribuição, em função dos níveis de severidade/densidade para as classificações da condição da superfície da estrada (excelente, boa, regular, ruim e falida).

O RSMS apresentou uma melhor distribuição, possibilitando a maior correlação ( $R^2 = 0.94$ ) e as menores foram estabelecidas para os métodos ERCI e URCI, neste a menor ( $R^2 = 0.33$ ).

Tais resultados foram encontrados, no caso do ERCI, por apresentarem pesos para os defeitos, sendo que o maior peso é para o FMC (Falha no Muro de Contenção), seguido de ALS (Altura de Superfície), que tratam de defeitos diferentes daqueles que a maioria dos métodos de avaliação possuem em sua metodologia.

Por sua vez o URCI teve o menor valor de correlação ( $R^2 = 0.33$ ), por ter os valores dedução dos defeitos avaliados extraídos de nomogramas, em função das medidas da severidade e da densidade determinadas para estradas revestidas com espessura considerada de cascalho, ou seja, cerca de 15 cm, o que é comum no país de origem do método, no caso EUA, segundo as pesquisas realizadas e, provavelmente, todos os defeitos não estarem presentes quando da avaliação e nem apresentarem a mesma situação, como ficou demonstrado na 2ª hipótese.

Da mesma forma, verificou-se que todos os métodos apresentaram fatores de correlação significativos na 2ª hipótese, com o método RSMS apresentando resultados idênticos nas relações: Estado X Classificação, determinando um fator de correlação  $R^2 = 1.0$ .

## **6. EXPERIMENTO DE CAMPO PARA A APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO SELECIONADOS**

---

### **6.1. INTRODUÇÃO**

#### **6.1.1. Considerações iniciais**

O experimento de campo refere-se à aplicabilidade dos métodos de avaliação, das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada, selecionados dentre os estudos pesquisados, que são cinco métodos assim denominados: GPM, RCS/DVI, ERCI, URCI e RSMS apresentados e analisados teoricamente, nos capítulos 4 e 5, respectivamente.

Os métodos serão aplicados em uma estrada não-pavimentada que tenha sofrido uma intervenção de manutenção periódica no período de no máximo 2 anos e apresenta-se com uma condição superficial que se pode classificar de forma subjetiva como, no mínimo, regular.

Os métodos deverão ser aplicados não menos de duas vezes, em períodos distintos, preferencialmente, na estação seca e na chuvosa definidas em função das precipitações atmosféricas da região estudada.

Tais premissas são propostas, para que se possa verificar com maior propriedade as diferenças e ou igualdades entre os métodos, em especial, os resultados finais, no caso, a classificação da condição da estrada determinada pelo método.

Outros pontos podem ser analisados, caso forem julgados pertinentes e necessários, tais como: a relação de vantagens e desvantagens que possam os métodos apresentar; avaliar se algum método é mais adequado e ou sugerir certas alterações para aplicabilidade à realidade das condições de estrada não-pavimentada brasileira; verificar as variáveis e as situações que possam existir e que não estão sendo consideradas e as correlações estatísticas de dados levantados, caso sejam consistentes.

### 6.1.2. Trecho experimental – PRC 331

O trecho experimental selecionado, para o experimento de campo, trata da Estrada PRC 331, onde PRC é abreviatura de Piracaia e o nº 331 é a numeração dada pela prefeitura.

O município de Piracaia pertence à região Bragantina do Estado de São Paulo, com os seguintes dados: coordenadas geográficas - Latitude - 23° 03' Sul e Longitude - 46° 21' Oeste; limites - Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Igaratá, Joanópolis, Nazaré Paulista, São José dos Campos; distâncias - São Paulo – 83 km, Bragança Paulista – 36 km, Campinas – 85 km, Jacareí – 86 km; precipitação anual - de 1500 a 2000 mm; temperatura média - 20°C e topografia - relevo montanhoso, situada nos contrafortes da Serra da Mantiqueira.

A PRC 331 apresenta-se com as premissas sugeridas, no caso, sofreu uma intervenção de manutenção periódica a menos de 2 anos, por trabalhos realizados pela CODASP, pelo programa estadual denominado “Melhor Caminho”, sendo as principais: ampliação da largura do leito estradal, em trechos que os proprietários lindeiros colaboraram, doando os terrenos à margem da estrada; colocação de camada de cascalho, como revestimento primário, em trechos

íngremes; colocação de bueiros feitos de tubos de concreto, entre outros e teve como classificação, por avaliação subjetiva, pela opinião dos usuários, de regular para bom, conforme pesquisa realizada, que será abordada em subitem ulterior.

A estrada, que tem seu croqui representado em forma de tira na Figura 6.1, na qual se apresenta com pontos de referências, demarcação de quilometragem (km) com os respectivos marcos quilométricos e as subseções, num total de cinco (05), que serão avaliadas de acordo com os respectivos métodos de avaliação, apresenta-se com as suas características gerais na Tabela 6.1.

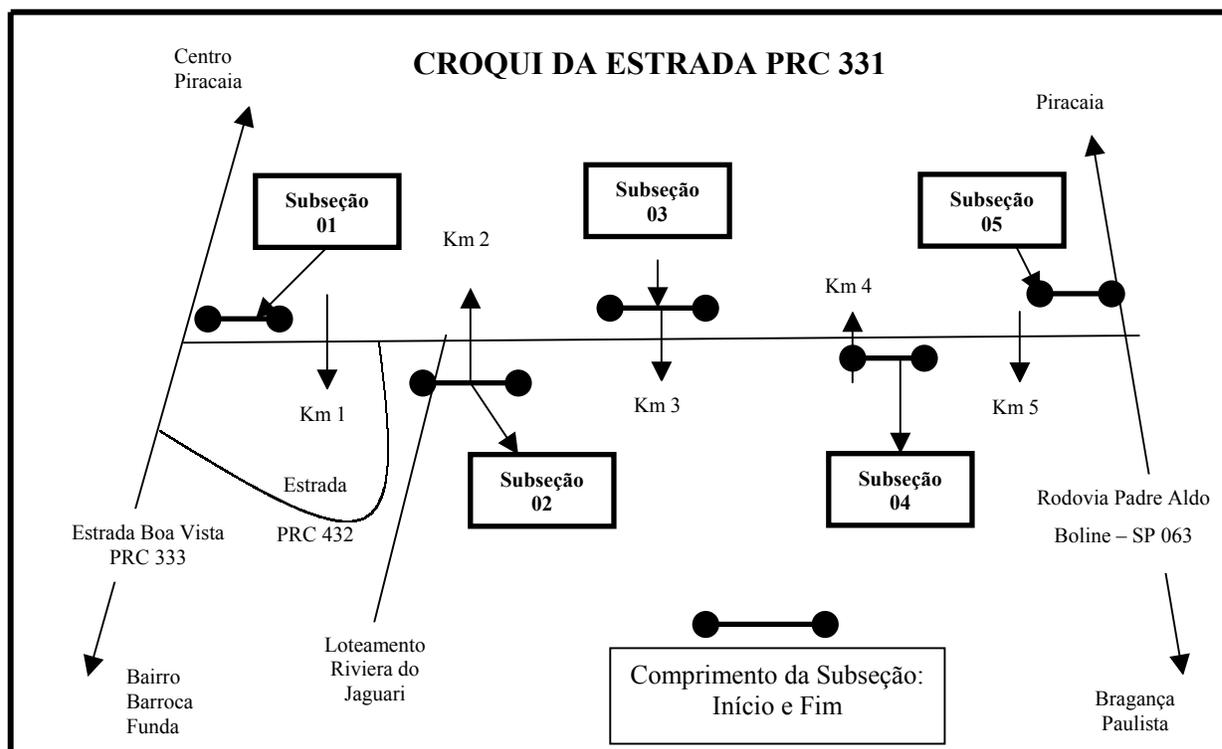


Figura 6.1. Croqui da Estrada PRC 331 em forma de tira com pontos de referências, demarcações de quilometragem e subseções a serem avaliadas

Tabela 6.1. Características gerais das subseções para avaliação da Estrada PRC331

Características		Subseções				
		01	02	03	04	05
Marco		PRC33-km2	km2-km3	km3-km4	km-km5	km5-SP063
Extensão (m)		2000	1000	1000	1000	600
Largura da Plataforma - m		6,0	6,0	5,0	5,0	6,0
Revestimento * trecho íngreme		Cascalho*	Cascalho*	Leito natural	Cascalho*	Leito natural
Velocidade média km/h		30-40	< 40	< 30	< 40	30-40
VPD		< 50	< 50	50-100	50-100	50-100
Unidade Amostral	GPM	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo
	RCS/DVI	0 + 500m	km2 ± 250m	km3 ± 250m	km4 ± 250m	km5 ± 250m
	ERCI	0 + 100m	km2 + 100m	km3 + 100m	km4 + 100m	km5 + 100m
	URCI	50 + 50m	km2 + 50m	km3 + 60m	km4 + 60m	km5 + 50m
	RSMS	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo	Trecho todo
Ocupação lindeira		Sítios	Sítios, loteamento, olarias			

### 6.1.3. Classificação das condições da estrada selecionada por opinião dos usuários

Como foi proposto que a estrada selecionada deveria ter uma classificação das suas condições superficiais, no mínimo, como regular e, para não utilizar um dos métodos estudados, por questões de não interferir no objetivo deste estudo, elaborou-se uma planilha de pesquisa com os usuários da via, que se encontra na Figura A.1 (Apêndice A).

Na pesquisa, obteve-se, entre outras, as repostas para as questões: “Considera a estrada no trecho que utiliza, referente ao conforto e a segurança, como: excelente, boa, regular, ruim ou péssima?” e “Mediante o conforto e segurança na escala de 0 a 10, qual a nota da estrada?”. Foram entrevistados 50 usuários no período de 5 a 8 de agosto de 2003 e os resultados, para as referidas perguntas, encontram-se nos gráficos das Figuras 6.2 e 6.3.

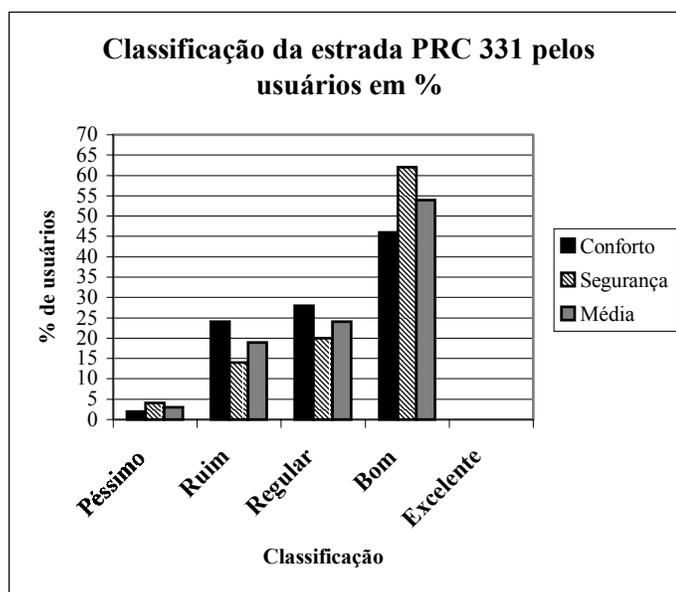


Figura 6.2. Gráfico da classificação da estrada PRC 331 – conforto, segurança e a média entre os dois atribuídas pelos usuários

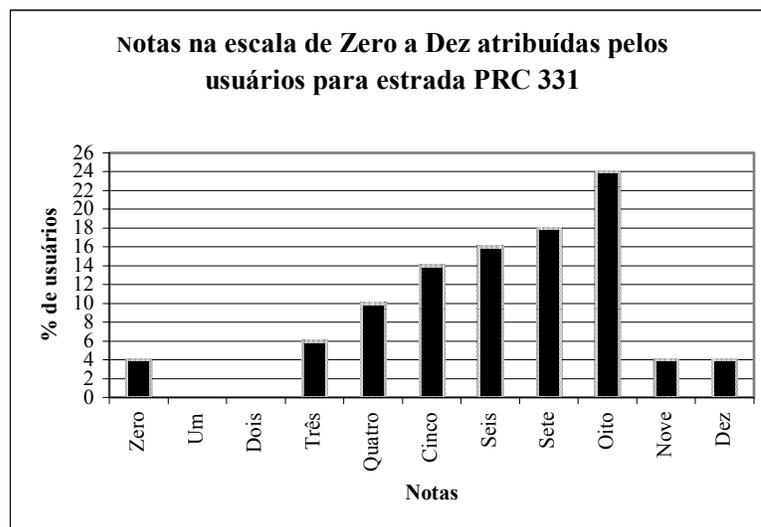


Figura 6.3. Gráfico das Notas na escala de Zero a Dez atribuídas pelos usuários para a Estrada PRC 331, em %

Pelos gráficos das Figuras 6.2 e 6.3 pode-se constatar, respectivamente, que as condições da estrada, para a maioria dos pesquisados, em relação ao conforto e segurança, têm a classificação como bom (cerca de 54 % na média) e, em relação às notas atribuídas á somatória

de % das notas 6, 7 e 8, é, aproximadamente, 58%. Portanto pode-se considerar a estrada no mínimo na condição regular de acordo com a opinião dos usuários pesquisados.

## 6.2. DADOS DAS AVALIAÇÕES DO TRECHO EXPERIMENTAL (PRC 331) E DE SUAS SUBSEÇÕES PELOS MÉTODOS APLICADOS EM CAMPO

### 6.2.1. Considerações iniciais

As avaliações foram denominadas de estação seca e chuvosa, por apresentarem, nas datas dos respectivos levantamentos de campo de cada método, índices pluviométricos, que constam no Anexo D, com valores que estabelecem as respectivas estações climáticas na região estudada, conforme mostra a Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Dados pluviométricos para o Município de Piracaia nas datas dos levantamentos de campo realizados para cada método de avaliação obtidos no SIGRH (65) – Anexo D

Dados pluviométricos			Métodos					
			GPM	RCS/DVI	ERCI	URCI	RSMS	
Denominação	Estação Seca	Data da Avaliação – dia/mês ano 2003	10/08	11/08	13/08	16/8	Realizada por meio dos dados levantados	
		Precipitação (mm)	Diária	0.0	0.0	0.0		0.0
			Semanal	7.8	7.8	7.8		11.7
			Mensal	42.3	42.3	7.8		19.5
		QDC* ≥ 10mm	Semana	0	0	0		01
			Mês	02	02	0		01
		Estação Chuvosa	Data da Avaliação – dia/mês ano 2003	15/12	18/12	17/12		11/12
	Precipitação (mm)		Diária	6.2	2.8	13.1	0.0	0.0
			Semanal	55.4	22.6	8.4	7.7	22.1
			Mensal	194.4	185.2	207.5	217.3	169.9
	QDC* ≥ 10mm		Semana	0	01	0	0	01
			Mês	08	08	09	09	07

Sendo: QDC – quantidade de dias com chuvas com mais de 10 mm de precipitação.

Os resultados das avaliações realizadas em campo, em relação às classificações das subseções e trecho experimental – PRC 331 (Geral), que constam nas tabelas resumo do apêndice de cada método a saber: Apêndice B- GPM; Apêndice C- DVI/DVIR; Apêndice D- ERCI/ERCIr; Apêndice E: URCI e Apêndice F- RSMS, estão representados nas Tabelas 6.3 e 6.4, respectivamente, utilizando a legenda conforme Figura 6.4.

Classificação	Falido	Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Excelente
Legenda-cor						

Figura 6.4. Legenda utilizada nas Tabelas 6.1 e 6.2

Tabela 6.3. Resultados das classificações das subseções e Geral pelos métodos aplicados em campo na avaliação da estação seca

<b>GERAL</b>								
<b>SUBSEÇÕES</b>	<b>05</b>							
	<b>04</b>							
	<b>03</b>							
	<b>02</b>							
	<b>01</b>							
<b>MÉTODOS</b>	<b>GPM</b>	<b>DVI</b>	<b>DVIR</b>	<b>ERCI</b>	<b>ERCIr</b>	<b>URCI</b>	<b>RSMS</b>	

Tabela 6.4. Resultados das classificações das subseções e Geral pelos métodos aplicados em campo na avaliação da estação chuvosa

GERAL								
SUBSEÇÕES	05							
	04							
	03							
	02							
	01							
	MÉTODOS	GPM	DVI	DVIr	ERCI	ERCIr	URCI	RSMS

Nas Tabela 6.3 e 6.4, pode-se verificar que tanto na avaliação na estação seca como na chuvosa o trecho experimental – PRC 331 (Geral) teve classificação regular ou ruim, sendo os métodos DVI e URCI com classificação ruim e os métodos GPM, ERCI, ERCIr e RSMS com classificação regular, somente o método DVIr apresentou classificação diferente nas avaliações, sendo na estação seca, regular e na chuvosa, ruim. Por sua vez as subseções apresentaram classificação de falido a bom, com maioria entre regular e ruim. As subseções 01 e 03 na avaliação da estação chuvosa apresentaram a maior variedade de classificação indo de falido a regular e de falido a bom, respectivamente.

### 6.2.2. Resultados das notas das subseções e trecho experimental (Geral) das avaliações na estação seca e chuvosa

Os resultados das notas das subseções e Geral estão representados em gráficos (histogramas) nas Figuras 6.5 a 6.11, para as avaliações nas estações seca (s) e chuvosa (c) para as respectivas escalas dos métodos aplicados em campo: GPM, DVI, DVIr, ERCI, ERCIr, URCI e RSMS, respectivamente.

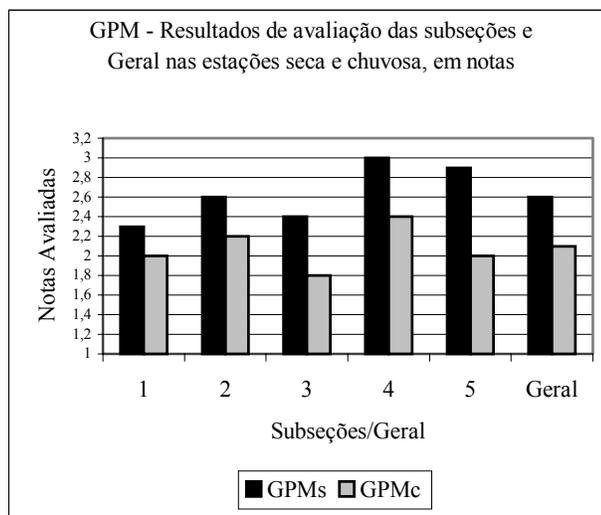


Figura 6.5. GPM – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

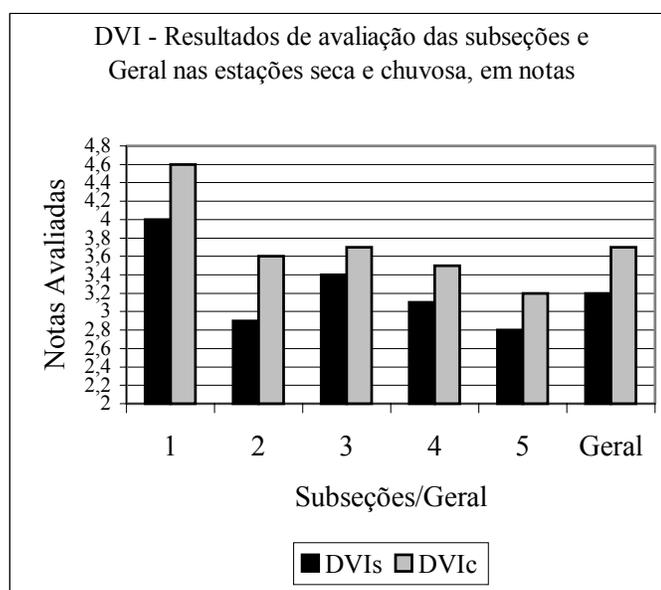


Figura 6.6. DVI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

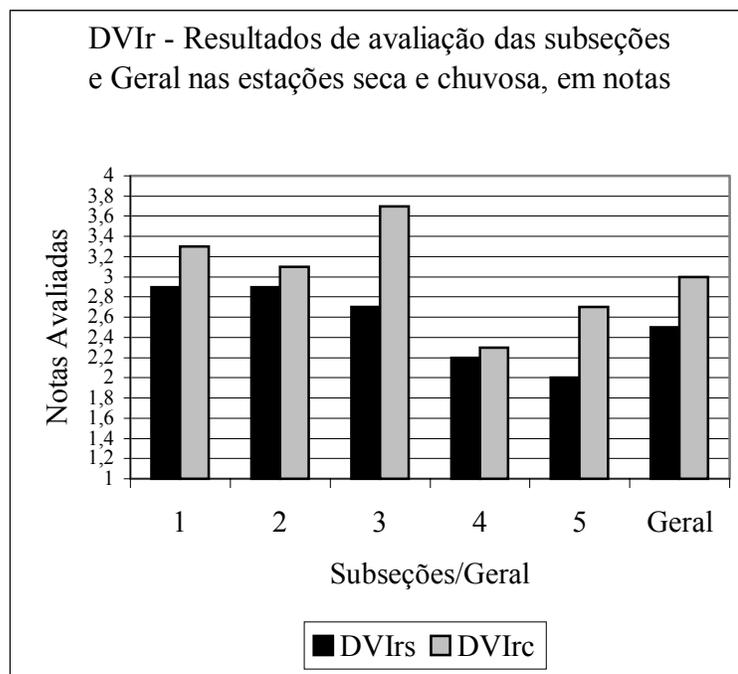


Figura 6.7. DVIR – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

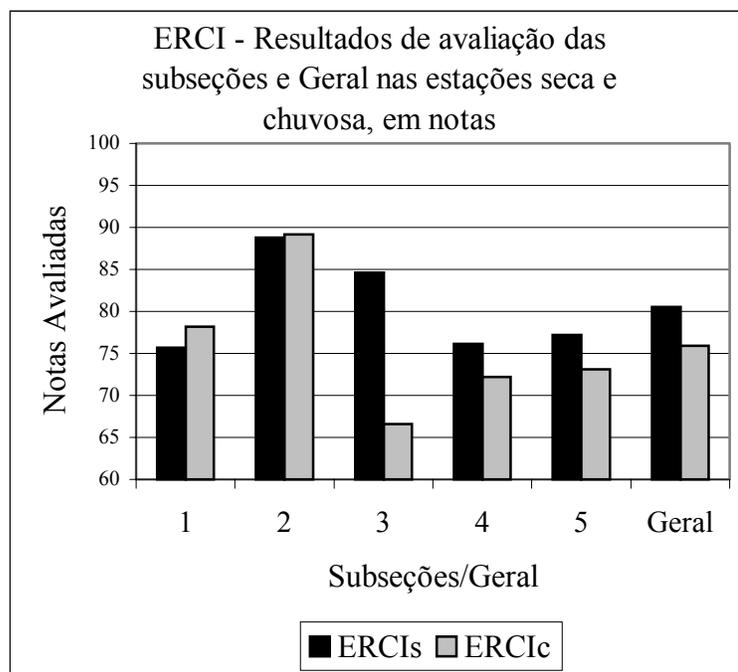


Figura 6.8. ERCI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

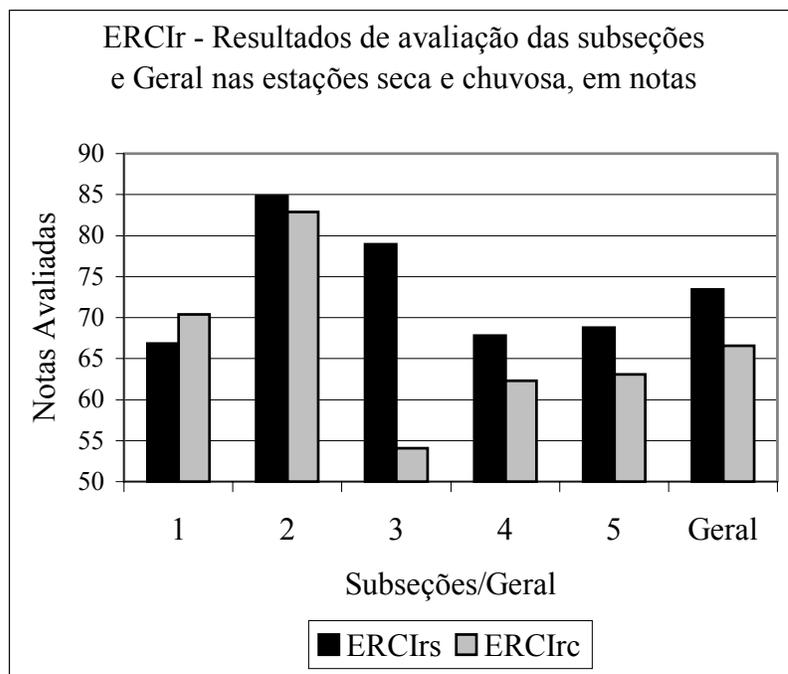


Figura 6.9. ERCIr – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

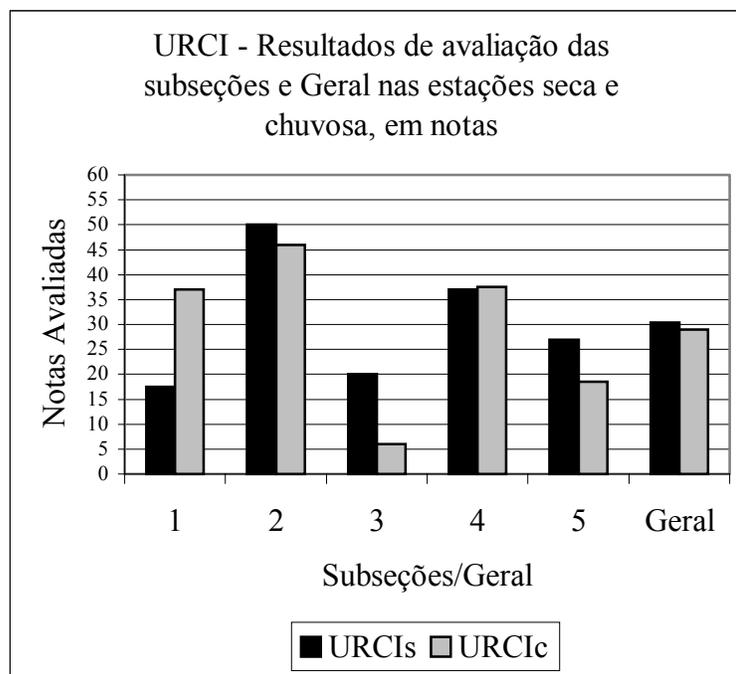


Figura 6.10. URCI – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

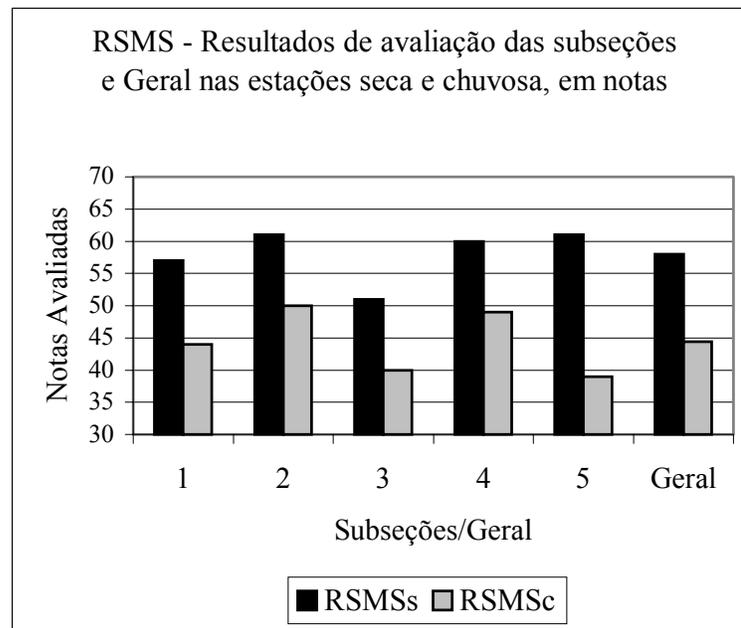


Figura 6.11. RSMS – Resultados de avaliação das subseções e geral nas estações seca e chuvosa, em notas

Nas Figuras 6.5 a 6.11, observa-se que os métodos GPM, ERCI/ERCIr, URCI e RSMS apresentam valores maiores em relação à avaliação da estação seca à chuvosa para a maioria das subseções, mas, devido a sua metodologia, o DVI e DVIr apresentam valores inversos dos demais. Ocorrendo o mesmo na classificação do trecho experimental (geral).

Os eixos verticais (notas atribuídas) das referidas figuras estão com seus limites mínimos e máximos e unidades principais dimensionados de acordo com as notas avaliadas e calculadas na classificação das subseções e do trecho experimental (Geral), nas escalas dos respectivos métodos.

### 6.2.3. Resultados dos defeitos avaliados em cada método

Os defeitos a serem avaliados estão representados nos gráficos das Figuras 6.12 a 6.17, que são as médias dos valores-dedução atribuídos aos defeitos nas avaliações da estação seca e chuvosa das subseções, para cálculo do trecho experimental.

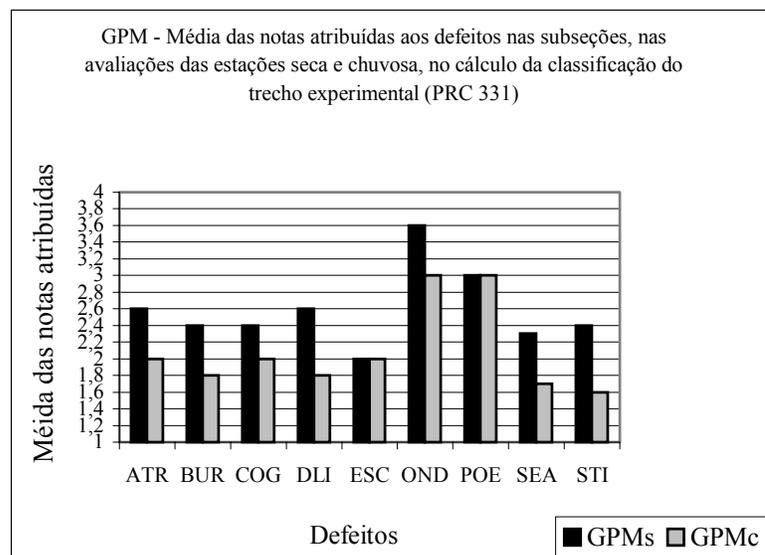


Figura 6.12. GPM - Média das notas atribuídas aos defeitos, nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

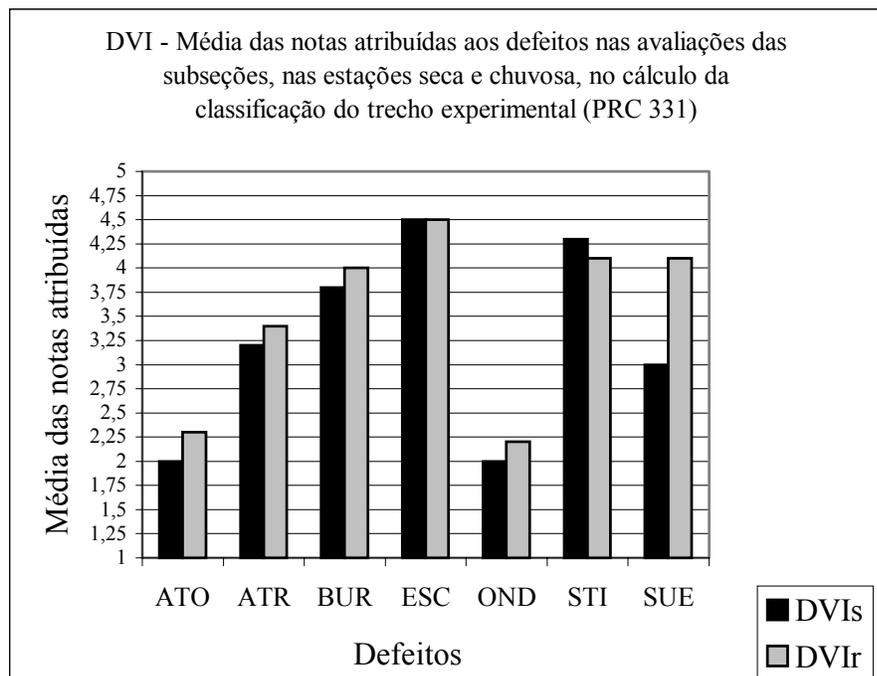


Figura 6.13. DVI e DVIr - Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

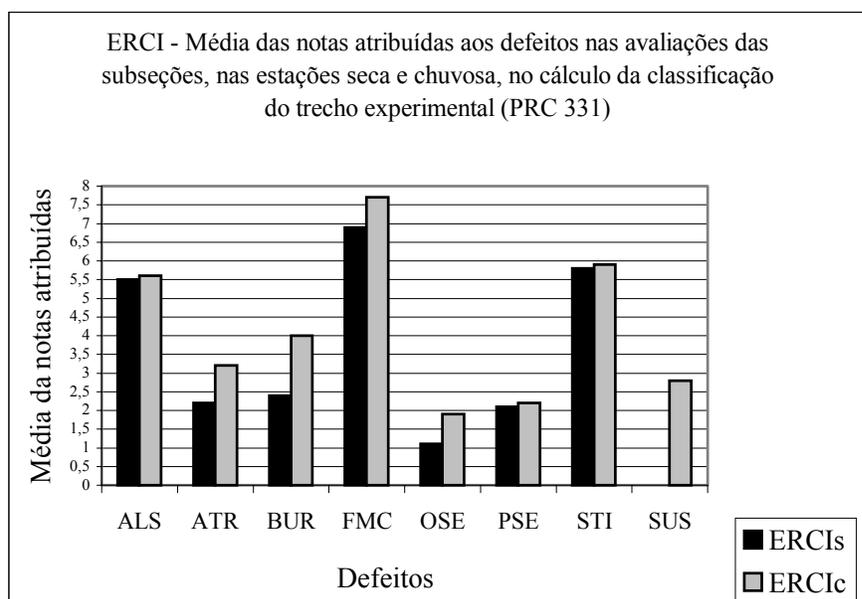


Figura 6.14. ERCI - Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

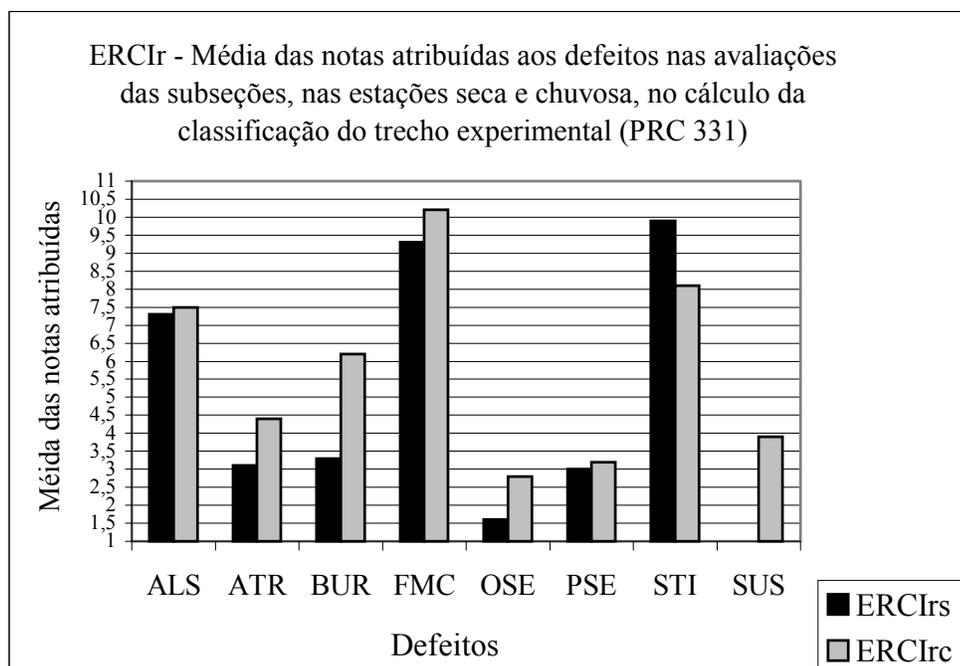


Figura 6.15. ERCIR - Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

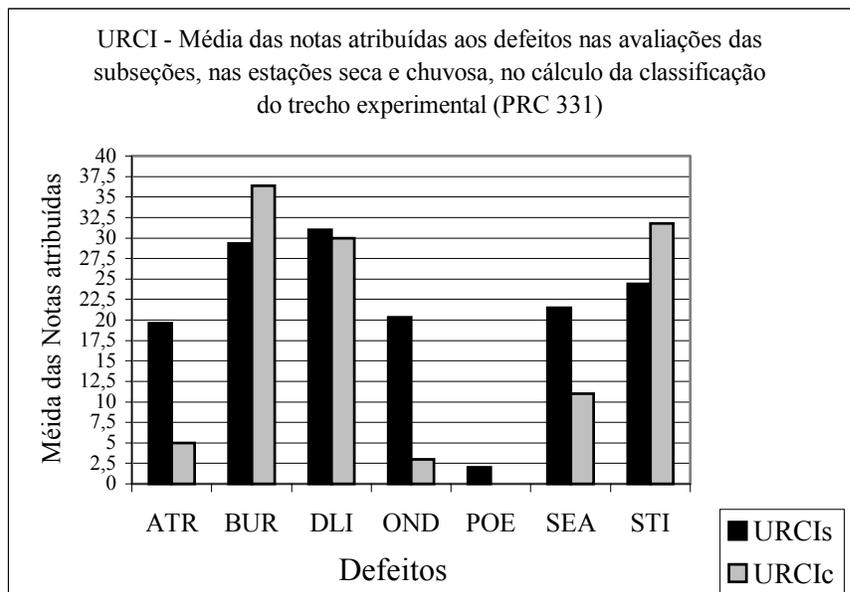


Figura 6.16. URCI - Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

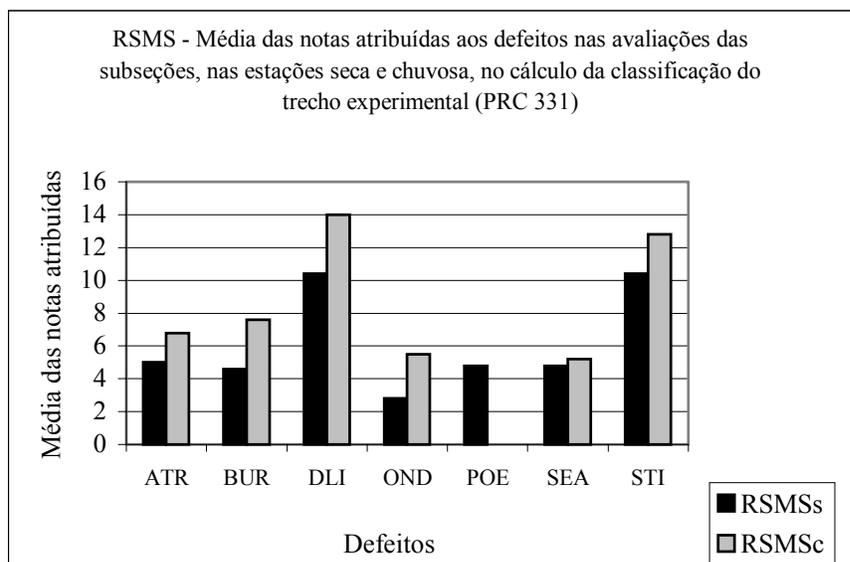


Figura 6.17. RSMS - Média das notas atribuídas aos defeitos nas avaliações das subseções, nas estações seca e chuvosa, no cálculo da classificação do trecho experimental (PRC 331)

Nas Figuras 6.12 a 6.17, os nomes dos defeitos estão abreviados e representam o seguinte: ALS – altura da superfície; ATO- atoleiro; ATR- afundamento de trilha de roda; BUR- buraco; COG- condições gerais; DLI- drenagem lateral inadequada; ESC- espessura de cascalho; FMC- falha no muro de contenção; OND- ondulações; OSE – ocupação superfície da estrada; POE- poeira; PSE- plantas na superfície da estrada; SEA- segregação de agregados; STI- seção transversal inadequada; SUE- sulcos de erosão; e SUS- superfície saturada.

As escalas do eixo vertical seguiram os mesmos princípios propostos para as notas de classificação das subseções e trecho experimental.

As notas médias dos defeitos foram apresentadas em único gráfico para os métodos DVI e DVIr, porque as notas atribuídas para os defeitos avaliados são as mesmas. O que diferencia o DVI do DVIr é o cálculo do valor para classificação da subseção, enquanto o DVI é calculado pelo total dos valores-dedução dos defeitos das subseção dividido pela quantidade de defeitos avaliados, isto é, os que estavam presentes em campo, o DVIr é calculado dividindo o total valor-dedução pelo total de defeitos do método, no caso, 7 (sete), independentemente, se estão ou não presentes.

### **6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados de campo da aplicação dos métodos de avaliação não só dizem respeito às classificações das subseções e do trecho experimental, mas, também, serviram para verificar as condições de aplicabilidade dos métodos, em relação à medição dos defeitos e suas evidências.

Os defeitos avaliados de cada método foram medidos, considerando os seus níveis de severidades em baixo, médio e alto, na maioria dos métodos, exceto no GPM e no ERCI, que mede a severidade em leve ou grave. As densidades dos defeitos, também, são medidas nos

níveis baixo, médio e alto, na maioria, em % da unidade amostral, com extensões diferenciadas entre eles.

Nos métodos, que apresentavam subseções com extensão de medidas menores, caso do ERCI e do URCI, as densidades dos defeitos foram determinadas com maior exatidão. Contudo, nas extensões maiores, caso do DVI e RSMS, as mesmas foram estimadas de acordo com a opinião e sensibilidade do avaliador.

Por outro lado, as severidades dos defeitos foram avaliadas de acordo com o estabelecido em cada método, havendo uma maior precisão na identificação e por conseguinte uma melhor determinação do nível em baixo, médio ou alto, em especial, nos defeitos: seção transversal, buracos e drenagem lateral. Para se ter uma idéia mais clara da forma de medição destes e de outros seguem fotografias e croquis de defeitos avaliados na estação seca e seu nível de severidade nas Figuras 6.18 a 6.26, como exemplo.

Pelas fotografias apresentadas a seguir, podem ser verificados os defeitos da avaliação, na estação seca, em relação ao nível de severidade que apresentam:

- as seções transversais, quando avaliadas com o gabarito de bolha, fornecem medidas mensuráveis (Fotos 1, 2 e 3) e croquis de situação (Figura 6.19), mas, ao avaliar pelos aspectos que se apresentam (Foto 4), torna-se um tanto subjetiva a avaliação;
- o mesmo pode ser deduzido para a drenagem lateral (Fotos 8, 9 e 10);
- os buracos, por sua vez, são todos mensuráveis, como podem ser observados nas suas respectivas fotos (Fotos 5, 6 e 7);
- os ATRs apresentam-se visíveis, quando existe revestimento de cascalho, podendo ser medidos mais facilmente (Fotos 13 e 14);
- as ondulações não são de fácil visualização, como mostram as fotos 15 e 16 e
- as demais fotos ilustram sobremaneira o conteúdo deste trabalho, além de apresentar o defeito correspondente.

As fotografias dos defeitos, na avaliação da estação chuvosa, não foram apresentadas, por motivo de problemas operacionais com o equipamento fotográfico.

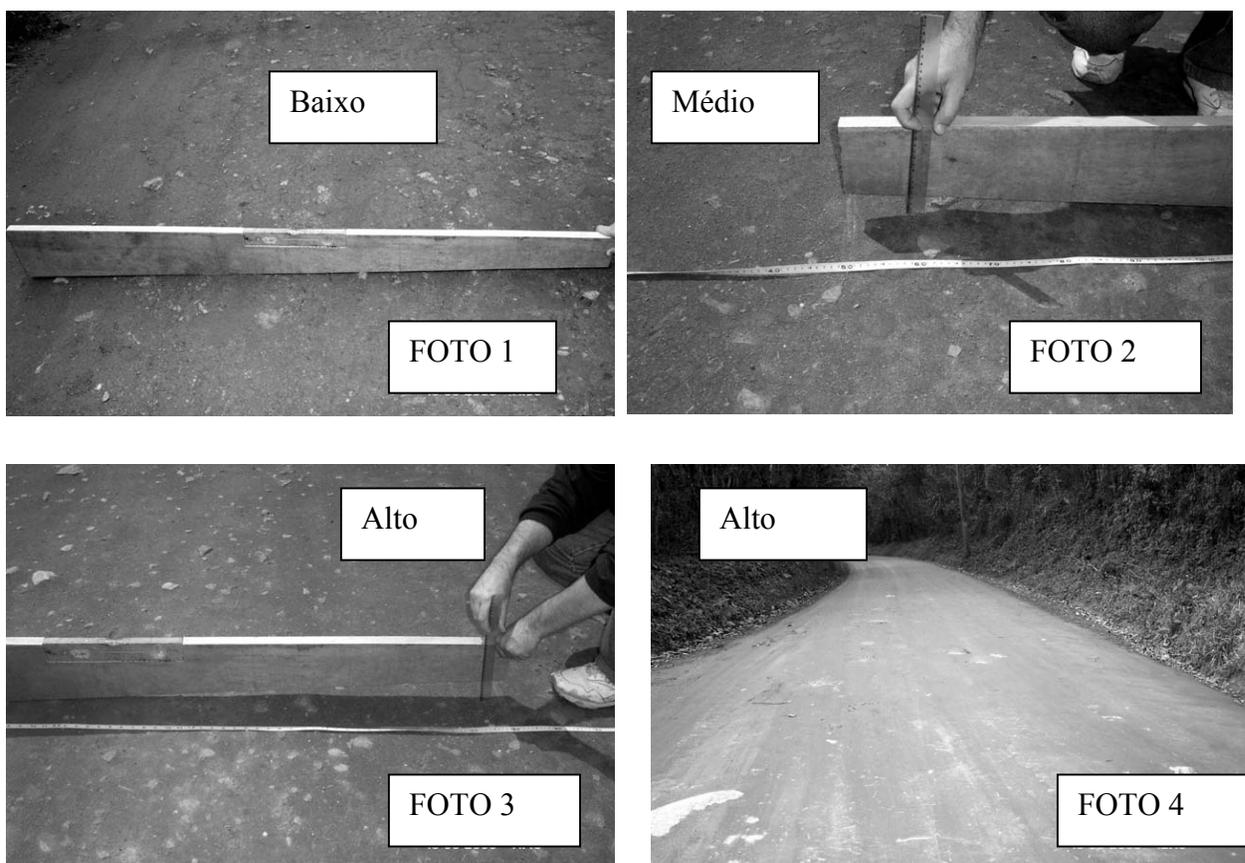


Figura 6.18. Seção transversal Inadequada – fotografias dos níveis de severidade:  
fotos- 1, 2, 3 e 4.

Para se ter uma idéia melhor das medidas da STI com o gabarito de bolha, segue na Figura 6.19 croqui de situações encontradas em campo na medida de cada lado do eixo da estrada.

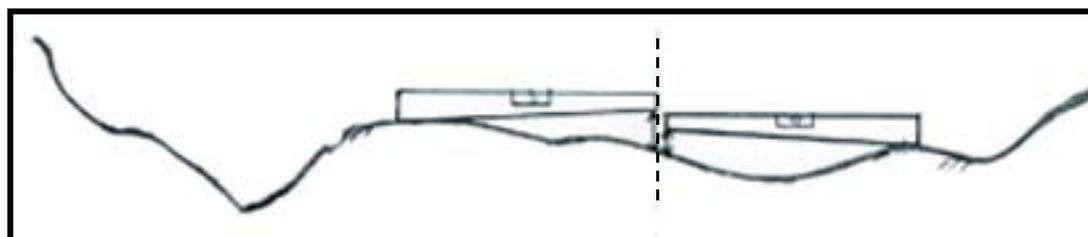


Figura 6.19. Croqui de situação de medição do defeito STI com o gabarito de bolha, diferença entre as medidas de cada lado do eixo de uma estrada com seção “encaixada”

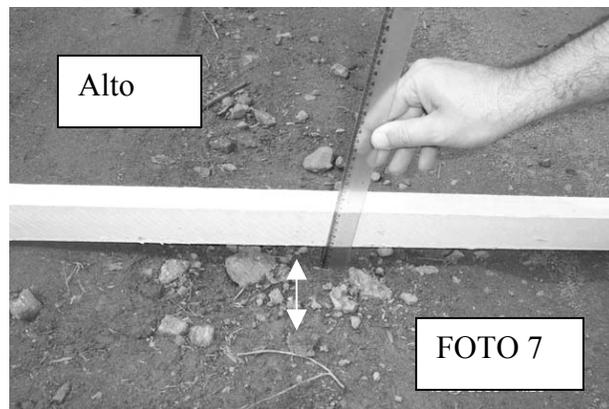
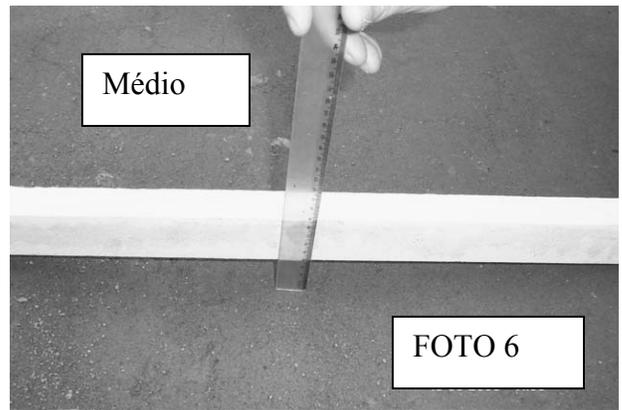
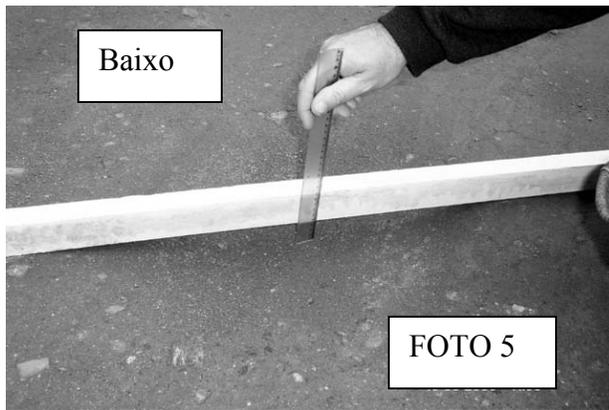
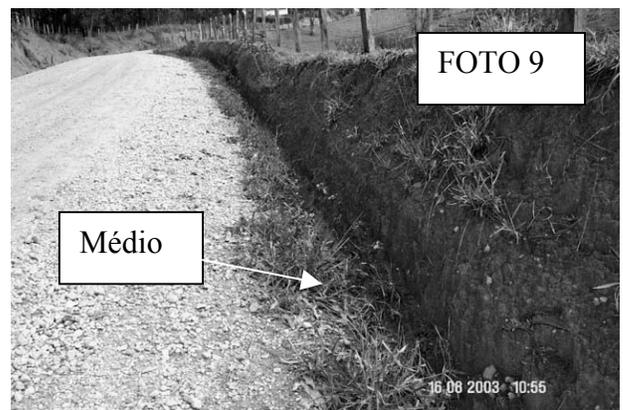
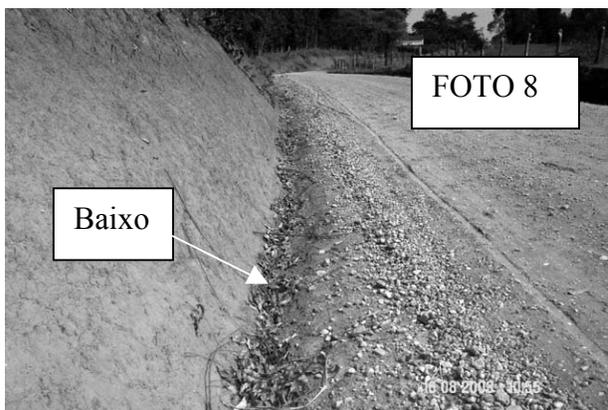


Figura 6.20. Buracos – fotografias dos níveis de severidade: fotos-5, 6,e 7



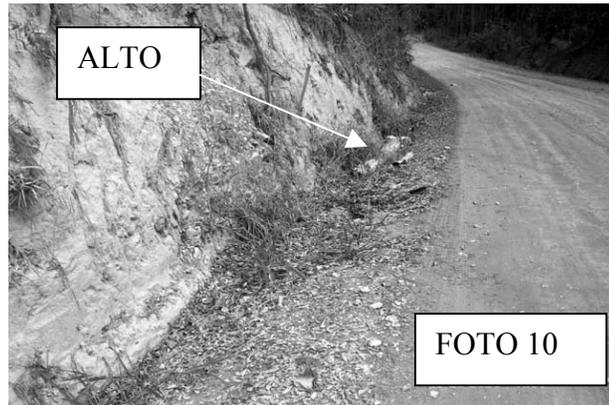


Figura 6.21. Drenagem Lateral - níveis de severidade: fotos- 8, 9 e 10

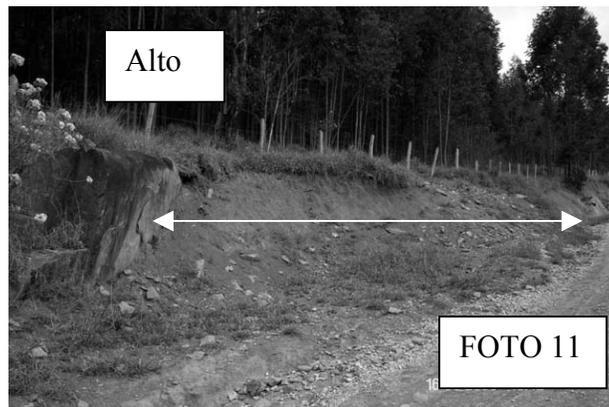


Figura 6.22. Falha no Muro de Contenção – fotografia do nível de severidade: foto 11

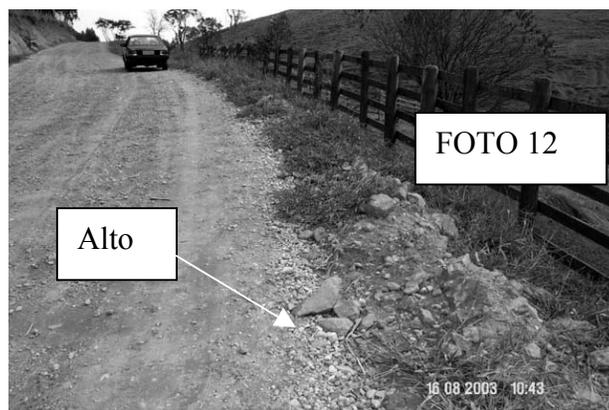


Figura 6.23. Segregação de Agregados: bermas nas laterais – fotografia do nível de severidade: foto 12

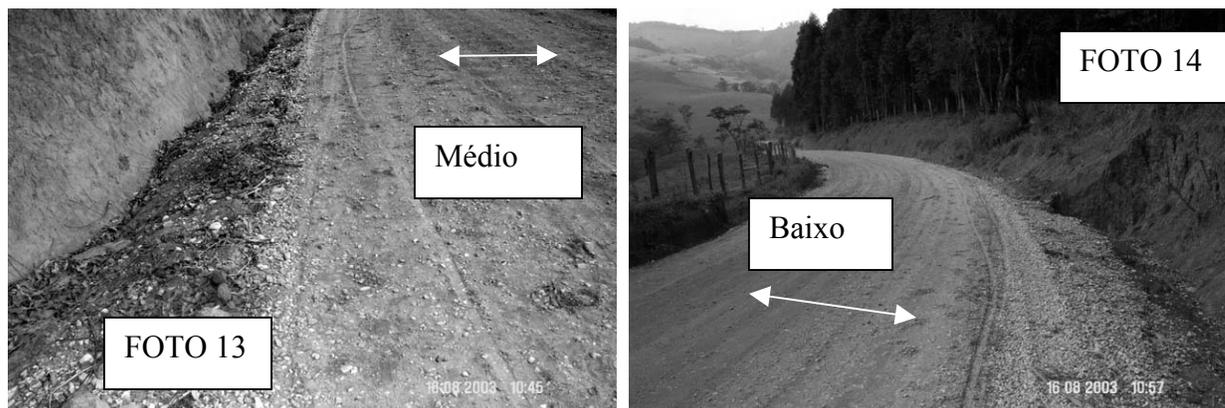


Figura 6.24. ATR – fotografias de níveis de severidade: fotos 13 e 14

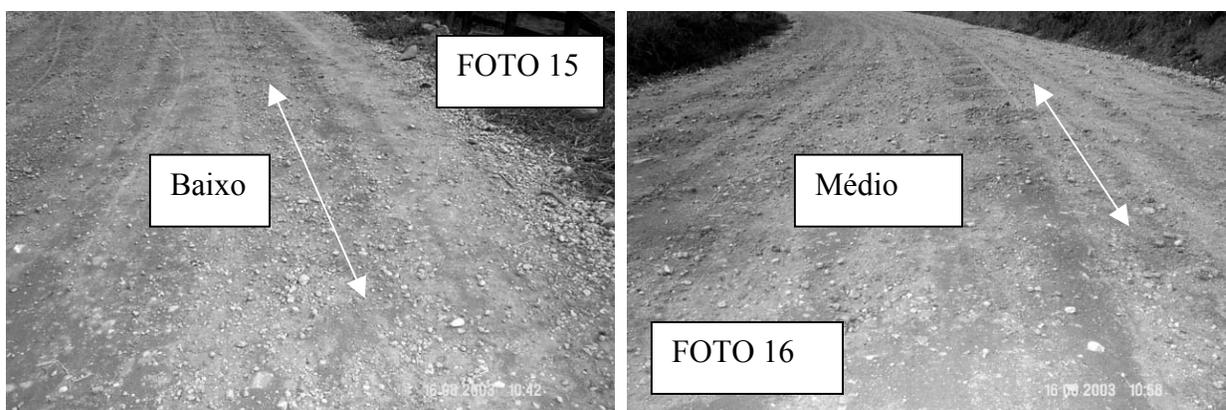


Figura 6.25. Ondulações – fotografias dos níveis de severidade: fotos 15 e 16



Figura 6.26. Marcos de Subseção- fotografias de estaca e quilometragem: fotos 17 e 18

## 7. ANÁLISE DOS RESULTADOS AVALIATÓRIOS OBTIDOS EM CAMPO E DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

---

---

### 7.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDOS EM CAMPO

#### 7.1.1. Introdução

Os métodos apresentam-se com escala e classificação diferentes e, para que se possa compará-los, necessita-se adotar uma escala e classificação para homogeneização dos valores das avaliações, que se encontram na Tabela 7.1, com as escalas e classificações dos respectivos métodos de avaliação

Tabela 7.1. Escala e classificação adotadas e dos métodos aplicados para homogeneização

Escala	Classificação						
	Falido	Ruim		Regular	Bom	Excelente	
Adotada	0 – 1.0	1.1 – 2.0		2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 5.0	
GPM	0 – 1.0	1.1 – 2.0		2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 5.0	
RCS/DVI	5.0 – 4.1	4.0 – 3.1		3.0 – 2.1	2.0 – 1.1	1.0 – 0.0	
ERCI	0.0 – 40.0	40.1 – 65.0		65.1 – 80.0	80.1 – 90.0	90.1 – 100	
URCI	0.0 – 10.0	Muito Ruim	Ruim	40.1 – 55.0	Bom	Muito Bom	85.1 – 100
		10.1 – 25.0	25.1 – 40.0		55.1 – 70.0	70.1 – 85.0	
RSMS	0 – 24.9	25.0 – 39.9		40.0 – 72.9	73.0 – 95.9	96.0 – 100	

Os resultados das avaliações realizadas pelos métodos selecionados e aplicados em campo, nas estações seca e chuvosa, foram homogeneizados, pela interpolação dos valores das escalas dos métodos utilizados em relação à escala adotada. Dessa forma, na Tabela 7.2, consta um quadro resumo dos valores avaliados homogeneizados das subseções e as suas respectivas classificações e trecho experimental – PRC 331 (Geral), calculados em função da escala adotada.

Tabela 7.2. Resumo das notas de avaliação e classificação homogeneizadas em relação à escala adotada dos métodos aplicados em campo: GPM, RCS/DVI, ERCI, URCI e RSMS

Métodos			Subseções					Trecho Experimental
			01	02	03	04	05	
GPM	GPM1 (seca)	Nota	2.3	2.6	2.4	3.0	2.9	2.6
		Class.	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	GPM2 (chuvosa)	Nota	2.0	2.2	1.8	2.4	2.0	2.1
		Class.	Ruim	Regular	Ruim	Regular	Ruim	Regular
RCS/DVI	DVI1	Nota	1.0	2.1	1.6	1.9	2.2	1.8
		Class.	Falido	Regular	Ruim	Ruim	Regular	Ruim
	DVIr1	Nota	2.1	2.1	2.3	2.8	3.0	2.5
		Class.	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	DVI2	Nota	0.4	1.4	1.3	1.5	1.8	1.3
		Class.	Falido	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
	DVIr2	Nota	1.7	1.9	1.3	2.7	2.3	2.0
		Class.	Ruim	Ruim	Ruim	Regular	Regular	Ruim
ERCI	ERCI1	Nota	2.7	3.9	3.4	2.9	2.7	3.1
		Class.	Regular	Bom	Bom	Regular	Regular	Bom
	ERCIr1	Nota	2.1	3.5	2.9	2.2	2.3	2.6
		Class.	Regular	Bom	Regular	Ruim	Regular	Regular
	ERCI2	Nota	2.9	3.9	2.1	2.5	2.5	2.8
		Class.	Regular	Bom	Regular	Bom	Regular	Regular
	ERCIr2	Nota	2.4	3.3	1.6	1.9	1.9	2.2
		Class.	Regular	Bom	Ruim	Ruim	Ruim	Regular
URCI	URCI1 (seca)	Nota	1.3	2.7	1.3	1.9	1.6	1.7
		Class.	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
	URCI2 (chuvosa)	Nota	1.9	2.0	0.6	1.9	1.3	1.5
		Class.	Ruim	Ruim	Falido	Ruim	Ruim	Ruim
RSMS	RSMS1 (seca)	Nota	2.6	2.7	2.4	2.7	2.7	2.6
		Class.	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	RSMS2 (chuvosa)	Nota	2.2	2.4	2.1	2.4	2.0	2.2
		Class.	Regular	Regular	Regular	Regular	Ruim	Regular

Sendo: Class. – Classificação

Na Tabela 7.2, como exemplo, a homogeneização do valor para subseção 01 do ERCI na estação seca que teve o valor 75.7 (Tabela D.1- Apêndice D), a interpolação em relação à escala adotada foi realizada da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 &65.1 \leftrightarrow 2.1 \Leftrightarrow 75.7 \leftrightarrow x \Leftrightarrow 80.0 \leftrightarrow 3.0 \Rightarrow \\
 &(80.0 - 65.1) / (80.0 - 75.7) = (3.0 - 2.1) / (3.0 - x) \Rightarrow \\
 &(14.9/4.3) = 0.9 / (3.0 - x) \Rightarrow \\
 &3.46 = 0.9 / (3.0 - x) \Rightarrow \\
 &3.0 - x = 0.9/3.46 \Rightarrow \\
 &-x = 0.26 - 3.0 \Rightarrow \\
 &-x = - 2.73 \Rightarrow \\
 &x = 2.7.
 \end{aligned}$$

Onde:  $\leftrightarrow$ : está para;  $\Leftrightarrow$ : assim como;  $\Rightarrow$ : implica em;  $-$  subtração;  $/$ : divisão e  $x$ : valor homogeneizado.

O arredondamento dos valores interpolados, caso do exemplo acima, foi utilizado para uma casa decimal, obedecendo a seguinte regra para os valores centesimais:

- ➔  $> 5$ , arredondamento para cima, exemplo: 1.77, equivale-se a 1.8;
- ➔ igual a 5, desconsidera-o, exemplo: 2.55, equivale-se a 2.5 e
- ➔  $< 5$ , desconsidera-o, exemplo: 2.64, equivale-se a 2.6.

### 7.1.2. Relação entre os resultados de classificação

Com os valores das notas homogeneizadas da avaliação pelos métodos aplicados em campo, que constam na Tabela 7.2, realizaram-se as relações dos resultados obtidos nas subseções e no trecho experimental (geral) dos métodos nas estações seca e chuvosa pelos gráficos das Figuras 7.1 e 7.2, respectivamente.

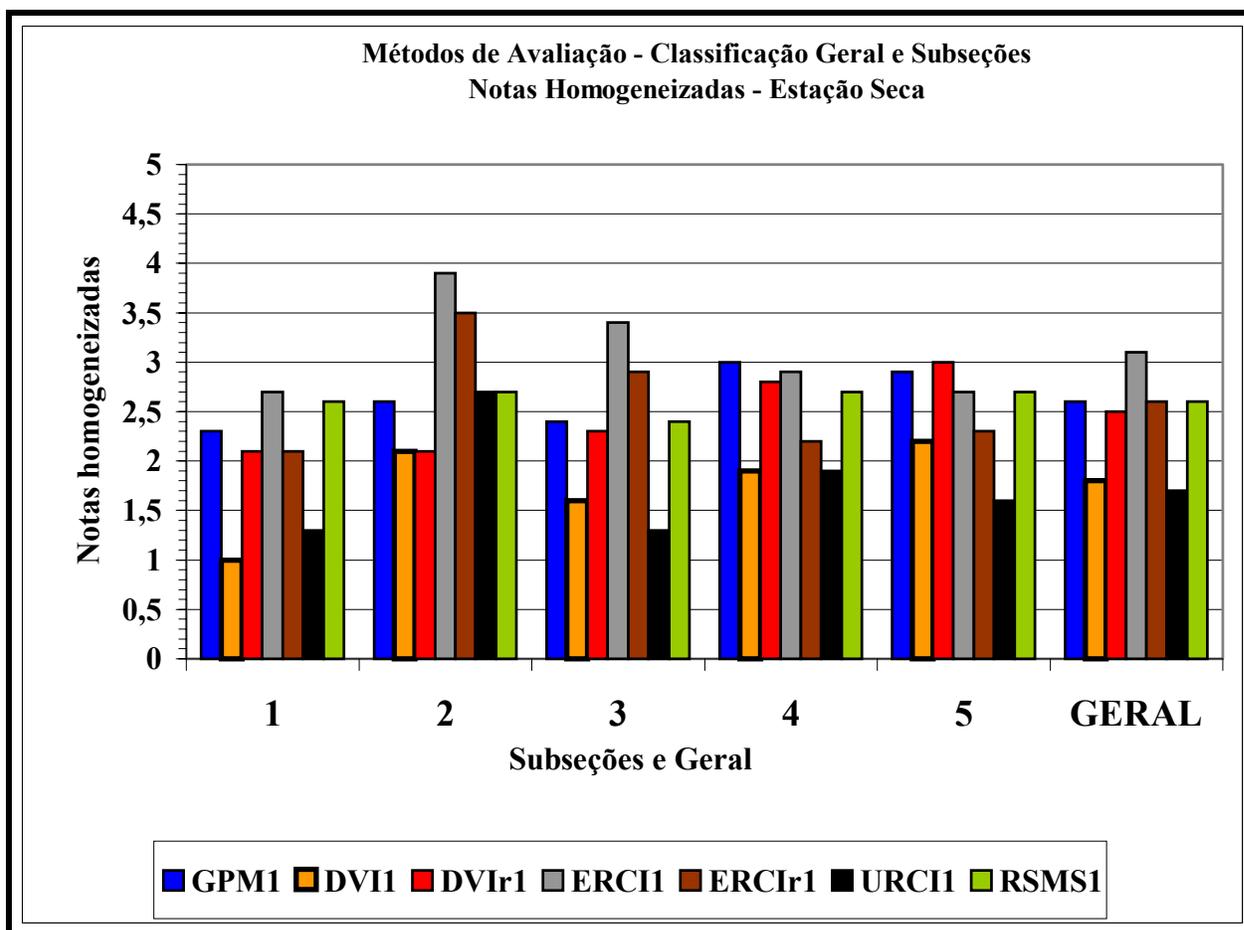


Figura 7.1. Gráfico das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação seca

No gráfico da Figura 7.1. pode-se observar o seguinte:

I- Em toda as subseções, os métodos apresentam valores diferentes, os apresentados pelo DV11 e URC11 estão sempre abaixo dos demais e os dos ERC11 estão acima na maioria das subseções;

II- Não apresentam em duas ou mais subseções dois ou mais valores que se aproximam, por exemplo: na subseção 1 os métodos DV1r1 e ERC1r1 equivalem-se; por sua vez, na subseção 2, o DV11 e o DV1r1 apresentam valores iguais e o GPM1, URC11 e o RSMS1 com valores equivalentes, contudo maiores que os dois primeiros; e

III- Nas notas da classificação geral (trecho experimental – PRC331) têm que os métodos GPM1, DVIr1, ERCIr1 e RSMS1 apresentam valores próximos, classificando em regular. O DVII e URCI1 apresentam valores menores, classificando em ruim e o ERCI1 com valor acima dos demais com classificação: bom.

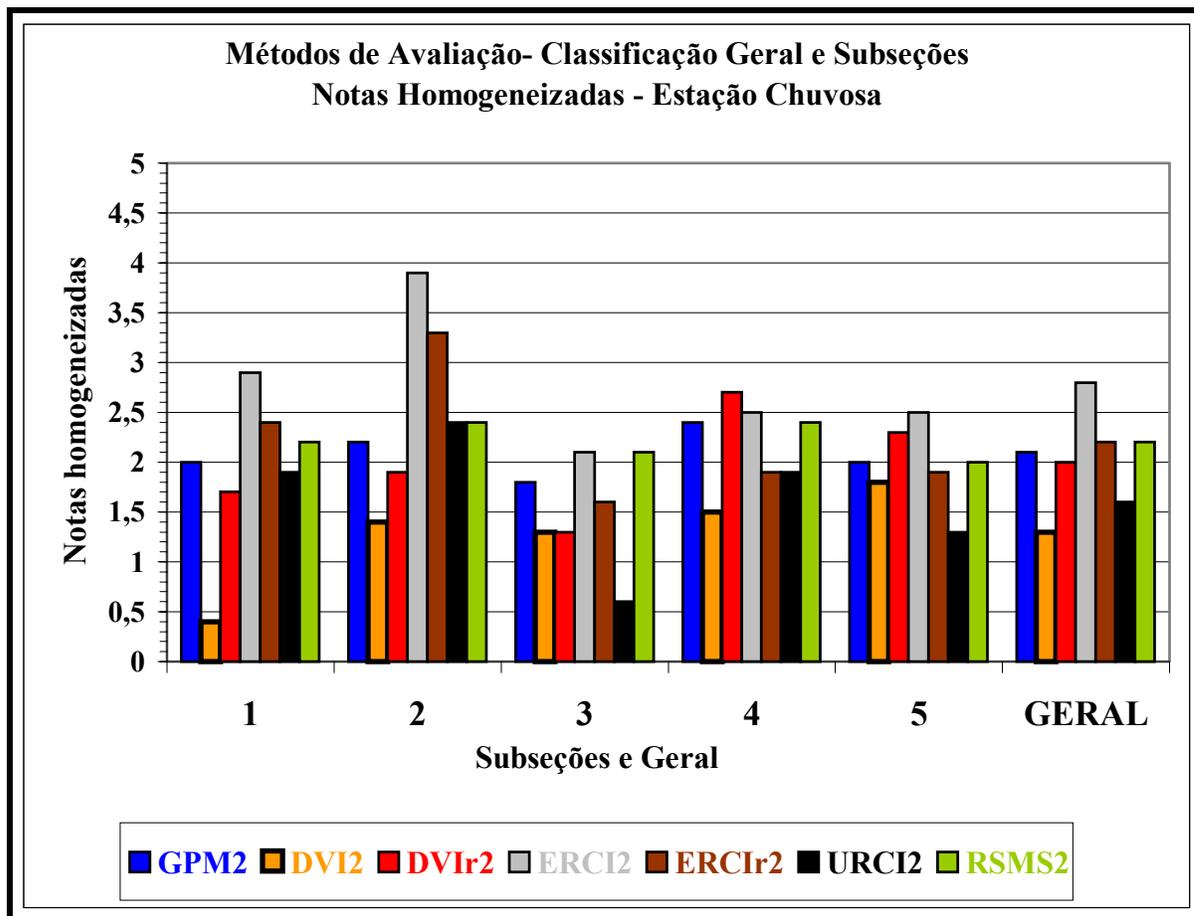


Figura 7.2. Gráfico das notas homogeneizadas das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo, na estação chuvosa

Pelo gráfico da Figura 7.2, pode-se observar os seguintes pontos:

I- Igual à avaliação na estação seca, todas as subseções apresentam valores diferentes para cada método aplicado, com o DVI2 e URCI2, apresentando os menores valores e o ERCI2 os maiores, na maioria das subseções. O URCI2 apresenta-se com valores menores, porém estão próximos dos outros métodos, com exceção das subseções 3 e 5 e o DVI2, nas subseções 1 e 3, ficou com valores menores dos demais métodos;

II- Em relação aos valores encontrados nas subseções, não se têm duas ou mais apresentando métodos com os mesmos valores;

III- Na avaliação geral (trecho experimental – PRC331), os valores dos métodos GPM2, DVIr2, ERCIr2 e RSMS2 apresentam-se próximos, estabelecendo uma classificação das condições superficiais em regular. Os valores dos métodos DVI2 e URCI2 estão abaixo dos demais e representam uma classificação como ruim e os valores do ERCI2 estão acima, representando uma classificação como regular, mas tendendo a classificação bom, enquanto os demais tendem a classificação: ruim. Situação esta semelhante à encontrada na avaliação da estação seca.

Os resultados de classificação dos métodos foram analisados em relação às notas a eles atribuídas e não às classificações nominais, estas definidas em falido, ruim, regular, bom e excelente, devido à escala de classificação apresentar uma variação entre os valores na ordem de 10 pontos, isto é, para uma classificação das condições em regular, os valores variam de 2.1 a 3.0, propiciando diferenças consideradas nas notas, mas, com a mesma classificação. Por exemplo: na subseção 1, na avaliação da estação seca, o DVIr1 e o URCI1 têm as condições da estrada como regular, mas os valores são, respectivamente, 2.1 e 2.7. Logo, por analogia, o DVI tende para a condição ruim e o ERCI à condição boa.

Outro ponto a ser destacado trata dos valores das subseções e gerais, que foram menores na avaliação da estação chuvosa em relação aos da estação seca, constatando que a estrada não-pavimentada deteriora com a presença d'água e tráfego.

Além disso, pode-se observar pelo gráfico da Figura 7.3, que os valores gerais homogeneizados têm a menor variação entre os valores da estação seca e chuvosa no método URCI e os demais métodos apresentam variações um pouco maior, entre 0,3 e 0,5.

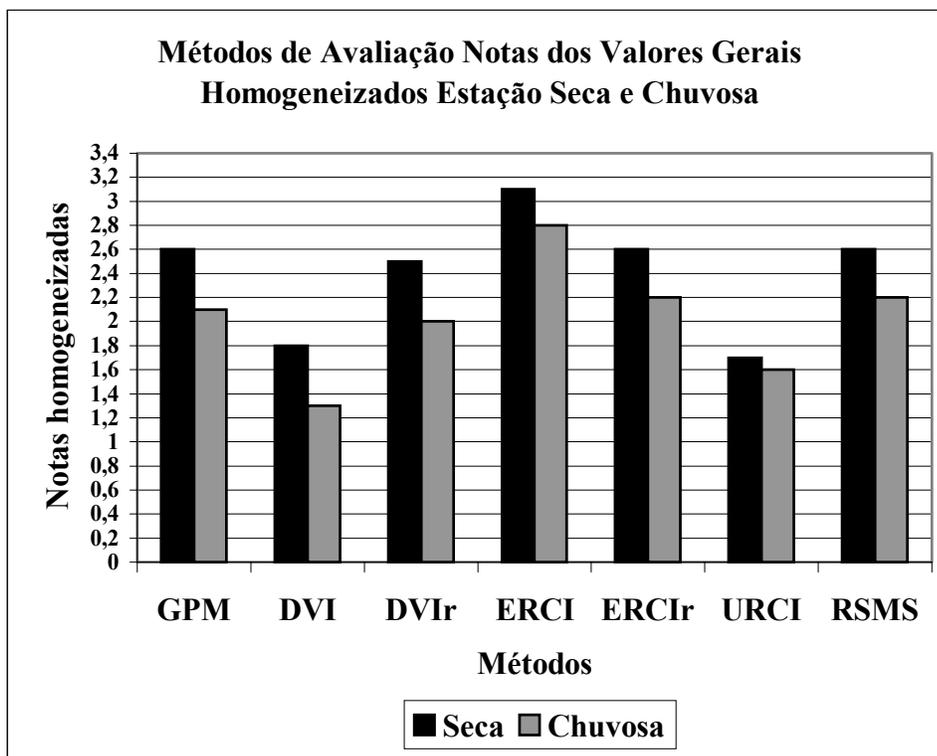


Figura 7.3. Gráfico dos métodos de avaliação das notas dos valores gerais homogeneizados – estação seca e chuvosa

## 7.2. ANÁLISE DAS RELAÇÕES DAS MEDIDAS DOS DEFEITOS AVALIADOS

Para realizar a classificação das subseções, necessitou-se do levantamento da severidade e da densidade dos defeitos avaliados de cada método, procedimento este que conduz a avaliação à metodologia objetiva.

Como abordado, a densidade dos defeitos diferencia de método para método, mas a severidade apresenta uma certa homogeneidade na medida do seu nível, principalmente, para aqueles defeitos que estão presentes em todos os métodos ou na sua maioria. Logo, para relacionar os valores que são atribuídos por cada método em relação a cada defeito avaliado, os gráficos das Figuras 7.4 a 7.8 representam os defeitos em percentagem do seu peso em relação ao

total dos valores-dedução de cada método, exceto o ERCI (pesos normais) por apresentar defeitos que não estão presentes em estradas não-pavimentadas brasileiras e o DVIr (média reponderada) que em relação às notas avaliadas dos defeitos é o mesmo do DVI (média normal).

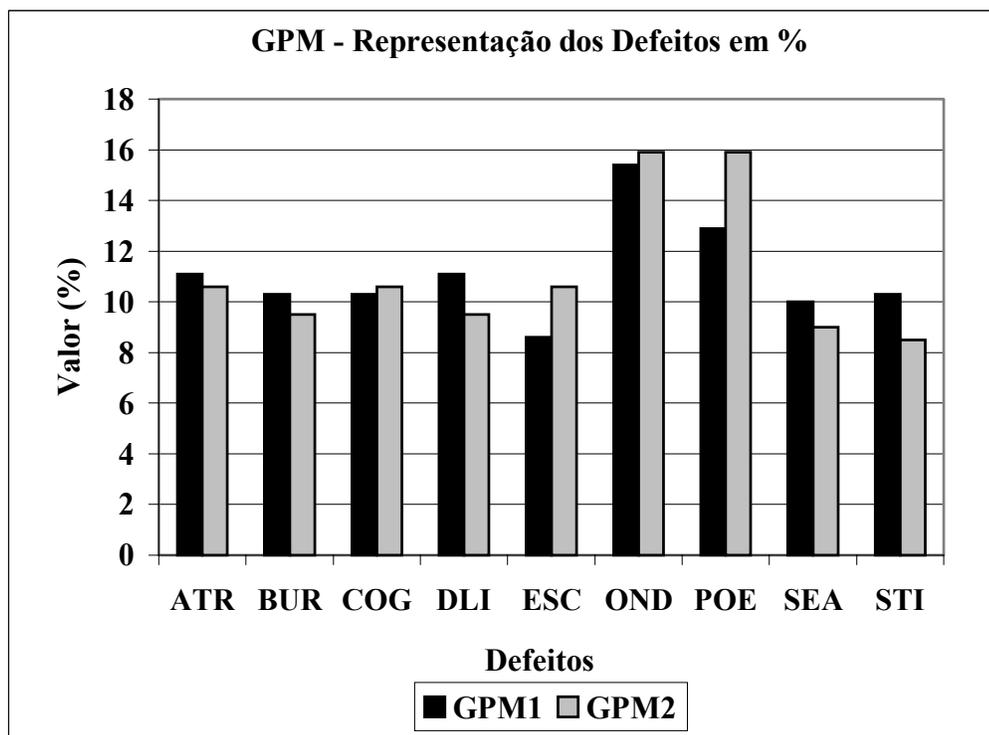


Figura 7.4. GPM - Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – GPM1 e da chuvosa - GPM2

Na Figura 7.4 – GPM: que trata de um método subjetivo, observa-se que os defeitos mais representativos são a OND (ondulações) e a POE (poeira) na ordem de 15% e os demais defeitos estão representados com pouca variação, isto porque os defeitos não são medidos em função de sua densidade e severidade, sendo que nesta os defeitos STI, OND, ATR, BUR e SEA possuem medidas, na forma de parâmetros numéricos, para as condições regular, ruim e falido. Para avaliar, são atribuídas notas na escala de 1 a 5 pontos. Há pouca diferença entre os valores da estação seca em relação aos da estação chuvosa.

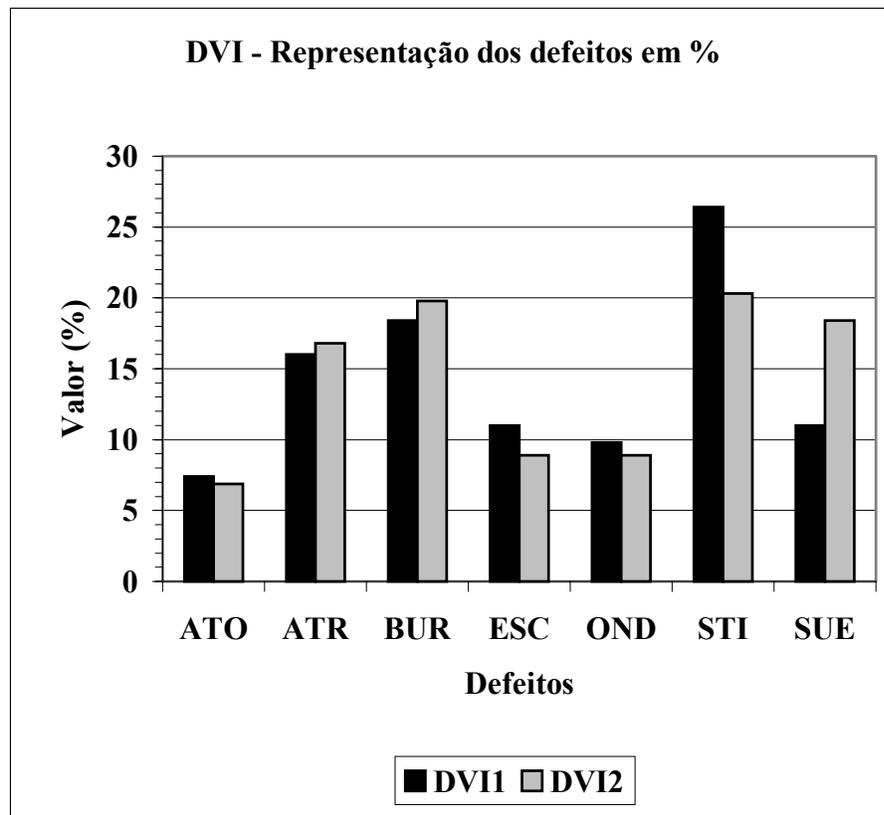


Figura 7.5. DVI - Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – DVI1 e da chuvosa - DVI2

Na Figura 7.5 – DVI: os valores avaliados valem tanto para o DVI (média normal) como para o DVIr (média reponderada) e observa-se que o STI (Seção Transversal Inadequada = Perda de Declividade) é o defeito mais significativo, principalmente, na estação seca; na estação chuvosa o STI equivale ao BUR (buraco); o ATR apresenta valores próximos para as duas estações, na ordem de 16%, e aproxima do SUE (sulcos de erosão) na estação chuvosa, que apresenta a maior variação de uma estação para a outra, mais de 67%; nos demais (ATO, ESC e OND) e nos outros citados, exceto o STI, a variação é pequena em relação à estação seca e chuvosa.

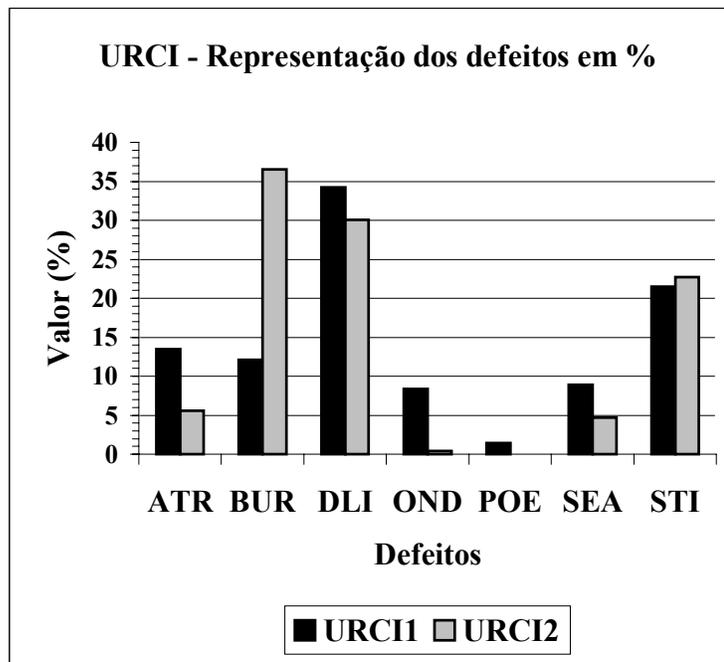


Figura 7.6. URCI - Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – URCI1 e da chuvosa – URCI2

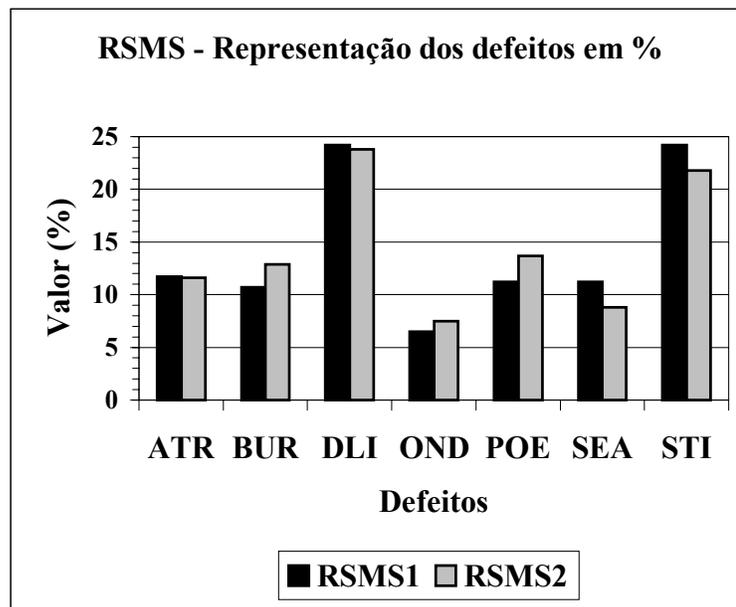


Figura 7.7. RSMS - Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – RSMS1 e da chuvosa – RSMS2

Na Figura 7.6 – URCl: neste método, na estação chuvosa BUR e DLI representam cerca de 2/3 (66%) do total dos defeitos; o STI representa valores significativos na estação seca e na chuvosa, mais de 20%; com exceção do ATR e BUR, na estação seca, os demais têm representatividades baixas em ambas as estações, valores menores que 9%, principalmente, o POE que está presente somente na avaliação da estação seca e representa somente cerca de 2%, representatividade ínfima na sua metodologia e

A Figura 7.7 – RSMS: DLI e STI representam os maiores valores, na estação seca e na chuvosa, totalizando juntos, respectivamente, cerca de 48 e 46%; com exceção de OND que tem valores abaixo de 10% nas duas avaliações e SEA na avaliação da estação chuvosa, os demais apresentam valores acima.

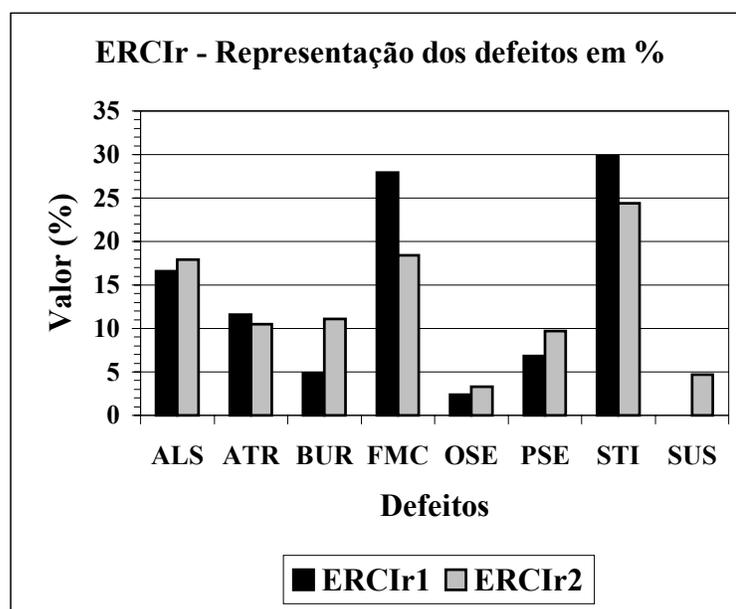


Figura 7.8. ERClr - Gráfico da representação dos defeitos em %, na avaliação da estação seca – ERClr1 e da chuvosa – ERClr2

Pela Figura 7.8, o ERClr considera apenas os defeitos avaliados em relação ao peso reponderado, por ter os seus defeitos mais presentes nas estradas brasileiras, tendo na estação seca o FMC e STI totalizando mais de 50% e na chuvosa mais de 40%; sendo em 2º plano o ALS, este na ordem de 17%, e ATR, na ordem de 11%; os demais apresentam valores menos

representativos, com exceção de BUR, na estação chuvosa, com cerca de 11%. Este método apresenta cinco defeitos diferentes dos demais, caso de ALS, FMC, OSE e PSE, para os pesos reponderados e nos pesos normais apresenta ainda o FEA e o EII, tendo o ATR, BUR e STI que são existentes nos demais métodos e SUS (superfície saturada) que equivale a ATO (atoleiro) do DVI.

Pelo fato, que em todos os métodos são avaliados os defeitos ATR, BUR e STI e, para verificar cada um destes em relação aos métodos de avaliações, na estação seca e na chuvosa, elaboraram-se os gráficos de representatividade destes defeitos nas Figuras 7.9 e 7.10, respectivamente.

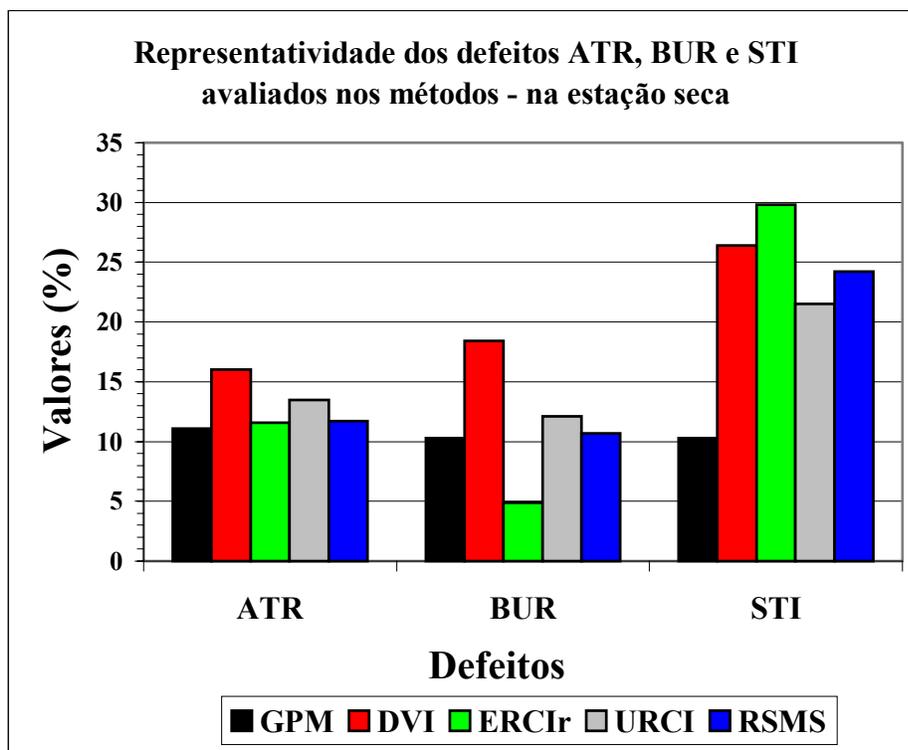


Figura 7.9. Gráfico da representatividade em % dos defeitos ATR, BUR e STI avaliados pelos métodos na estação seca

Na Figura 7.9: o ATR apresenta-se com valores próximos nos métodos, com exceção do DVI que está um pouco acima; o BUR tem valores próximos no GPM, URCI e RSMS, na ordem

de 10% , valor acima dos demais no DVI (18%) e abaixo no ERCIr (5 %) e o STI, com valores próximos no URCI e RSMS (23%), acima nos DVI e ERCIr (26 e 30%) e abaixo no GPM (10%).

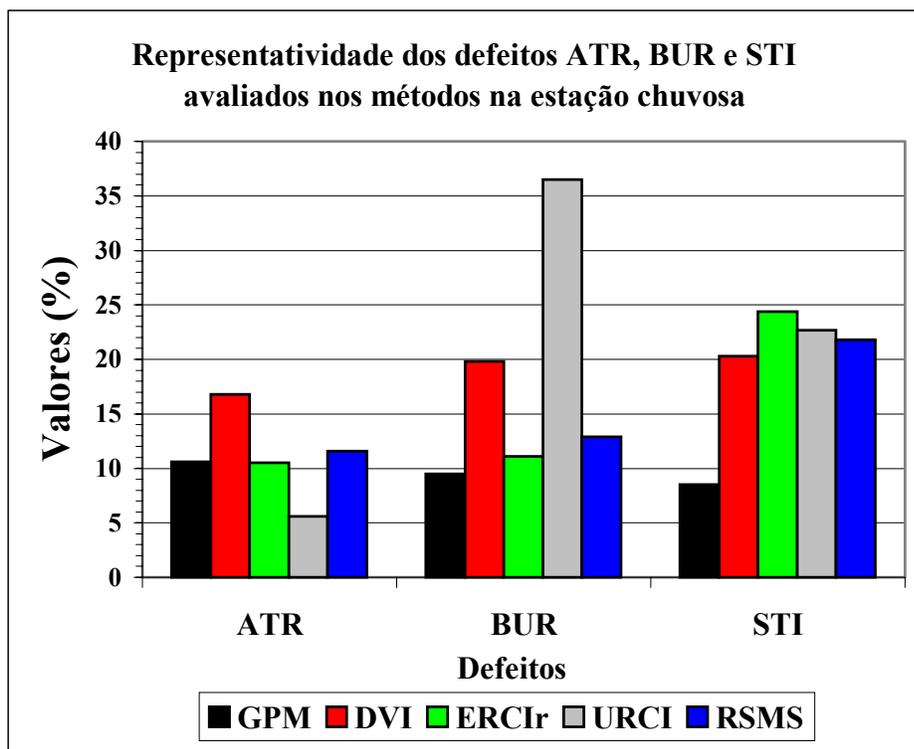


Figura 7.10. Gráfico da representatividade em % dos defeitos ATR, BUR e STI avaliados pelos métodos na estação chuvosa

Na Figura 7.10, estação chuvosa: o ATR e o BUR estão próximos no GPM, ERCIr e RSMS, cerca de 10%, acima no DVI (16% e 20 %) e abaixo no URCI (6%), caso do ATR e o BUR estão acima no URCI (36%) e o STI apresenta valores próximos acima de 20% em quatro dos cinco métodos, exceto no GPM que tem a representatividade em cerca de 8%.

Além do ATR, BUR e STI que estão presentes em todos os métodos, tem-se a OND presente em quatro métodos (GPM, DVI, URCI e RSMS) com representatividade significativa no GPM, o mais representativo (15% nas avaliações) e, nos outros, apresenta valores menores que 10% e o DLI, em três métodos, (GPM, URCI e RSMS) com representatividade significativa na

avaliação da estação seca, no URCl, na ordem de 34% e no RSMS com valor próximo de 25%, junto com o STI como o mais representativo.

Os demais defeitos avaliados em cada método podem ter pouca ou muita representatividade na classificação geral, conforme mostra a Tabela 7.3, que trata dos defeitos menos e mais representativos, nas avaliações das estações seca e chuvosa, por método aplicado em campo.

Tabela 7.3. Métodos de avaliação – defeitos menos e mais representativos na classificação do trecho experimental na avaliação da estação seca e chuvosa

Métodos	Representatividade							
	Estação Seca				Estação Chuvosa			
	Menos		Mais		Menos		Mais	
	Defeito	%	Defeito	%	Defeito	%	Defeito	%
GPM	ESC	8.6	OND	15.9	STI	8.5	OND/POE	15.9
DVI	ATO	7.4	STI	26.4	ATO	6.9	STI	20.3
ERCIr	OSE	2.4	STI	29.8	OSE	3.3	STI	24.4
URCl	POE	1.4	DLI	34.2	OND	0.4	BUR	36.5
RSMS	OND	6.5	STI/DLI	24.2	OND	7.5	DLI	23.8

Observa-se, na Tabela 7.3, que, para avaliação na estação seca, os defeitos menos representativos variam de método para método e representam valores inferiores a 10%. Por sua vez os mais representativos possuem o STI em três métodos (DVI, ERClr e RSMS) e tem valor em 26% na média.

Na estação chuvosa, os defeitos menos representativos possuem dois métodos com o mesmo defeito (URCl e RSMS), no caso, OND e o mais representativo (STI) com valor acima de 20%, nos métodos DVI e ERClr.

Outro ponto de destaque é que os valores menos representativos são ínfimos para o URCl, contudo os mais representativos representam 1/3 do total dos defeitos avaliados.

### 7.3. ANÁLISES DA APLICABILIDADE DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Os métodos de avaliação aplicados em campo apresentaram resultados com valores próximos e a mesmas classificações da condição da superfície do trecho experimental entre alguns deles, possuindo em seus procedimentos vantagens e desvantagens, prós e contras e outros em relação à aplicabilidade dos parâmetros estabelecidos pelas metodologias, quando da avaliação na estação seca e chuvosa, entre os quais destacam-se:

#### I- Comprimento da subseção

Os métodos ERCI e URCI apresentam as respectivas extensões 100 m e 50 m (algumas subseções 60 m adotada, para se ter uma área de 300 m<sup>2</sup>), podendo examiná-la ao longo do trecho de um ponto fixo, o que não ocorre com os demais, por terem extensões que se perdem de vista, principalmente, porque as estradas não-pavimentadas, em geral, são abertas pelos caminhos mais fáceis, isto é, que não exigem muito trabalho de corte e aterro, tendo uma geometria com bastantes curvas de raios pequenos, que dificultam a visibilidade, em particular, em regiões montanhosas.

A medição dos defeitos, em função das suas extensões, tem em relação aos métodos, o seguinte:

- somente o URCI apresenta-se de forma que a medida da densidade do defeito seja calculada, mais precisamente, para a maioria dos defeitos, em especial, podendo deixar a trena de 50 m estendida ao longo da densidade da subseção, facilitando na medição e o início e fim da subseção serem vistos a olho nu, ao mesmo tempo, de qualquer ponto da mesma;

- no DVI e no RSMS suas extensões são medidas por percentagem do comprimento da subseção, nos níveis baixo, médio e alto que são, respectivamente: < 10%, entre 10-50% e > 50 % para o DVI; e < 10 % , entre 10-30% e > 30% para o RSMS. Procedimento este menos vantajoso em relação ao do URCI, por apresentarem extensões grandes, o que fica muito na sensibilidade do

avaliador, apesar de serem estimadas as medidas dos defeitos. Porém, são mais vantajosos em relação ao ERCI que é avaliada em ocasional, freqüente e extensa, apesar de ter uma densidade com medida razoável. O GPM não especifica a densidade dos defeitos de forma particular.

## II- Medida da severidade dos defeitos

Os defeitos presentes em mais de dois métodos apresentaram, em relação à medição do nível de severidade:

a) seção transversal inadequada (STI): apresenta-se em todos os métodos e possui valores significativos na composição da classificação da estrada, pela metodologia empregada na estação seca e chuvosa, exceto para o GPM. Ao medir o STI com o gabarito com nível de bolha, com a declividade na ordem de 5%, valor este adotado, por ser o valor médio que os estudos sugerem para a seção transversal da estrada não-pavimentada, apresentaram-se diferenças ao medir de um lado ao centro e deste ao outro lado da via, conforme mostrado na Figura 6.19. Situação esta proveniente dos veículos que nas estradas não-pavimentadas não se deslocam ao longo das trilhas definidas, como ocorre nas pavimentadas e, em muitos casos, a estrada encontrava-se “encaixada”.

Em relação ao procedimento de medir com o gabarito a seção transversal, os métodos ERCI e DVI tiveram melhor avaliação. Os valores encontrados nestes métodos foram utilizados no GPM.

Por sua vez, o URCI e o RSMS medem o nível da severidade da seção transversal pela aparência da estrada, no caso, com poucas ou muitas poças d'água ou suas evidências tornando uma medida um tanto quanto subjetiva e inferior aos demais métodos;

b) buracos (BUR): também presentes em todos os métodos, porém com valores menos significativos em relação à seção transversal, principalmente, na estação seca. Porém, na estação chuvosa, para o URCI, representou mais de 35% e, para o DVI, que, na estação seca, a sua representatividade ficou próxima dos valores encontrados para a seção transversal.

As medidas de severidade foram realizadas pela profundidade e diâmetro, exceto para o DVI e o ERCI. A medida da profundidade foi tomada a maior, geralmente, localizada no centro do buraco, muitas vezes com presença de cascalhos soltos na estrada. Contudo a medida de seu diâmetro, para o URCI e RSMS, apresentava valores diferentes, se tomadas no sentido longitudinal ou transversal à via, devido aos buracos não apresentarem formas simétricas. Para efeito avaliatório adotou-se sempre a maior medida.

Os métodos apresentam valores diferentes para a profundidade e diâmetro, a fim de estabelecer o nível da severidade, conforme podem ser verificados na Tabela 7.4, com certa vantagem para o URCI e RSMS que relacionam as duas medidas (profundidade e diâmetro) e o ERCI que relaciona a profundidade com a relação buraco/m<sup>2</sup>. Menor vantagem para o DVI que estabelece somente a profundidade e com a medida de nível médio entre 2,0 – 4,0 cm que, para o URCI, seria nível baixo e, para o RSMS até 7,5 cm, seria nível médio;

Tabela 7.4. Buracos - medidas do nível de severidade nos métodos

Método	Profundidade (cm)/Nível			Diâmetro (cm)			
	Baixo	Médio	Alto				
DVI	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0	Não consta			
URCI	1,25 – 5,0	5,0 – 10,0	> 10,0	< 30	30 -60	60 -90	> 90
RSMS	< 2,5	2,5 – 7,5	> 7,5	< 30	30 - 60	> 60	
ERCI	Leve		Severa		Não consta		
	< 10,0		> 10,0				

Em relação ao nível de severidade em função da profundidade e diâmetro dos buracos em estudo realizado por ODA (58), por exemplo, identificou, em estradas não-pavimentadas, no município de São Carlos/SP, diâmetro de 1,5 a 3,5 m ou mais e profundidade entre 0,05 a 0,25 m (5,0 a 25,0 cm).

Da mesma forma, nos levantamentos de campo realizados neste estudo, não foram constatados diâmetros nestas proporções, mas para a profundidade, a medida média ficou em 0,05 m (5,0 cm), principalmente, na avaliação da estação chuvosa, esta medida é considerada como severidade de nível alto para o DVI, médio para o RSMS e baixo para o URCI;

c) afundamento de trilha de roda (ATR) está presente em todos os métodos, mas não tem a mesma representatividade tanto quanto o buraco e muito menos em relação à seção transversal. Sua medida de severidade é pela profundidade, sendo para o RSMS e URCI: < 2,5 cm, entre 2,5 – 7,5 cm e > 7,5 cm e para o DVI é < 2,0 cm, entre 2,0 – 5,0 cm e > 5,0 cm para nível baixo, médio e alto, respectivamente e para o ERCI severidade leve, se < 3,0 cm.

Apresenta-se com maior frequência e melhor forma de medir em trechos revestidos com cascalho e em trechos com solo natural ou com muito pouco cascalho, na estação seca confunde-se com sulcos de erosão longitudinais e, na estação chuvosa, forma verdadeiros atoleiros, com o subleito fraco e área saturada;

d) ondulações (OND): presente nos métodos GPM, DVI, URCI e RSMS, medido pela profundidade, sendo para os níveis baixo, médio e alto no RSMS e URCI: < 2,5 cm, entre 2,5 e 7,5 cm e > 7,5 cm; no DVI: < 2,0 cm, entre 2,0 e 5,0 cm e > 5,0 cm, respectivamente. Para o GPM condições ruim e regular acima de 7,5 cm e presente em 25 % de área; e entre 2,5 e 5,0 cm, respectivamente. Para o GPM teve valor significativo na representatividade dos defeitos avaliados e nos demais métodos ficou abaixo de 10%.

A sua medição é prejudicada por apresentar-se, sucessivamente, com distâncias irregulares e longas uma da outra, em trecho não-tratado (solo natural, agulhamento, etc.), podendo ser confundida com sulcos de erosão transversais e, em trecho revestido com cascalho, as ondulações estão mais próximas, possibilitando uma melhor medição. Quando se apresenta, sucessivamente, pode ser confundida com buracos.

Em todos os defeitos acima, o DVI apresenta medidas abaixo dos outros métodos, para definir o nível de severidade, isto é, o que é nível alto para o DVI, pode ser para os outros níveis baixo ou médio. Neste aspecto, o DVI torna-se um método mais rigoroso em relação aos demais, quando da medida da severidade dos defeitos.

e) drenagem lateral inadequada (DLI): presente nos métodos dos EUA (GPM, URCI e RSMS) e tendo o nível de severidade medido pelo aspecto visual, pela presença de entulhos, águas

empoçadas, erosões. Logo trata-se de uma medida que deverá ser realizada criteriosamente pelo avaliador;

f) segregação de agregados (SEA): presente nos métodos GPM, URCI e RSMS sendo a sua medida realizada da seguinte forma: GPM condição – regular: < 5,0 cm e ruim - > 10,0 cm; e URCI e RSMS nível baixo, médio e alto: < 5,0 cm, entre 5,0 – 10,0 cm e > 10,0 cm, respectivamente. No URCI são medidas as bermas formadas pelos cascalhos, nas laterais e centro da estrada, fazendo disso uma medida mais rigorosa em relação à forma estabelecida pelo RSMS, que não menciona algo a respeito, isto é em qual parte da estrada estão localizados os agregados segregados.

Os demais defeitos avaliados são singulares dos métodos aplicados em campo, mas alguns merecem destaques, caso do ATO (Atoleiros - DVI), SUS (Superfície Saturada – ERCI) e SUE (Sulcos de Erosão – DVI).

Os dois primeiros, apesar de se referirem a defeitos semelhantes, são avaliados de forma diferente, pois o ATO é possível identificar pela aparência da pista na estação seca, conforme define a sua metodologia: “Presença de materiais argilosos ou finos em camadas delgadas, na parte de cima do revestimento da superfície. Aparência lustrosa durante a estação chuvosa e aparência polida com rachaduras durante a estação de seca.” e é medido pela % da superfície afetada em nível baixo, médio e alto, respectivos: < 5%, entre 5-50% e > 50%.

Por sua vez o SUS é medido pela sua profundidade e comprometimento da largura da estrada, tendo o nível de severidade leve em < 20,0 cm e < 50 %, respectivamente, e somente na estação chuvosa, quando o mesmo está presente fisicamente. Dessa forma, pelo DVI, é possível medir em ambas estações e, pelo ERCI, é possível identificar maiores parâmetros, quando da existência do defeito, situações essas que deveriam ser compostas.

Por outro lado, o SUE (Sulcos de Erosão) é um defeito que se apresenta na maioria das estradas, tendo a sua forma longitudinal à via, quando do escoamento da água pela superfície da estrada, por ter as valetas obstruídas e seção transversal inadequada, em trechos íngremes, em

especial. Quando ocorre pela falta de projeto na execução dos acessos dos imóveis lindeiros, em relação à drenagem da água, que escoar por este acesso, na maioria dos casos feitos em rampa, a sua forma é transversal à pista.

O DVI estipula a medida do SUE em relação à profundidade, sendo  $< 2,0$  cm, entre  $2,0 - 5,0$  cm e  $> 5,0$  cm para o nível baixo, médio e alto, respectivamente. Contudo o SUE, quando na forma longitudinal pode ser confundido com o ATR e na forma transversal com o OND, como comentado anteriormente.

As medidas dos ATR e OND, em muitos casos, foram tomadas, nos demais métodos, os valores de SUE, quando da inexistência da forma definida dos outros dois defeitos.

#### **7.4. ANÁLISE FINAL**

Pelos estudos apresentados ao longo deste trabalho, infere-se que as estradas não-pavimentadas devem ser bem-construídas e, principalmente, bem-mantidas, porque representam a grande maioria (90,4%) da rede rodoviária brasileira e têm fundamental importância no modo de transporte do país. Diante disso, devem ser utilizados os procedimentos técnicos citados, aprimorando-se aquilo que se julgar preponderante.

Da mesma forma, pelo experimento realizado, que tratou da aplicação dos métodos de avaliação selecionados dentre os pesquisados, em uma estrada não-pavimentada, que tem por objetivo auxiliar na gerência de conservação e manutenção, observou-se o seguinte:

- a classificação do trecho experimental (geral) teve no ERCI valor acima dos demais, por apresentar defeitos não comuns às estradas não-pavimentadas brasileiras, mas, ao excluir esses

defeitos e recalcular os pesos dos defeitos, obteve-se o ERClr que apresentou classificação semelhante aos métodos GPM, DVlr e RSMS.

- o método DVI também ficou em duas formas denominadas DVI e DVlr. Neste a média foi calculada dividindo o TVD pelo total dos defeitos presentes na metodologia e não somente pelo total dos defeitos avaliados, como foi calculado para o DVI.

- realizando os cálculos do DVlr obteve-se a classificação do trecho experimental, na avaliação da estação seca, igual ao GPM, ERClr e RSMS e, na estação chuvosa, igual ao DVI e URCl. Por sua vez, o DVI ficou com as suas notas e classificações próximas do URCl, que se apresentam abaixo dos demais.

- o URCl foi aplicado, sem que houvesse alguma alteração na sua metodologia e resultou na classificação ruim para as duas avaliações. Possivelmente, os valores abaixo dos demais provêm dos valores-dedução dos defeitos estarem em nomogramas que foram correlacionados com os defeitos presentes nas estradas não-pavimentadas do seu país de origem, que é o EUA, que, em comparação com o Brasil, possui tecnologia e investimentos melhores e maiores, deduzindo-se que uma estrada em condição regular por lá, por aqui pode ser considerada como excelente.

Definir se um dos métodos de avaliação das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada é melhor que o outro, enfoque principal deste trabalho, torna-se um procedimento um tanto complexo, principalmente, quando os métodos são desenvolvidos em países que apresentam clima, tecnologia, investimentos melhores ou piores dos que são existentes por aqui.

Contudo os métodos de avaliação apresentaram parâmetros diversos que serão comparados na Tabela 7.5, que apresenta as variáveis que foram determinantes na aplicabilidade, na consistência dos resultados, e nos procedimentos comuns abordados, entre os métodos, assumindo as seguintes notas e classificação à avaliação subjetiva dos parâmetros analisados: 1 - péssimo; 2 - ruim; 3 – regular; 4 – bom; e 5 – excelente, em relação a cada método e um pelo outro. Relacionando o quanto um parâmetro interfere em um método, em relação aos demais.

Tabela 7.5. Avaliação subjetiva dos parâmetros analisados nos métodos de avaliação aplicados em campo

Parâmetros		Métodos de Avaliação							
		GPM	DVI		ERCI		URCI	RSMS	
			DVI	DVIr	ERCI	ERCIr			
Comprimento da subseção		2	3	3	4	4	5	2	
Medição dos Defeitos	Densidade	1	4	4	2	2	5	5	
	Severidade	2	4	4	3	3	5	5	
VD –Severidade/Densidade		1	2	2	3	3	4	4	
Defeitos Avaliados – Presentes em todos métodos - Representatividade	Seca	ATR	3	4	4	3	3	3	3
		BUR	3	4	4	2	2	3	3
		STI	2	4	4	5	5	3	3
	Chuvosa	ATR	3	4	4	3	3	2	3
		BUR	2	3	3	2	2	5	2
		STI	2	4	4	4	4	4	4
Defeitos Avaliados Representatividade	Seca	Menos	3	3	3	2	2	2	3
		Mais	3	4	4	4	4	5	4
	Chuvosa	Menos	3	3	3	2	2	1	3
		Mais	3	4	4	4	4	5	4
Valor Dedução - VD		3	2	3	1	4	4	4	
Classificação	Escala	3	3	3	4	4	4	4	
	Nominal	4	4	4	4	4	4	4	
Resultado da Avaliação PRC331	Seca	4	2	4	1	4	2	4	
	Chuvosa	4	2	4	1	4	2	4	
Total dos Parâmetros		51	63	68	54	63	68	64	
Média		2.7	3.3	3.6	2.8	3.3	3.6	3.4	
Classificação		Regular	Bom	Bom	Regular	Bom	Bom	Bom	

Na Tabela 7.5, que estabelece a opinião do autor deste trabalho, verificam-se os parâmetros avaliados em relação à metodologia empregada e resultados obtidos pelo estudo e aplicação dos métodos de avaliação das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada que apresenta classificação como bom nos métodos DVI, DVIr, ERCIr, URCI e RSMS e regular no GPM e no ERCI.

Contudo as médias das melhores notas (3.6) foram para o DVIr e URCI, subentendo que tratam dos melhores métodos a serem aplicados, mas comparando com a opinião dos usuários que classificaram a estrada em condições de regular para bom, o método que mais se aproxima desta condição, em sua avaliação do trecho experimental PRC 331, entre eles é o DVIr.

Além disso, o RCS/DVIR apresentou certa coerência para o trecho experimental, em relação à avaliação na estação seca, que teve a classificação como regular e a chuvosa como ruim, principalmente, pelos defeitos avaliados, no caso de o STI apresentar-se como o mais representativo na maioria dos métodos na avaliação da estação seca, exceto no GPM e URCI, e o DLI, que nos métodos que são avaliados, também foi o mais representativo.

Por não ter havido a manutenção da estrada entre os dois períodos avaliatórios, em especial, para os defeitos referidos (STI e DLI), a deterioração era iminente, pois eles são os principais responsáveis pela deterioração de estrada não-pavimentada, quando da presença de chuva e tráfego.

Outro ponto de destaque, no RCS/DVIR, são os defeitos, que fazem parte da metodologia, porque estão presentes nas estradas não-pavimentadas brasileiras, segundo estudos pesquisados, bem como do trecho experimental de acordo com que se constatou em campo.

Ressalta-se que, para a metodologia do RCS/DVI, às estradas não-pavimentadas brasileiras sempre terão sua classificação pela avaliação do DVI, pois, de acordo com ela o DVI será empregado, quando o valor médio da condição da pista for maior ou igual a 3 e o RCS define este valor para: “Confortável dirigibilidade até 50 km/h ou na seção específica 40-70 km/h”, que é válida também para estradas pavimentadas, isto porque para a classificação 2 a dirigibilidade é confortável acima de 70-80 km/h. Velocidades estas impraticáveis na maioria das estradas não-pavimentadas brasileiras.

## **8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

---

### **8.1. CONCLUSÕES**

Considerando o contexto deste trabalho, que tem por objetivo a comparação da aplicabilidade de métodos de avaliação das condições superficiais de uma estrada não-pavimentada, realizado pela análise teórica de sensibilidade dos métodos, em função de estudos de casos hipotéticos e pelo experimento de campo, o qual tratou de avaliar uma estrada não-pavimentada pelos métodos de avaliação selecionados, em duas ocasiões distintas, comparando os seus resultados, levam às conclusões a seguir.

Na manutenção das estradas não-pavimentadas, além de utilizar a técnica adequada, deve-se procurar aplicar o que determinam os métodos de avaliação das condições da estrada, sejam eles com metodologia subjetiva e/ou objetiva, que nada mais são que uma ferramenta no auxílio para determinar a melhor manutenção requerida, para os defeitos e seus níveis de severidade e densidade apresentados na avaliação da estrada.

Os métodos de avaliação apresentados, estudados, aplicados em campo e analisados devem ser utilizados, não só para classificar a condição da estrada em: falida, ruim, regular, boa e excelente, o que possibilita a criação de um inventário da rede rodoviária, mas como fatores determinantes na escolha do tipo de manutenção requerida, podendo ser manutenção de rotina, periódica ou programada, reabilitação e reconstrução ou melhoria da estrada. Verificando,

posteriormente, se estes tipos de manutenção estão condizentes com o estado de condição da estrada para servir o tráfego que carrega.

Em suma, deve a estrada ser avaliada, classificada, submetida à manutenção pelo tipo requerido e reavaliada; observar se o tipo de tratamento especificado pelo método de avaliação empregado supriu a necessidade de trafegabilidade, que deve apresentar uma estrada em boas condições de conforto e segurança oferecidos ao usuário e, em caso negativo, fazer a melhoria dessa estrada, isto é, uma estrada não-tratada em estrada tratada, esta podendo ser realizada pelo revestimento primário ou revestida com cascalho ou por quaisquer outras técnicas que venham a ser desenvolvidas e, a partir daí, em estrada pavimentada.

Neste estudo, os métodos de avaliação a serem empregados na gerência de manutenção apresentados, analisados e aplicados tiveram as vantagens e desvantagens ponderadas dentro das limitações impostas pelas circunstâncias intrínsecas e extrínsecas, tanto na análise teórica de sensibilidade como no experimento de campo.

A análise teórica de sensibilidade dos métodos de avaliação foi realizada por duas hipóteses:

- a 1ª verificou a relação entre as situações possíveis dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos, foram nove situações que iniciaram a relação do nível de severidade/densidade em B/B (baixo/baixo) e finalizou-se em A/A (alto/alto);
- a 2ª, por um caso hipotético, no qual, foram estipulados estados de condição da estrada em função dos níveis de severidade/densidade para os defeitos avaliados e comparados os resultados das classificações determinados por cada método de avaliação selecionado.

De modo geral, pela análise de sensibilidade dos métodos de avaliação, com exceção do URCI, conclui-se que os mesmos possuem resultados significativos nas correlações propostas no emprego de suas metodologias, que foram desenvolvidas, para serem aplicadas em seus países de origem, que possuem características físicas (climas, relevo, solo etc) e desenvolvimento

tecnológico bastantes distintos e devem ser ponderados e adaptados, quando forem empregados em outras localidades, conforme mencionam os autores dos respectivos métodos, caso do RCS/DVI e ERCI.

O experimento de campo foi realizado pela aplicação dos métodos de avaliação em uma estrada não-pavimentada, dividida em cinco subseções. Foram realizadas duas avaliações: a 1ª realizada, no final da estação seca, entre os dias 10 e 16 de agosto e a 2ª, no início da estação chuvosa, entre os dias 11 e 20 de dezembro do ano de 2003.

Os métodos GPM, DVIr, ERCIr e o RSMS apresentaram resultados próximos e a mesma classificação das condições superficiais para o trecho experimental (PRC 331), apesar de apresentarem resultados diferentes entre eles nas avaliações das subseções.

O URCI e DVI apresentaram resultados abaixo e o ERCI, acima dos demais na avaliação final do trecho experimental e nas subseções em ambas as avaliações.

Concluindo, pelo experimento de campo, que os métodos não têm parâmetros gerais para defini-los como um método ideal às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras, para serem utilizados na gerência de manutenção e conservação, na aplicação das estratégias propostas por cada qual de acordo com a classificação determinada, principalmente, das subseções avaliadas. Para este fim, necessitariam realizar pesquisas, aplicando as estratégias propostas pelos métodos pela avaliação indicada, verificando a sua eficiência, entre outros.

Logo, por ainda não se ter, no Brasil, um método de avaliação específico para estradas não-pavimentadas, se for utilizar um dos métodos analisados e aplicados em campo, para a gerência de manutenção e conservação de estrada, o mais indicado seria o RCS/DVIr de acordo com os resultados obtidos e analisados.

A utilização do RCS/DVIr fica restrita para estabelecer um inventário e a classificação das condições da rede rodoviária não-pavimentada. Para tanto o método pode ou, mesmo, deve

sofrer algumas alterações em seus parâmetros para torná-lo mais adequado às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras, podendo ser as seguintes:

- verificar a severidade dos defeitos avaliados, em especial, o afundamento de trilha de roda, ondulações e buracos, identificando a medida de profundidade ideal para assumir os níveis em baixo ou médio ou alto, porque as medidas assumidas pelo DVI estão abaixo dos demais métodos, tornando-o muito rigoroso, como se constatou no experimento de campo.

- definir melhor as notas (valor-dedução) atribuídas aos defeitos na avaliação da combinação severidade/densidade, onde um bom exemplo está no método do RSMS, que apresentou a melhor correlação para esta questão. Não se pode considerar somente a severidade em detrimento da densidade, pois, em muitos casos, é mais desconfortável e menos seguro, por exemplo, vários buracos com profundidade baixa a um com profundidade alta e

- a extensão da subseção, que o método define em 500 m, como mínima, pode ser reduzida e aumentada a sua frequência, como sugestão: poderiam ser as extensões de 100 m e 3 unidades amostrais por subseção (início, meio e fim) e o valor-dedução, a ser assumido por defeito avaliado para a subseção, seria a média aritmética simples dos defeitos avaliados nas unidades amostrais ou a maior;

Os demais parâmetros empregados pela metodologia do RCS/DVIR são satisfatórios, destacando-se os defeitos a serem avaliados, em especial, os sulcos de erosão, que não constam nos demais métodos, mas estão presentes na maioria das estradas não-pavimentadas que apresentam seção transversal inadequada e, principalmente, drenagem lateral ineficiente.

Em relação à drenagem lateral, avaliada como defeito, ponto a favor da metodologia do DVI e do ERCI que não a apresentam nos cálculos avaliatórios, porque a sua ineficiência e/ou ausência é a principal causa da maioria dos defeitos superficiais das estradas não-pavimentadas e pavimentadas, conforme constatam os estudos a respeito. Logo incluí-la nos cálculos avaliatórios significa supervalorizar a sua representatividade na determinação da condição superficial da estrada.

Outro ponto favorável nos métodos trata dos cálculos que abrangem a matemática elementar para determinação dos valores-dedução dos defeitos e da classificação da condição da estrada, com exceção do URCI, que utiliza nomogramas para determiná-los.

## **8.2. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS**

Além da sugestão de aprimorar o método de avaliação do RCS/DVI, para melhor adequá-lo a avaliação das condições das estradas não-pavimentadas brasileiras, outras são sugeridas, considerando todo o conteúdo pragmático deste estudo, tais como:

- aplicar os métodos de avaliação apresentados neste estudo, classificando a estrada bem como realizando a manutenção requerida pelos métodos e comparando a sua eficiência de um em relação ao outro, ou mesmo, individualmente, pelas variáveis consideradas;
- estabelecer relações entre métodos de dimensionamento de espessura de cascalho pesquisados em função dos métodos de avaliação apresentados;
- desenvolver um programa computacional de gerência de manutenção e reconstrução de estradas não-pavimentadas, podendo ser fundamentado no RSMS;
- pesquisar e aplicar materiais na manutenção e conservação das estradas não-pavimentadas, como: a utilização do cascalho, mas da forma realizada pelos organismos internacionais, particularmente, os dos EUA, determinando as especificações do material (limites de consistências, graduações, grau de compactação, etc), no caso, definindo-as para normas brasileiras; utilizar as especificações do MCT no emprego de materiais em diversas regiões, verificando a sua aplicabilidade e eficiência; dimensionar a espessura de cascalho para revestimento realizado por método específico e a utilização dos aditivos químicos estabilizantes

de solo, não só como controladores de poeira, mas também no aumento de capacidade de suporte do subleito, com ou sem mistura de agregados (cascalhos), entre outros;

- aplicar os métodos de avaliação estudados, neste trabalho, em outras regiões brasileiras, comparando e analisando os resultados encontrados para futuras considerações e

- definir um método de avaliação de estrada não-pavimentada específico às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras pela severidade e densidade dos defeitos mais comuns e principais, determinando a representatividade de cada um no cômputo da classificação da estrada e estabelecendo as manutenções requeridas, no caso, manutenção de rotina, periódica ou programada, reabilitação, reconstrução ou melhoria da estrada, como é determinado pelos métodos de avaliação estudados.

Caso estas sugestões venham a ser desenvolvidas, no meio acadêmico, irão propiciar relevantes contribuições no desenvolvimento tecnológico dos estudos das estradas não-pavimentadas brasileiras que tanto carecem de atenção.

## **ANEXOS**

---

---

<b>ANEXO A- RCS/DVI : DEFINIÇÃO, MÉTODO DE INSPEÇÃO, CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS.....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO B- URCI – GRÁFICOS DE CURVAS DO VALOR-DEDUÇÃO E DEFEITOS: DESCRIÇÃO, SEVERIDADE E MEDIÇÃO.....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO C- PLANILHAS DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA E FORMA DE AVALIAÇÃO DE ESTUDOS NÃO SELECIONADOS.....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO D- DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO MUNICÍPIO DE PIRACAIA/SP – CHUVA DIÁRIA (mm) DO ANO DE 2003.....</b>	<b>176</b>

## ANEXO A

### **RCS/DVI - DEFINIÇÃO, MÉTODO DE INSPEÇÃO E CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS**

Os métodos de avaliação RCS e DVI possuem elementos para avaliar que diferem para cada caso, sendo que uma estrada somente será avaliada pelo DVI, se o valor de avaliação do RCS for maior que 3 . Este valor é a média aritmética dos valores anotados para a condição da pista, conforme Planilha de inspeção do RCS (Figura 4.1, pág. 65). A condição da pista é avaliada de acordo com a Tabela A.1.

Tabela A.1. RCS : critério de avaliação da condição da pista

Condições da estrada não-pavimentada	Classificação Valor
Superfície recentemente regularizada com cascalho fino, ou com solo de excelente perfil longitudinal e transversal (usualmente constatado em comprimentos curtos). Dirigibilidade confortável acima de 80-100 km/h mas atenção às ondulações suaves e oscilações. Depressões insignificantes (ou seja < 5 mm/ 3 m) e sem buracos.	1
Confortável dirigibilidade acima de 70 – 80 km/h mas atenção com movimentos bruscos e alguns pulos dos pneus. Moderadas depressões freqüentemente rasas ou buracos rasos (ou seja 6-30 mm/ 3 m com freqüência de 5-10 para cada 50 m). Moderadas corrugações (ou seja 6-20 mm/07-1.5 m)	2
Confortável dirigibilidade até 50 km/h, ou na seção específica 40-70 km/h. Freqüentes depressões transversais moderadas (ou seja 20-40 mm/3-5 m na freqüência 10-20 por cada 50 m) ou ocasional profundidade de depressão ou buracos (ou seja 40-80 mm/3 m com freqüência menor que 5 para cada 50 m). Corrugações fortes (ou seja > 20 mm/0.7-1.5 m)	3
Dirigibilidade confortável a 30-40 km/h. Freqüente profundidade de depressão transversal e/ou buracos (ou seja 40-80 mm/3-5 m na freqüência 5-10 para cada 50 m); ou ocasionalmente muitas depressões profundas (ou seja 80 mm/1-5 m com freqüência menor que 5 para cada 50 m) com outra depressão não profunda. Não é possível evitar todas as depressões mas a pior é.	4
Dirigibilidade confortável a 20-30 km/h. Velocidades maiores que 40-50 km/h deverá causar extremo desconforto e possível dano ao carro. Para um perfil geral bom: freqüentes depressões e/ou buracos (ou seja 40-80 mm/1-5 m na freqüência de 10-15 por cada 50 m) e ocasional e muito profundas depressões (ou seja 80 mm/0.6-2 m). Para um perfil geral ruim: freqüentes defeitos e depressões moderados (superfície de terra ruim)	5

Os elementos da lateral da estrada e os equipamentos de sinalização viária têm as suas descrições conforme Tabela A.2 e o método de inspeção, critério de avaliação na Tabela A.3.

Tabela A.2. RCS: Descrição dos elementos e tipos de defeitos a serem avaliados

Elementos da estrada	Tipo de defeito	Descrição do defeito
Acostamento	Deformação	O aspecto visual pode diferenciar de acordo com o tipo de deformação. Dois casos são distinguidos: Caso a: o nível do acostamento é mais alto que o nível da superfície da estrada. Caso b: o nível do acostamento é mais baixo que o nível da superfície da estrada.
	Erosão	Dois diferentes tipos podem ser distinguidos: a: Sulcos perpendiculares no eixo da estrada cortando através da largura completa do acostamento. b: Sulcos longitudinais, paralelos ao eixo da estrada
Drenagem Lateral	Sedimentação	Depósito de material na drenagem lateral da estrada causando um parcial ou completo bloqueio do sistema de drenagem.
	Erosão	Erosão no fundo e laterais da valeta: erosão direta é a ocorrência quando partículas de solo são desprendidas e transportadas pela água; e erosão regressiva é a ocorrência quando um terreno relativamente plano é seguímentado por um terreno com rampa íngreme ou materiais mais erodidos.
Superfície da Estrada	Entulho/Invasão de vegetação e Obstáculos/Obstrução	Obstrução na pista que impedirá ou colocará em perigo o fluxo de tráfego.
Equipamentos de Sinalização Viária	Danificado/Faltando	Danos nas sinalizações da estrada.

Tabela A3. RCS: inspeção dos elementos da lateral da estrada para tipo de defeito, método de inspeção e critério de avaliação

Elemento da lateral da estrada	Tipo de Defeito	Método de Inspeção	Critério de Avaliação	
			Valor	Densidade
Acostamento	Deformação	O registro visual e a estimacão do comprimento da deformao deverão ser expressos em percentagem do comprimento da subseo	1	< 5 %
			2	5-50 %
			3	> 50 %
	Erosão	Registro visual e a estimacão do comprimento da erosão deverão ser expressos em percentagem do comprimento da subseo.	1	< 5 %
			2	5-50 %
			3	> 50 %
Drenagem Lateral	Sedimentaco	Registro visual e a estimacão do comprimento da drenagem afetada uma percentagem do comprimento da subseo.	1	< 5 %
			2	5-50 %
			3	> 50 %
	Erosão	Registro visual e a estimacão do comprimento da drenagem afetada uma percentagem do comprimento da subseo.	1	< 5 %
			2	5-50 %
			3	> 50 %
				CONTINUA

Elemento da lateral da estrada	Tipo de Defeito	Método de Inspeção	Critério de Avaliação	
			Valor	Densidade
Superfície da estrada	Entulho e Invasão de vegetação	Registro Visual e estimação da severidade da obstrução	1	Não maiores obstáculos
			2	Necessário diminuir, baixar e dar a volta pelo obstáculo. Maior redução de visibilidade.
			3	Total obstrução
	Obstáculo/Obstrução	Registro visual e estimação da severidade e efeito no fluxo do tráfego	1	Idem ao anterior
			2	Idem ao anterior
			3	Idem ao anterior
Sinalização, equipamentos e marcação da estrada	Sujo, Danificado e Faltando	Registrar para cada seção todas sinalizações, equipamentos e marcações e estimar o número de elementos faltando como uma percentagem do total. Descrever a localização e a severidade dos elementos e utensílios danificados e reparar imediatamente ou recolocar	1	< 10 %
			2	10-25 %
			3	> 25 %

As estruturas da estrada, tais como bueiros, pontes e outros, são também avaliadas pelo RCS (Figura 4.3, pág. 67). No caso de bueiros e pontes têm suas descrições, métodos de inspeção e critério de avaliação de acordo com as Tabelas A.4 e A.5, respectivamente. O DVI é avaliado pelos defeitos, que a estrada apresenta, que constam na Planilha de Inspeção DVI (Figura 4.2, pág. 66) e têm suas descrições de acordo com a Tabela A.6 e método de inspeção e critério de avaliação na Tabela A.7.

Tabela A.4. RCS: Bueiros - descrição, método de inspeção e critérios de avaliação

Tipo de defeito	Descrição	Método de Inspeção	Critério de avaliação	
			Valor	Severidade
Erosão	Este tipo de dano consiste na perda do material de ambos os finais dos bueiros; eventualmente a estrutura toda pode ser arruinada gradativamente. Dois tipos de erosão podem prejudicar o local a jusante do bueiro dependendo do gradiente inicial: erosão localizada que desenvolve sulcos e a erosão regressiva que desenvolve as ravinas.	Inspeção visual de todos os bueiros da subseção e da avaliação da severidade da erosão.	1	Pouca ou sem erosão.
			2	Erosão substancial do lado de fora da estrutura da fundação.
			3	Erosão substancial debilitando a estrutura.
Dano Estrutural	Dois tipos de dano estrutural podem ser distinguidos: não dar importância à fundação com subsequente rachadura na cabeceira, alas e na estrutura do bueiro e fundação irregular marcante, com o subsequente desenvolvimento de ampla rachadura.	Inspeção visual de todos os bueiros da subseção e da avaliação da severidade do dano.	1	Pequeno ou sem dano.
			2	Fundação irregular danificado na entrada e na saída.
			3	Bueiros quebrados (tubos), entrada e saída.

Tabela A.5. RCS: Pontes - descrição, método de inspeção e critérios de avaliação

Tipo de defeito	Descrição	Método de Inspeção	Critério de avaliação	
			Valor	Severidade
Assoreada/ Bloqueada	Depende da natureza da estrutura, os seguintes tipos de dano podem ser distinguidos: acumulação de solo ou vegetação na plataforma da ponte e nas juntas da plataforma; e acumulação de entulhos flutuantes junto aos pilares, encontros.	Inspeção visual de todas as pontes da subseção e avaliação da severidade do defeito.	1	Plataforma da ponte limpa, fluxo livre debaixo da ponte
			2	Entulhos acumulados debaixo da ponte.
			3	Entulhos obstruindo o fluxo de tráfego e fluxo da água.
Erosão	Os seguintes tipos de dano podem ser distinguidos: erosão na rampa e alicerce; e enfraquecimento dos encontros e pilares.	Inspeção visual de todas as pontes na subseção e estimativa da severidade do dano. Inspeção da rampa, alicerce, muros, pilares próximos da ponte.	1	Pouca ou sem erosão
			2	Erosão sem maior dano
			3	Erosão severa pondo em perigo a estrada e a ponte.
Dano Estrutural	Os seguintes tipos de dano podem ser distinguidos: degradação da plataforma; degradação das juntas de alvenaria; rachadura do encontro; comprometimento do reforço de aço.	Inspeção visual de todas das pontes da subseção e estimativa da severidade do dano.	1	Pequeno ou sem dano
			2	Danos visíveis sem expor a perigo a ponte ou o tráfego.
			3	Dano visível pondo em perigo a ponte e o tráfego.

Tabela A.6. DVI - Descrições dos defeitos apresentadas na planilha de inspeção

Tipo de Defeito	Descrição
ATR	Deformação longitudinal permanente seguindo a linha de do caminho do pneu. Em casos extremos a seção transversal apresenta-se com perfil de W.
Ondulação- OND	Sulcos do material da superfície não profundos e uniformemente espaçados, transversal ao eixo da estrada. Esses sulcos estendem-se de um lado a outro da largura completa da estrada; espaçamentos variados entre 500 e 1000 mm dependendo da média de velocidade dos veículos.
Perda de Declividade- PED (STI)	Distorção e deformação da seção transversal da estrada. O perfil ideal que deverá ser mantido tem a forma de um “cume” com grau de inclinação transversal de 3-4% para permitir o rápido fluxo da água para fora da superfície da estrada.
Espessura de Cascalho- ESC	Redução da espessura do revestimento da superfície. A perda de material da superfície devido a várias causas incluindo operações de re-regularização e recascalhamento. NÃO RELEVANTE PARA ESTRADAS DE TERRA.
Sulcos de Erosão- SUE	O aspecto é dependente por meio da maneira do desenvolvimento e da localização. Três tipos principais são distinguidos: erosão das drenagens laterais, próximo a inclinação do nível de formação e afetando a seção com inclinação íngreme e má compactação; sulcos longitudinais paralelas ao eixo da superfície da estrada; sulcos transversais cortando o eixo da estrada de um lado para outro da estrada, isto é, largura inteira.
Buracos- BUR	Em geral buracos com formato de tigela causado pela perda de material da superfície.
Atoleiros- ATO	Presença de materiais argilosos ou finos em camadas delgadas na parte de cima do revestimento da superfície. Aparência lustrosa durante a estação chuvosa e aparência polida com rachaduras durante a estação de seca.

Tabela A.7. DVI - Método de inspeção, critério de avaliação e classe de severidade dos defeitos

Tipo de defeito	Método de Inspeção	Critério de Avaliação			Classe de Severidade		
		Valor	Densidade	Severidade	B	M	A
Afundamento de Trilha de Roda – ATR	Severidade: colocar uma madeira resistente de 2 m na trilha e medir com uma régua a sua profundidade. Medir todas ATR observadas em toda a largura da estrada; o valor representativo é o maior valor medido. Densidade: percentagem do comprimento da subseção	1	< 10 %	< 20 mm	1	3	5
		2	10-50 %	20-50 mm	2	4	5
		3	> 50 %	> 50 mm	3	5	5
Ondulações-OND	Medido pela colocação do gabarito no topo do sulco; medir a profundidade tanto como a distância entre dois sucessivos sulcos.	1	< 10 %	< 20 mm	1	3	4
		2	10-50 %	20-50 mm	2	3	5
		3	> 50 %	> 50 mm	3	4	5
Perda de Declividade-PED (STI)	Severidade: a medida executada com o gabarito equipado com um nível de cano e adaptado para a declividade requerida. O gabarito é colocado na transversal no centro; um no final é colocado no centro. O outro do fim é levantado na altura h (mm) para conduzir o gabarito na posição do nível, o intervalo entre a face inferior do gabarito e a superfície da estrada constitui a medida da declividade transversal. Densidade: percentagem da superfície.	1	< 10 %	> 50 mm	1	3	4
		2	10-50 %	20-50 mm	2	3	5
		3	> 50 %	< 20 mm	3	4	5
CONTINUA							

Tipo de Defeito	Método de Avaliação	Critério de Avaliação			Classe de Severidade		
		Valor	Densidade	Severidade	B	M	A
Espessura de Cascalho – ESC	Medida a cada 500 m a espessura remanescente do revestimento da superfície cavando um buraco até o nível da sub-base. Preencher o buraco após a medição recolocando o material escavado.	1	< 10 %	< 10 mm	1	3	5
		2	10-50 %	10-50 mm	2	3	5
		3	> 50 %	> 50 mm	3	4	5
Sulcos de Erosão - SUE	Colocar o gabarito na valeta é medir sua profundidade em mm com uma fita ou trena.	1	< 10 %	< 20 mm	1	3	5
		2	10-50 %	20-50 mm	2	4	5
		3	> 50 %	> 50 mm	3	5	5
Buracos – BUR	Densidade: Avaliação/Estimação de número de buracos para cada 100 m de comprimento da estrada. Severidade: colocar o gabarito sobre o buraco e medir a profundidade do buraco.	1	< 5 %	< 20 mm	1	3	5
		2	5-15 %	20-40 mm	2	4	5
		3	> 15 %	> 40 mm	3	5	5
Atoleiro- ATO	Densidade: Estimação da percentagem da superfície afetada	1	< 5 %				
		2	5-50 %				
		3	> 50 %				

Sendo: B – Baixo; M- Médio e A - Alto

## ANEXO B

### URCI - GRÁFICOS DE CURVAS DO VALOR DEDUÇÃO E DEFEITOS: DESCRIÇÃO, SEVERIDADE E MEDIÇÃO

O URCI é avaliado de acordo com os defeitos, que constam no inventário e planilha de levantamento de campo (Figura 4.7, pág. 75) e cada defeito tem a sua descrição, nível de severidade e forma de medir na Tabela B.1. Após a realização da inspeção e levantamento da extensão e nível de severidade dos defeitos, que a subseção apresenta, é realizado o cálculo da densidade de cada defeito (divisão da extensão do defeito pela área da subseção em %) e com o nível de severidade é extraído do nomograma (gráfico) de curva de valor-dedução o respectivo VDu (valor-dedução) do defeito, que será utilizado para cálculo do URCI, pelo nomograma de curvas do URCI (Figura B.8). Os nomogramas de curvas de VDu de cada defeito estão apresentados nas Figuras B.1 a B.7.

#### NOMOGRAMAS CURVAS VALOR DEDUÇÃO - VDu

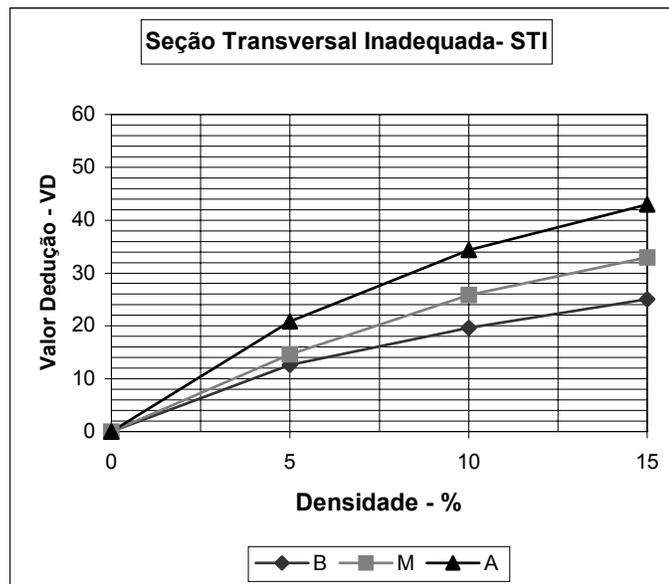


Figura B.1. Nomograma de curvas de valor-dedução – VDu: STI - Seção Transversal Inadequada

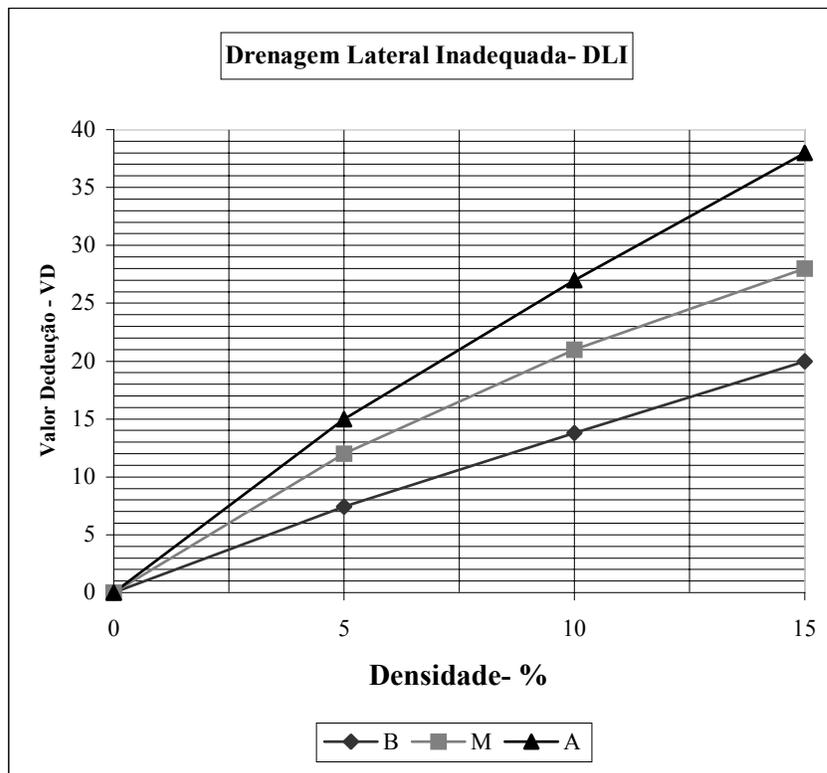


Figura B.2. Nomograma de curvas de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: DLI - Drenagem Lateral Inadequada

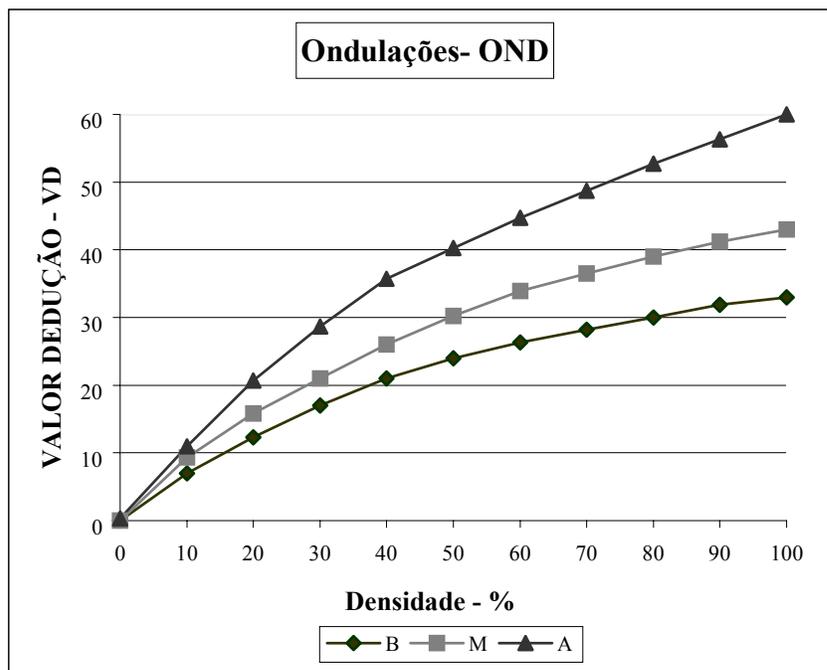


Figura B.3. Nomograma de curvas de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: OND - Ondulações

**POEIRA- POE**

A poeira não é avaliada pela densidade. O valor dedução – VD para os níveis de severidade são:

Baixo-----2 Pontos

Médio----- 4 Pontos

Alto-----15 Pontos

Figura B.4. Quadro de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: POE - Poeira

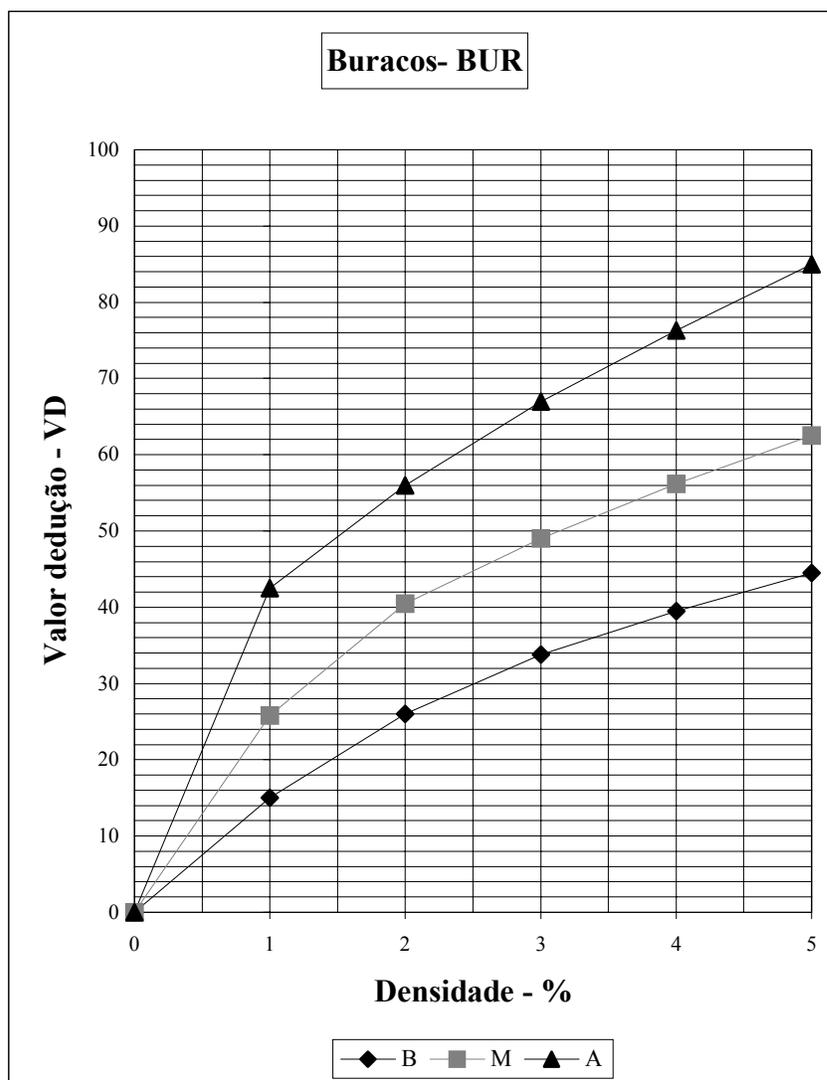


Figura B.5. Nomograma de curvas de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: BUR - Buracos

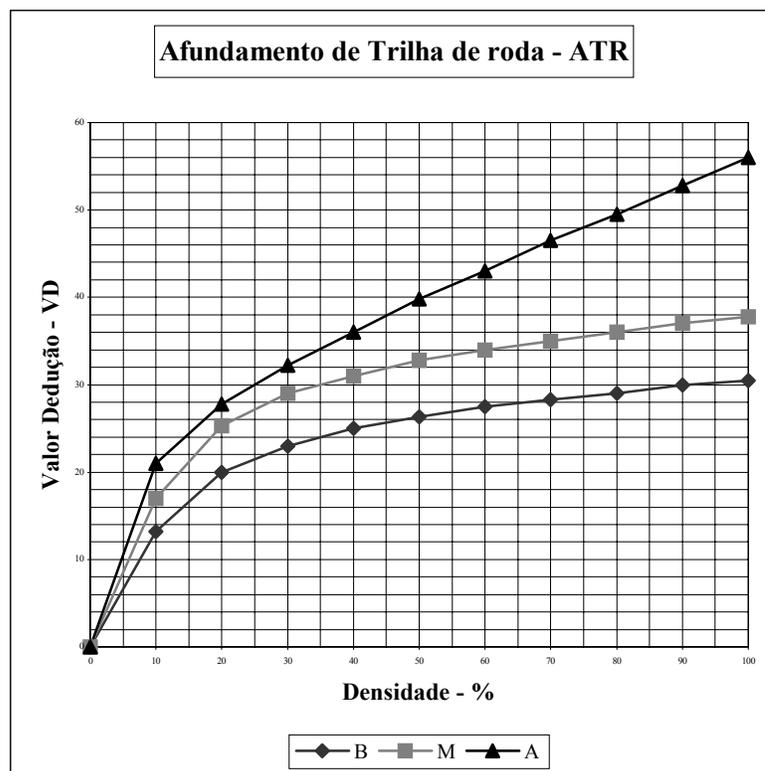


Figura B.6. Nomograma de curvas de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: ATR – Afundamento de Trilha de Roda

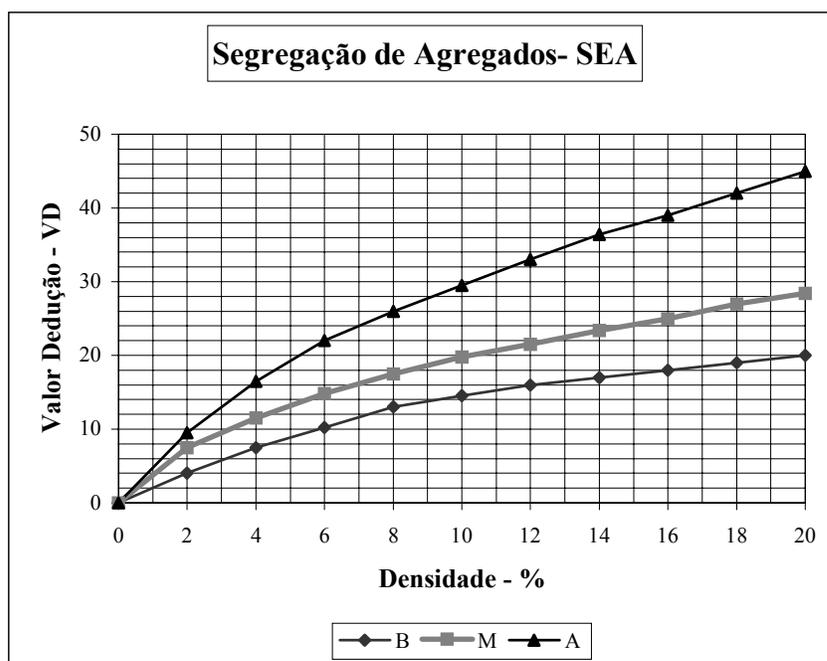
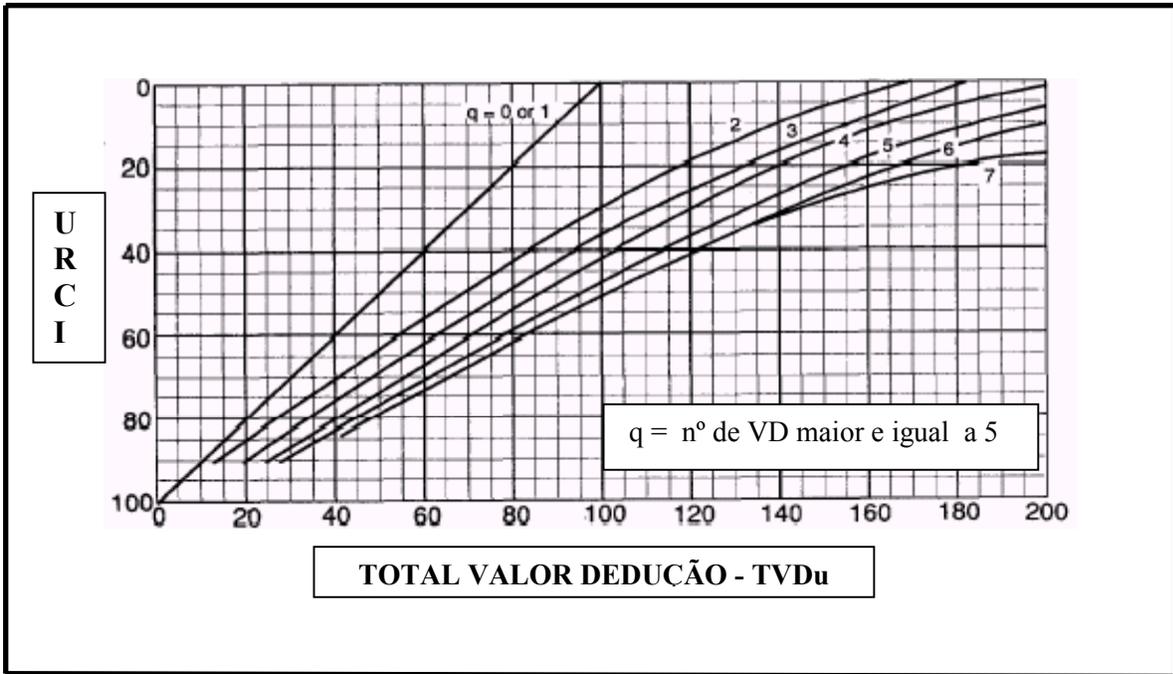


Figura B.7. Nomograma de curvas de valor-dedução – VD<sub>u</sub>: SEA - Segregação de agregados



**Figura B.8. Nomograma para determinação do URCI**

Tabela B.1. URCI: tipo de defeitos suas descrições, níveis de severidade e medição

Defeito	Descrição	Nível de Severidade - descrição		Medição (unidade amostral)
Seção Transversal Inadequada-STI	Estrada sem declividade transversal para drenar a água da superfície levando-a para as valetas	B	Pequena quantidade de poças d'água ou evidência de poças d'águas na superfície da estrada ou superfície completamente plana	Em metro linear, ao longo da linha central ou paralela à mesma.
		M	Quantidade moderada de poças d'águas ou evidência das mesmas ou está em formato de "tigela" (côncavo)	
		A	Grande quantidade de poças d'águas ou evidências das mesmas ou a superfície da estrada contém severas depressões.	
Drenagem Lateral Inadequada-DLI	Quando as valetas e bueiros não estão em condições suficientes boas para direcionar e transportar a água pela presença de vegetação e/ou entulhos, provocando empoçamento.	B	Pequena quantidade nas valetas e/ou bueiros de: águas empoçadas ou evidência das mesmas; ou com entulho e/ou vegetação	Em metro linear por trecho, paralelo à linha de centro. O máximo comprimento é duas vezes o comprimento da unidade amostral (valetas nas laterais esquerda e direita).
		M	Moderada quantidade nas valetas e/ou bueiros de: águas empoçadas ou evidência das mesmas; vegetação e/ou entulho; ou erosão na direção dos acostamentos ou pista	
		A	Grande quantidade nas valetas e/ou bueiros de: águas empoçadas ou evidência das mesmas; vegetação e/ou entulhos; ou erosão na direção dos acostamentos ou pista	
Ondulações-OND	Perpendicular na direção do tráfego, causado por este e agregados soltos. Ocorrem, geralmente em rampas, curvas e área de aceleração e desaceleração	B	Ondulações menores que 2,5 cm (25mm) de profundidade	Em metros quadrados de superfície de área por unidade amostral. O valor não pode exceder o total da área da unidade amostral.
		M	Ondulações entre 2,5 cm (25mm) e 7,5 cm (75mm) de profundidade	
		A	Ondulações maiores que 7,5 cm (75mm) de profundidade	
				Continua

Defeito	Descrição	Nível de severidade - descrição				Medição (unidade amostral)	
Poeira- POE	Partículas de solos aglutinantes que se soltam da superfície de rolamento devido à ação abrasiva do tráfego formando nuvens de poeira que são um perigo para os veículos, e causam significantes problemas ao meio ambiente	B	Produz nuvem delgada que não obstrui a visibilidade			Dirigir o veículo em 40 Km/h e observar a nuvem de poeira, medindo por unidade amostral	
		M	Nuvem moderadamente densa que obstrui parcialmente a visibilidade e causa tráfego lento				
		A	Nuvem muito densa que obstrui severamente a visibilidade e causa tráfego lento ou parado				
Buraco- BUR	Depressões em formato de tigela na superfície da estrada. Usualmente menor que 1,0 metro de diâmetro, crescimento acelerado pela umidade dentro do buraco	Máxima Profundidade (cm)	Diâmetro médio (cm)				Contando os números que são de baixa, média ou de alta severidade, anotando separadamente. * Se o buraco é > 90 cm de diâmetro, a área deverá ser determinada em m <sup>2</sup> e dividido por 7 para encontrar o número de equivalente de buracos.
			< 30	30 -60	60-90	> 90*	
		1.25 – 5.0	B	B	M	M	
		5.0-10.0	B	M	M	A	
	> 10.0	M	A	A	A		
Afundamento de Trilhas de Roda - ATR	Depressão na superfície do caminho do pneu que é paralelo ao centro da linha da estrada. Resultam das passadas repetidas dos veículos, especialmente onde a estrada é fraca.	B	ATR menor que 2.5 cm de profundidade			Em metros quadrados da superfície da área da unidade amostral.  continua	
		M	ATR entre 2.5 e 7.5 cm de profundidade				
		A	ATR maior que 7.5 cm de profundidade				

Defeito	Descrição	Nível de severidade - descrição		Medição (unidade amostral)
Segregação de Agregados-SEA	Partículas maiores de solos granulares soltam da superfície de rolamento devido à ação abrasiva do tráfego, que move as partículas de agregados soltos para fora das trilhas de roda e forma bermas no centro ou ao longo do acostamento ou na área menos trafegável, paralelo à linha central da estrada	B	Segregação de agregado na superfície da estrada, ou berma de agregado (menor que 5.0 cm de tamanho)	Em metro linear paralelo à linha central, medindo separadamente cada berma. Exemplo: uma unidade amostral com 60 metros tem bermas de média severidade uma em cada lado e uma no meio a medida deverá ser de 180 metros de média severidade
		M	Moderada berma de agregado (entre 5.0 e 10.0 cm de tamanho). Grande quantidade de partículas finas de solo é usualmente encontrada na pista	
		A	Grande berma de agregado (maior que 10.0 cm de tamanho)	
Sendo: B – baixa; M – média e A - alta				



PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO – AFRICA do SUL										
Área : A-B-C-D-E-F-G-H Data:										
Estrada Nº: Tráfego: ( ) Leve ( ) médio ( ) pesado										
Seção: De km Terreno: ( ) plano ( ) ondulado ( ) montanhoso										
Para km Umidade: ( ) molhado ( ) úmido ( ) seco										
Largura (m): Tipo de estrada: cascalho ( ) terra ( )										
AVALIAÇÃO ESTRUTURAL										
ESTRUTURA	SEVERIDADE					DENSIDADE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
BURACOS	0									
ONDULAÇÕES	0									
TRILHA DE RODA	0									
MATERIAL SOLTO	0									
POEIRA	0									
PEDRAS: FIXAS	0									
SOLTAS	0									
CONDIÇÃO GERAL	MUITO BOM		BOM		REGULAR		RUIM		MUITO RUIM	
PROPRIEDADES DO CASCALHO										
GERAL	A	B	C	D	E					
TIPO DE MATERIAL	A	B	C	D	E					
TAMANHO MÁXIMO (mm)	50	25-50		13-25		13				
CLASSIFICAÇÃO	GROSSO			MÉDIO			FINO			
IP aproximado	6		6-15			15				
ESPESSURA DE CASCALHO (mm)										
AVALIAÇÃO FUNCIONAL										
QUALIDADE DE DIRIGIBILIDADE	MUITO BOM		BOM		REGULAR		RUIM		MUITO RUIM	
RESISTÊNCIA DE DERRAPAGEM	BOA		REGULAR			RUIM				
EROSÃO: DIREÇÃO LONGITUDINAL	NENHUMA		MENOR			SEVERA				
DIREÇÃO TRANSVERSAL	NENHUMA		MENOR			SEVERA				
DRENAGEM: NA ESTRADA	4%		2 - 4%			0 - 2%				
: NA LATERAL DA ESTRADA	BOA		REGULAR			RUIM				
: PROBLEMAS	BUEIROS		DREN. LAT		MT		TO			
INFORMAÇÕES GERAIS										
SEMANAS DESDE ÚLTIMA REGULARIZAÇÃO										
PROBLEMAS COM POEIRA	SIM		NÃO							
PROBLEMAS COM DERRAPAGEM	SIM		NÃO							
REGULARIZAÇÃO NORMAL (TODAS SEMANAS)										
ESTAÇÃO CHUVOSA										
ESTAÇÃO SECA										

Figura C.2. Planilha de avaliação de estrada de cascalho – África do Sul  
Fonte: VISSER (90) e VISSER, VILLIERS e HEERDEN (92)

INVENTÁRIO E AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTRADA DE TERRA - EPCR		Estrada:		Página:	
				Data:	
		Etapa de Construção	Última Manut.	Avaliador:	
Croqui Linear: Vilarejos, cruzamentos pontes, bueiros, etc.					
Extensão – km					
Alinhamento	Largura (m)				
	Plano				
	Perfil longitudinal				
	Seção Transversal (m)				
Ambiente	Terreno				
	Vegetação				
	Água				
Ocorrência de Materiais					
Pavimento	Avaliação da Condição	Natureza			
		Seção Transversal			
		Ondulações			
		Panelas			
		Buracos e resistência			
		Sulcos Transversais			
		Sulcos Longitudinais			
		ATR			
		Superfície de Poeira			
		Fundação			
Valetas	Esquerda				
	Direita				
Encosta	Esquerda				
	Direita				

Figura C.3. Planilha de inventário e avaliação da condição de estrada de terra - EPCR  
Fonte: HORTA (40)

Os métodos não selecionados apresentam forma de avaliação para a condição da pista, dos defeitos entre outros. Portanto, seguem as Tabelas C.1 a C.4 respectivas da forma de avaliação dos métodos: Riverson, Jamsa e Horta (EPCR).

Tabela C.1. Riverson - Descrição das especificações dos defeitos para avaliação da estrada

Defeito	Valor	Descrição	Especificações dos defeitos
Dirigibilidade (condições de rolamento)	5	Muito ruim	Viagem muito desconfortável; grandes mudanças de velocidade; e baixa velocidade (32 km/h)
	4	Ruim	Viagem desconfortável; mudanças de velocidade acima de 16 km/h
	3	Regular	Velocidade varia acima de 16 km/h, com a qualidade de viagem – qv = média
	2	Bom	Pouca variação na velocidade (< 8 km/h) em poucos locais
	1	Muito Bom	Possível 64 km/h, sem variação; qv = alta
Ondulação (corrugação)	5	Muito Severa	> 5 cm de prof. (profundidade); qv = baixa
	4	Severa	De 4 a 5 cm de prof.; qv = de baixa a média
	3	Regular	Cerca de 2.5 cm de prof.; qv = média
	2	Bom (leve)	Começando (cerca de 1,3 cm); qv = média a alta
	1	Muito Bom	Sem evidências; qv = alta
Trilhas De roda	5	Muito Severa	Prof. média > 5 cm; os veículos são forçados a usar as trilhas ou a escolher outro caminho
	4	Severa	Com prof. entre 4 e 5 cm; caminhos dos veículos são forçados
	3	Moderada	Cerca de 2.5 cm de profundidade (prof.)
	2	Leve	Cerca de 1,3 cm de prof.; caminhos apenas afetados
	1	Muito Bom	Apenas percebidas ou ausentes
Buracos	5	Muito Severo	Mais que 40/100 m; qv = baixa
	4	Severo	Entre 30 e 40/100m; qv = baixa a média
	3	Moderado	Cerca de 20 a 30/100 m; qv = média
	2	Leve	Cerca de 10/100 m; qv = média a alta
	1	Muito Bom	< 10/100m; qv = alta
Segregação de Agregados	1	Muito segregado	Agregados no local não compactados; qv = baixa
	2	Segregado	Agregados no local levemente compactados; qv = de baixa a média
	3	Moderado	Cascalho regularmente compactado, com pouca segregação de pedras; qv = média
	4	Leve (bom)	Superfície de agregados com boa compactação com pouca segregação; qv= de média a alta
	5	Muito Bom	Agregados bem compactados com pouquíssima segregação; qv = alta

Fonte: RIVERSON et al. (68).

Sendo: qv = qualidade de viagem

Tabela C.2. Escala de classificação para a avaliação da condição da camada de rolamento em estradas de cascalho – JAMSA (47)

Avaliação	Condição
4.1 – 5.0	Superfície de estrada manteve sua forma e está muito igual e firme; possível irregularidade de superfície não afeta o conforto das viagens
3.1 – 4.0	Superfície de estrada manteve sua forma e está igual e firme; alguns buracos isolados aqui e ali; nenhum pó; velocidade mantida, apesar da irregularidade
2.1 – 3.0	A superfície de estrada manteve sua forma e está a maior parte igual e firme; pequenos buracos e irregularidades locais; presença de pó; buracos e pontos irregulares podem ser evitados, ou a velocidade de percurso pode ser mantida; necessário adotar velocidade mais baixa para dar passagem para a ultrapassagem ou para aproximação de veículos
1.1 – 2.0	A forma da seção transversal da estrada pode ter mudado um pouco; algumas ondulações na superfície; sedimentos ou protuberâncias locais marcados com sinais de tráfego; pó moderado; às vezes é necessária velocidade mais baixa e devem ser evitados pontos irregulares
0.1 – 1.0	A forma da seção transversal da estrada mudou em vários pontos; superfície está irregular devido a buracos, ondulações e ravinamentos; sedimentos e protuberâncias na estrada que não podem ser evitadas; bastante pó; superfície da estrada deve ser constantemente assistida e freqüente variação na velocidade

Tabela C.3. EPCR - Grau de severidade dos defeitos da estrada de terra – HORTA (40)

Tipos de Defeitos	Forma de Medida	Grau de Severidade			
		0	1	2	3
Seção Transversal	profundidade (cm)	< 5	5 - 10	> 10	
Ondulações	amplitude (cm)	< 2	2 - 5	> 5	
Paneles	superfície (%)	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
Buracos e resistência	profundidade máxima (cm)	< 5	5 - 10	10 - 25	> 25
Sulcos Transversais	profundidade (cm)	< 2	2 - 5	> 5	
Sulcos Longitudinais	profundidade (cm)	< 5	5 - 10	10 - 25	> 25
Afundamento de Trilha de Roda	amplitude (cm)		5 - 10	10 - 25	> 25
Superfície de Poeira	superfície (%)	< 1	1 - 5	5 - 20	> 20
Fundação	diferença de nível (cm)	< 5	5 - 10	10 - 25	> 25

Tabela C.4. EPCR.- Classificação da avaliação da densidade dos defeitos e manutenção requerida – HORTA (40)

Avaliação dos Defeitos	Classificação dos Defeitos	Manutenção Requerida
0	Não detectável	Não requer reabilitação
1	Estimável, conseqüências possíveis	Regularização leve
2	Importante, conseqüências prejudiciais	Regularização pesada I
3	Extremo, conseqüência muito prejudicial	Regularização pesada II

## **ANEXO D**

### **DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO MUNICÍPIO DE PIRACAIA/SP – CHUVA DIÁRIA (mm) DO ANO DE 2003**

Os dados, que constam na Tabela D.1, foram obtidos do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH no Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo (65) que tratam de chuva diária (mm) do Ano de 2003 para: Município – Piracaia/SP; Prefixo – E3-229; Nome – Crioulos; Altitude – 990 m; Latitude – 23°04'; Longitude – 46°18'; Bacia – Cachoeira.

Na Tabela D.1, pode-se observar o seguinte:

- meses mais chuvosos, em total de chuva: janeiro (365.5 mm), dezembro (197.2 mm) e novembro (152.3 mm);
- meses menos chuvosos, em total de chuva: junho (7.7 mm), julho (34.5 mm) e agosto (37.7 mm);
- meses com mais dias de chuva: janeiro (16), novembro e dezembro (14);
- meses com menos dias de chuva: junho (01), julho (02) e abril, agosto e setembro (06);
- para cálculo de chuva num período, no caso, semanal, a contagem é feita considerando o dia e os 06 dias anteriores, por exemplo, na semana de 12/08 a 06/08, teve-se o total de 7,8 mm de chuva, grafado em azul e mensal, conta o dia e os 29 dias anteriores, por exemplo, no período de 20/12 a 21/11, teve-se o total de 158,7 mm, grafado em vermelho.

Com os dados acima, conclui-se que o período menos chuvoso está compreendido entre os meses de junho a agosto e o mais chuvoso entre outubro a dezembro, que podem ser denominados de estação seca e chuvosa, respectivamente.

Tabela D.1. Chuva diária (mm) do ano de 2003 do Município de Piracaia/SP

Dia	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	26.8
02	12.3	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	12.6
03	8.6	0.0	0.7	0.0	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
04	10.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2
05	7.5	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
06	1.2	0.0	0.0	0.0	8.9	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.3
07	0.0	0.0	26.1	7.4	2.7	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	18.5	0.0
08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	26.3	0.0	0.0
09	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	6.9
10	0.0	0.0	12.2	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
11	34.5	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	25.0	0.0	14.9	40.3	0.0	0.0
12	12.2	0.0	20.4	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0	3.5	30.5	0.0	0.5
13	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
14	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	0.5	1.7	29.6	0.0
15	1.5	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	6.2
16	20.2	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	51.5	15.8	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	25.1	13.1
18	21.8	37.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	15.3	2.8
19	11.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	10.2	4.0	6.1	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0
21	0.0	0.0	5.7	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3
22	50.4	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	14.2
23	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4
24	12.3	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
25	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
26	14.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	2.8	0.0
27	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.9	0.0
28	11.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	24.7	0.0
29	8.2	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	18.7	0.8	17.9
30	6.5	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	16.2	2.1	0.0
31	10.1	-	0.0	-	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0	-	0.0
TCM	365.5	88.4	133.3	51.1	61.8	7.6	34.5	37.7	30.8	140.1	152.3	197.2
QDC	24	09	12	06	05	01	02	06	06	09	14	14
QD10	16	02	04	03	03	0	01	02	01	05	06	08

Fonte: Adaptado de SIGRH (65)

Sendo: Linhas acrescentadas: TM = Total de chuva no mês em mm; QDC = Quantidade de dias com chuva no mês; QD10 = Quantidade de dias com chuva com mais de 10 mm no mês.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

---

- 1- ABDELRAHMAN, M.; SHARAF, E. **Use of Field Data in Calculating Cost of Earth Road Maintenance**. Transportation Research Record 1304, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, pp. 32-37.
- 2- AGG, T.R. **Construção de Estrada e Pavimentações**. Tradução e adaptação por MIRANDA, P.M. de. Rio de Janeiro: Gertum Carneiro, 1947. 519 p. Título original: The Construction of Roads and Pavements.
- 3- ASFALTAR nem sempre é a solução adequada. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 08 mar. 2000. Disponível em <http://www.estado.estadao.com.br/jornal>. Acesso em: 11 jul. 2000.
- 4- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO, ABPv. **Informativo Técnico sobre Estradas de Terra**. Normas de Projeto e Política de Manutenção Utilizando o Programa Detour – Deterioration of Engineered Unpaved Roads. Version 1.0 do Banco Mundial. Boletim Técnico nº 19. Rio de Janeiro, RJ, 2000. 23 p.
- 5- BERGER, L.; GREENSTEIN, J. **Simplified Procedures to Manage the Maintenance of Low-Volume Roads**. Transportation Research Record 1106, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp. 201-210.
- 6- BERKSHIRE REGIONAL PLANNING COMMISSION; MASSACHUSETTS DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, BUREAUS OF RESOURCE PROTECTION; U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY REGION 1. **The Massachusetts Unpaved Roads BMP (Best Management Practices) Manual: A**

Guidebook on How to Improve Water Quality While Addressing Common Problems. Project 98-06/319. Inverno 2001. 98 p. Disponível em <http://www.state.ma.us/dep/brp/wm/files/dirtroads.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2002.

- 7- BHANDARI, A., et al. **Technical Options for Road Maintenance in Developing Countries and the Economic Consequences**. Transportation Research Record 1128, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp.18-27.
- 8- BOLANDER, P.; YAMADA, A. **Dust Palliative Selection and Application Guide**. San Dimas Technology and Development Center. San Dimas, California – EUA, Novembro 1999. 19 p. Disponível em <http://fsweb.sdtc.wo.fs.fed.us>. Acesso em: 22 nov. 2002.
- 9- BUENO, E. **Naufragos Traficantes e Degredados**. Coleção Terra Brasilis. Volume II. Ed. Objetiva.
- 10- CALVER, E.C.; HAIAR, K.; WILSON, E.M. **Development of a Field Evaluation Guide for Unpaved Rural Roads**. Transportation Research Record 1652, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, pp.86-89.
- 11- CAREY, W.N.JR; IRICK, P.E. **The Pavement Serviceability Performance Concept**. Highway Research Board, HRB, Bulletin Nº 250. Washington, D.C., 1960, pp. 40-58.
- 12- CARMO, A.J. Plano de microbacias ajuda a conservar estradas rurais. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 08 de mar. de 2000. Suplemento Agrícola. Disponível em <http://www.estado.estao.com.br/jornal/suplem...08/agri305.html>. Acesso em: 11 jul. 2003.
- 13- CHOCTAWHATCHEE, PEA and YELLOW RIVERS WATERSHED MANAGEMENT AUTHORITY. **Recommended Practices Manual: A Guideline for Maintenance and Service of Unpaved Roads**. Dothan, Alabama, EUA, Fevereiro 2000. 69 p. Disponível em <http://www.epa.gov/owow/npsunpavedroadsonly>. Acesso em: 25 jan. 2003.
- 14- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO, CODASP. **Treinamento para Operadores e Técnicos em “Conservação de Estradas Rurais”**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. São Paulo, SP, 2002.
- 15- D’ÁVILA, A.L.M.; JORGE, R.R.; SÓRIA, M.H.A. **Uma Nova Especificação de Materiais para Revestimento Primário**. Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv

.1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro, RJ, Outubro 1997, pp. 57-62.

- 16- \_\_\_\_\_. **New Specification of Material for Surfacing Unpaved Roads**. Transportation Research Record 1652, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1999, vol. 02, pp. 59-64.
- 17- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE, DNIT. **2º Manual de Rodovias Vicinais**. Rio de Janeiro, RJ, 1979.
- 18- \_\_\_\_\_. **Conservação de Estradas Não Pavimentadas**. Rio de Janeiro, RJ, 1981. 151 p.
- 19- DEPARTMENT OF THE ARMY. Technical Manual 5-822-12. **Design of Aggregate Surfaced Roads and Airfields**. Washington, D.C., EUA, Setembro 1990. 19 p. Disponível em <http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs>. Acesso em: 15 jul. 2003.
- 20- DIBIASO, M. **Ditch Basics**. T<sup>2</sup> University of New Hampshire Technology Transfer- UNH T<sup>2</sup> Center. Durham, NH, EUA, Janeiro 1996. Disponível em <http://www.t2.unh.edu>. Acesso em: 22 dez. 2002.
- 21- \_\_\_\_\_. **When Should I Pave a Gravel Road?** T<sup>2</sup> University of New Hampshire Technology Transfer- UNH T<sup>2</sup> Center. Durham, NH, EUA, Primavera 2002. Disponível em <http://www.t2.unh.edu/spring02/pg5.html>. Acesso em: 22 dez. 2002.
- 22- DIERKS, K. **Technical Aspects for Appropriate Low-Volume Roads in Namibia**. Berlim, 1992. Disponível em <http://www.klausdierks.com>. Acesso, em: 05 out. 2002.
- 23- EATON, R.A.; BEAUCHAM, R.E. **Unsurfaced Road Maintenance Management**. U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special Report 92-26. Washington, D.C., EUA, Dezembro, 1992. 62 p.
- 24- EATON, R. A.; GERARD, S.; DATTILO, R. S. **A Method for Rating Unsurfaced Roads**. Transportation Research Record 1106, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp. 34-43.
- 25- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTE, GEIPOT.

**Anuário Estatístico dos Transportes: Rede Rodoviária.** Sistema de Informações do Anuário Estatístico dos Transportes, SISAET. Disponível em <http://www.geipot.gov.br>. Acesso em: 05 nov. 2002.

- 26- ENCARTA Encyclopedia 2000: **Road - V. History of Road Construction.** Microsoft, 2000.
- 27- ESTRADAS.COM.BR **.História das Rodovias:** Caminho do Mar; União e Indústria; e Washington Luís. Disponível em <http://www.estradas.com.br>. Acesso em: 15 nov. 2002.
- 28- FAIZ, A.; STAFFINI, E. **Engineering Economics of the Maintenance of Earth and Gravel Roads.** Transportation Research Record 702, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1979, pp. 260-268
- 29- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, FHWA; U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Public Road Length – 2000. Highway Statistics 2000.** Disponível em <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/hs00/hm12m.htm>. Acesso em : 01 dez. 2002.
- 30- \_\_\_\_\_. **Problems Associated With Gravel Roads.** Publication N° FHWA-SA-98-045. EUA, Maio 1998. 143 p.
- 31- FELEX, J. B. **O Papel das Universidades no Treinamento de Especialistas de Manutenção de Rodovias.** Seminário Provincial – Região Sul-Sudeste, 71. Coletânea de Palestras. São Paulo: IPC-PIH, 1993.
- 32- FERNANDES, E.S. et al. **Tratamento Anti-Pó em Vias de Terra.** 29ª Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá, MS, Outubro 1995, pp.436-451 – Volume 3.
- 33- FILHO, CARLOS B. **A Conservação de Estradas Vicinais:** crime ecológico praticado por algumas administrações públicas municipais. Disponível em <http://juristributario.com.br/conservest> . Acesso em: 01 dez. 2002.
- 34- FILHO, GLAUCO P.; FELEX, J.B.; RODRIGUES, J.K.G. **Automatização do Cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG.** 7ª Reunião de Pavimentação Urbana. São José dos Campos, SP, Junho 1996, pp. 239-262.
- 35- FLUHARTY, D. **PWMS.** Analysis of PCI for Unpaved Road Sections [mensagem

pessoal]. Mensagem recebida por < [fnmutti@uol.com.br](mailto:fnmutti@uol.com.br) > em 05 fevereiro 2004.

- 36- FONTENELE, H. B. **Estudo para Adaptação de Um Método de Classificação de Estradas Não Pavimentadas às Condições do Município de São Carlos-SP**. 2001. 227 p. Dissertação (Mestrado em Transporte) . Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- 37- GONGERA, K.; PETTS, R. **A Tractor and Labour Based Routine Maintenance System for Rural Roads**. IRF Paris, 2001. 16 p.
- 38- GREENSTEIN, J.; LIVNEH, M. **Pavement Design of Unsurfaced Roads**. Transportation Research Record 827, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1981, pp. 21-26.
- 39- HARRAL, C.G.; FAIZ, A. **Road Deterioration in Developing Countries: causes and remedies**. The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. Washington, D.C., EUA, 1988. 59 p. Disponível em [http://www.worldbank.org/transport/publicat/twu\\_26.pdf](http://www.worldbank.org/transport/publicat/twu_26.pdf). Acesso em: 16 nov. 2002.
- 40- HASLEHNER, W. **European Design Guidelines for Low-Volume Roads**. Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv. 1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro-RJ, Outubro 1997, pp. 207-217.
- 41- HORTA, J.C. de O.S. **Rehabilitation and Upgrading Design of Earth and Gravel Roads in Tropical Developing Countries**. Transportation Research Record 1291, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, vol. 01, pp. 215-223.
- 42- HUDSON, W.R.; MEYER, A.H. **Guidelines for Material Requirements of Low Volume Roads**. Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv . 1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro, RJ, Outubro 1997. pp. 12-21
- 43- INSTITUTO CEPA/SC, Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Avaliação do Projeto Microbacias - Relatório de Avaliação Final - Componente: Controle de Erosão ao Longo de Estradas Rurais**. Florianópolis-SC, 1999. Disponível em <http://www.icepa.com.br>. Acesso em: 11 jul. 2003.
- 44- INSTITUTO PANAMERICANO DE CARRETERAS BRASIL, IPC/BR . **Manual**

**Internacional de Manutenção Rodoviária – AIPCR/PIARC:** Guia Prático para Manutenção de Rodovias Rurais. Volume II de IV – Manutenção de Estradas Não-Pavimentadas. 1994. 321 p.

- 45- \_\_\_\_\_. **Manual Internacional de Manutenção Rodoviária - AIPCR/PIARC:** Guia Prático para Manutenção de Rodovias Rurais. Volume I de IV: Manutenção das Faixas de Domínio e Drenagem. 1994.
- 46- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS do ESTADO de SÃO PAULO S.A, IPT/SP. **Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação.** 2ª edição, 1988. 125 p.
- 47- IOWA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION OFFICE OF DESIGN. **Pavement: Granular Surfacing.** In: Design Manual. Iowa, EUA, 1997. Disponível em <http://www.dot.state.ia.us/design>. Acesso em: 10 nov. 2002.
- 48- JAMSA, H. **Maintenance and Rating of the Condition of Gravel Roads in Finland.** Transportation Research Record 898, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1983, pp. 354-356.
- 49- JÚNIOR, J.P.; SZABÔ, L.C. **Avaliação Comparativa de Segmentos Rodoviários Experimentais em Rodovias com Baixo Volume de Tráfego.** Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv . 1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro, RJ, Outubro 1997, pp. 242-263.
- 50- KIRCHNER, H.; GALL, J.A. **Liquid Calcium Chloride for Dust Control and Base Stabilization of Unpaved Road Systems.** Transportation Research Record 1291, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, vol. 02, pp. 173-178
- 51- LEBO, J.; SCHELLING, D. **Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure: Ensuring Basic Access for Rural Communities.** World Bank Technical Paper N°. 496. Washington, D.C., EUA, 1991. 91 p. Disponível em <http://www.worldbank.org>. Acesso em: 06 nov. 2002.
- 52- LUNSFORD. G.B.; MAHONEY, J.P. **Dust Control on Low Volume Roads: A Review of Techniques and Chemicals Used.** Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Report N° FHWA-LT-01-002, Maio 2001. 51 p.
- 53- MARTIN, J.M. **Vias Agrícolas y Forestales.** Revista Técnica de La Asociacion Espanola

de La Carretera, 4ª Época, Nº 68, Dezembro 1993, pp. 33-49.

- 54- MATHEUS, N. Por que preservar as estradas rurais. **Revista CREA/SP** - Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia de São Paulo, 4ª edição, São Paulo, dez. 2002, pp. 28. Disponível em <http://www.creasp.org/revista>. Acesso em: 11 jul. 2003.
- 55- MELLO, J.C.; GALL, N. **Encruzilhada nos Transportes**. Instituto Bernard Braudel de Economia Mundial: Publicações Braudel Papers. Edição Nº 19, 1997. Disponível em <http://www.braudel.org.br/public.html>. Acesso em: 11 jan. 2001.
- 56- MURATI, J.M., et al. **Conservación de Redes por Procesos Reingeniería Aplicada**. IPC – Instituto Panamericano de Carreteras – PIH – Pan American Institute of Highways. Documentos, 1999.
- 57- NATIONAL ASSOCIATION OF COUNTY ENGINEERS. **Blading Aggregate Surfaces**. Training Guide Series. Washington, D.C., EUA, 1974. Revisado e Reeditado, 1990. 49 p.
- 58- ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. 113 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP.
- 59- ODA, S.; JÚNIOR, J.L.F.; SÓRIA, M.H.A. **Alocação de recursos para Atividades de Manutenção e Reabilitação de Estradas Não-Pavimentadas**. Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv. 1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro-RJ, Outubro 1997. pp. 601-616.
- 60- \_\_\_\_\_. **Caracterização e Levantamento da Condição das Estradas Municipais para Fins de Gerência de Vias**. 7ª Reunião de Pavimentação Urbana. São José dos Campos-SP, Junho 1996. pp. 312-326.
- 61- OGLESBY, C.H.; HICKS, R.G. **Gravel and Crushed Rock Roads: Stabilized Roads**. In: Highway Engineering. Fourth Edition. John Wiley & Sons, pp. 627-637.
- 62- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD e INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT, BIRD – WORLD BANK. **Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume1: Manual for Developing Countries**. Paris, 1990. 115 p.

- 63- \_\_\_\_\_. **Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume 2: Damage Catalogue for Developing Countries.** Paris, 1990. 91 p.
- 64- \_\_\_\_\_. **Road Maintenance Management Systems in Developing Countries.** Paris, 1995. 205 p.
- 65- **PIRACAIA – PREFIXO: E3-229.** Chuva Diária (mm) – Ano: 2003. Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, SIGRH. Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe>. Acesso em: 20 fev 2004.
- 66- PRICE, D. **Synthesis of Road Evaluations and Experience. Evaluation Report EV587.** World Bank. Disponível em <http://www.dfid.gov.uk/policieandpriorities/files/nsc/ev-587.htm>. Acesso em: 25 nov. 2002.
- 67- RIVERSON, J.D.N.; SCHOLER, C.F. **Unpaved Roads Maintenance Management: A Guide for Counties, Cities, and Towns in Indiana.** Purdue University – School of Civil Engineering, EUA, Publication N°. H-87-3. 39 p.
- 68- \_\_\_\_\_. **Effects of County Highway Management Practices on Maintenance Costs for Unpaved Roads in Indiana.** Transportation Research Record 1055, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1986, pp. 26-33
- 69- RIVERSON, J.D., et al. **Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana.** Transportation Research Record 1128, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp. 53-61.
- 70- RIVERSON, J.; GAVIRIA, J.; THRISCUTT, S. **Rural Roads in Sub-Saharan Africa: Lessons from World Bank Experience.** World Bank Technical Paper Number 141, Africa Technical Department Series, 1991. 68 p. Disponível em <http://www.worldbank.org/arf/ssatp/techpaper/tp141.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2002.
- 71- ROBERTS, P.; ROBINSON, R. **Need to Set Priorities for Road Maintenance in Developing Countries.** Transportation Research Record 898, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1983, pp.347-354.
- 72- RODGHER, S. F.; ODA, S. **Previsão de Defeitos em Estradas Não-Pavimentadas**

**através do Uso de Redes Neurais Artificiais.** Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv .1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro,RJ, Outubro 1997, pp. 617-626.

- 73- SANTA CATARINA. Departamento de Estradas e Rodagem – DER. Concorrência – Edital n. 106/97. Anexo N° 05. Caderno de Especificações e Cláusulas Técnicas. Florianópolis, SC, 01 set. 1997. 35 p. Disponível em <http://www.zietlow.cm/docs>. Acesso em: 17 jul. 2003.
- 74- SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA. Lei n. 3.362/98. Cria o conselho de conservação viária e o fundo municipal de conservação viária de Santo Antônio da Patrulha e da outras providências. Disponível em <http://www.zietlow.com/docs>. Acesso em: 17 jul. 2003.
- 75- SÃO PAULO. **Decreto n. 41.721, de 17 de abril de 1997.** Institui o Programa “Melhor Caminho” e estabelece diretrizes para sua execução. Publicado pela Secretaria de Estado do Governo e Gestão Estratégia, aos 17 de abril de 1997. Disponível em <http://www.codasp.sp.gov.br>. Acesso em: 07 jul. 2003.
- 76- SÃO PAULO. **Decreto n. 44.869, de 9 de maio de 2000.** Institui o Programa de Melhoria das Estradas Municipais – PRO-ESTRADA – e dá outras providências correlatas. Publicado pela Secretaria de Estado do Governo, 2000. Disponível em <http://www.codasp.sp.gov.br>. Acesso em: 07 jul. 2003.
- 77- SHAHIN, M.Y. Pavement Condition Survey and Rating Procedure, Appendix F - Unsurfaced Roads: Distress Definitions and Deduct Value Curves. In: **Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots.** Chapman&Hall: New York, NY, EUA, 1994, pp. 160-268, 421-435.
- 78- SKORSETH, K. **Gravel Roads: Maintenance and Design Manual.** South Dakota Local Transportation Assistance Program (SD LTAP). South Dakota, EUA, Novembro 2000. 64 p. Disponível em <http://www.epa.gov/owow/nps/gravelman.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2002.
- 79- SMITH, G.; HARRAL, C. **Road Deterioration in Developing Countries: Financial Requirements.** Transportation Research Record 1128, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp. 28-35.
- 80- SPOKANE COUNTRY AIR POLLUTION CONTROL AUTHORITY. **Controlling Dust In Spokane County.** Spokane, WA, EUA. 8 p. Disponível em <http://www.scapca.org>.

Acesso em: 11 out. 2002.

- 81- SROMBOM, R.D. **Maintenance of Aggregate and Earth Roads**. Washington State Department of Transportation: Olympia, WA, EUA, 1987. Reeditado, Novembro, 1994. 72 p.
- 82- STORINO, M.; LINO, A.C.L.; FILHO, A.P. **Estradas Rurais Diretrizes para Construção e Conservação**. Divulgação Técnica – IAC. Centro de Mecanização e Automação Agrícola. Ano II. São Paulo, Janeiro 2000, Boletim nº 13. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2001.
- 83- THAGESEN, B. **Highway and Traffic Engineering in Developing Countries**. London: E & FN SPON, First Edition 1996. 477 p.
- 84- TOLEDO, P.E.N.; AMARAL, A.M.P; ROCHA, M.B. **Avaliação Econômica do Programa Estadual “Melhor Caminho” nos Municípios de Ibitinga e Ubatuba**. Instituto de Economia Agrícola – IEA. São Paulo, 2000. Disponível em <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2002.
- 85- TRANSPORT and ROAD RESEARCH LABORATORY. **A Guide to Geometric Design**. Overseas Road Note 6. Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1988. 29 p. Disponível em [http://www.transport\\_links.org/transport-links](http://www.transport_links.org/transport-links). Acesso em: 05 dez. 2002.
- 86- \_\_\_\_\_. **A Guide to Road Project Appraisal**. Overseas Road Note 5. Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1998. 110 p. Disponível em [http://www.transport\\_links.org/transport-links](http://www.transport_links.org/transport-links). Acesso em: 05 dez. 2002.
- 87- \_\_\_\_\_. **Maintenance Management for District Engineers (2º Edition)**. Overseas Road Note 1. Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1987. 46 p. Disponível em [http://www.transport\\_links.org/transport-links](http://www.transport_links.org/transport-links). Acesso em: 05 dez. 2002.
- 88- \_\_\_\_\_. **Maintenance Techniques for District Engineers**. 2ª Edição. Overseas Road Note 2. Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1987 49 p. Disponível em [http://www.transport\\_links.org/transport-links](http://www.transport_links.org/transport-links). Acesso em: 05 dez. 2002.
- 89- UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE . Technology Transfer Center, T<sup>2</sup>. **Gravel Road Maintenance**: a complementary guide to problems associated with gravel roads. Durban,

NH, EUA, Março 2001. 56 p. Disponível em <http://www.t2.unh.edu>. Acesso em: 21 jul. 2003.

- 90- \_\_\_\_\_. **Road Surface Management System** – RSMS, Workshop Notebook and Reference. Durban, NH, EUA, Maio 2001. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- 91- \_\_\_\_\_. **Field Manual – Identification of Road Surface Conditions: A guide for Users of the Road Surface Management System** . Durban, NH, EUA, Maio 2001. 24 p. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- 92- UNIVERSITY OF WISCONSIN. Transportation Information Center. **Bad drainage can kill your roads**. Wisconsin, Madison, EUA. Crossroads, Spring 1995. Disponível em <http://tic.engr.wisc.edu>. Acesso em: 20 nov. 2002.
- 93- VISSER, A. T. **Low Volume Roads – A Total Cost Perspective**. Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv .1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro-RJ, Outubro 1997. pp. 763-782.
- 94- VISSER A.T.; NIEKERK, V. **The Implementation of Appropriate Technology in the Design of Light Pavement Structures**. Transportation Research Record 1106, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1987, pp. 222-231.
- 95- VISSER, A.T.; VILLIERS, E.M.; HEERDEN, M.J.J.V. **Operational Unpaved Road Management System in the Cape Province of South Africa**. Transportation Research Record 1434, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1994, pp. 77-84.
- 96- VIVIANI, E.; SÓRIA, M.H.A.; SILVA, A.N.R. **A utilização de um sistema de Informação Geográfica como Auxílio à Gerência de Manutenção de Estradas Não-Pavimentadas**. Associação Brasileira de Pavimentação, ABPv .1º Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego. Rio de Janeiro, RJ, Outubro 1997. pp. 589-600.
- 97- WALKER, D.M. **Evaluation and Rating of Gravel Roads**. Transportation Research Record 1291, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, vol. 02, pp. 120-125.
- 98- \_\_\_\_\_. **Gravel-Paser Manual: Pavement Surface Evaluation and Rating**. Wisconsin

Transportation Information Center: Wisconsin, Madison, 1989. 32 p.

- 99- WISCONSIN TRANSPORTATION INFORMATION CENTER. **Dust Control on Unpaved Roads**. Wisconsin Transportation Bulletin N° 13. University of Wisconsin, Madison, EUA, 1997. 6 p. Disponível em: <http://www.tic.engr.wisc.edu-Bulletin>. Acesso em: 18 nov. 2002.
- 100- \_\_\_\_\_. **The Basics of a Good Road**. Wisconsin Transportation Bulletin N° 19. University of Wisconsin, Madison, EUA. 4 p. Disponível em <http://www.tic.engr.wisc.edu-Bulletin>. Acesso em: 18 nov. 2002.
- 101- WYOMING TECHNOLOGY TRANSFER (T<sup>2</sup>) CENTER. **Field Guide for Unpaved Rural Roads**. University of Wyoming, Department of Civil Engineering. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Publication N° FHWA-SA-97-107, Março 1997. 24 p.
- 102- YAPP, M.T.Y.; STEWARD, J.; WTHITCOMB, W.G. **Existing Methods for The Structural Design of Aggregate Roads Surfaces on Forest Roads**. Transport Research Record 1291, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, vol. 02, pp. 41-57.
- 103- YODER, E.J.; WITCZAC, M.W. Bases and Subbases, Condition surveys. In: **Principles of Pavement Design**. John Wiley & Sons, Inc, Second Edition, pp. 375-377, 646-664.
- 104- ZIETLOW, G. **Reforma Financeira e Institucional da Conservação Viária na América Latina e Caribe**. International Road Federation, IRF. Washington, D.C., EUA, Julho 1996. Disponível em <http://www.zietlow.com/docs>. Acesso em: 17 jul. 2003.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

---

ALVES, M.B.M.; ARRUDA, S.M. **Como fazer referências**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, Florianópolis, SC, Setembro 2000. Disponível em <http://www.bu.ufsc.br/framerefer.html>. Acesso em: 20 jun. 2003.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Local Low Volume Roads and Streets**. New York, New York, EUA, Novembro 1992. 170 p.

BLACKWELL, D. **Estatística Básica**. Traduzido por PEREIRA, C.A. de B. e BORGES, W. de S. 2ª ed. Ver. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 143 p. Título original: Basic Statistics.

DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER/SP. **Manual Treinamento Produtivo: Limpeza de Bueiro**. Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 28 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Erosões**. Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 29 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Limpeza de Drenagem da Plataforma**. Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 28 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Revestimento Primário**. Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 34 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Capina Manual**. Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 23 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Reparo Total de Cerca.** Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 33 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Reconformação da Plataforma.** Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 23 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Roçada Mecânica.** Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 24 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Treinamento Produtivo: Reparo Total de Cerca.** Centro de Treinamento Desenvolvimento. Campinas, SP. [199?]. 33 p.

\_\_\_\_\_. **Manual Básico de Estradas Vicinais: Conservação.** Volume II. Diretoria de Engenharia do DER/SP. São Paulo, SP. 1987. 220 p.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, FHWA; PAN AMERICAN INSTITUTE of HIGHWAYS, IPC/PIH. **PIARC Road Maintenance Handbook.** International Road Maintenance Handbook. Practical Guidelines for Rural Road Maintenance. Volume II – Unpaved Roads. Transport Research Laboratory, UK. 1994. 321 p.

\_\_\_\_\_. **PIARC Road Maintenance Handbook.** International Road Maintenance Handbook. Practical Guidelines for Rural Road Maintenance. Volume I – Maintenance of Roadside Areas and Drainage. Transport Research Laboratory, UK. 1994. 321 p.

**GLOSSARY OF GEOLOGY.** Washington, DC: American Geological Institute, 1973. 857 p.

HINDSON, J. **Earth Roads – A Practical Guide to Earth Road Construction and Maintenance.** London: Intermediate Technology Publications Ltd, 1983. Reeditado 1991, 1996. 121 p.

**INSPECTING Unsurfaced Roads.** Produção: U.S. Army Corps of Engineers – Cold Regions Research & Engineering Laboratory. EUA. 1 Videocassete (8 min.): VHS, NTSC, son., color. Narrativa em Inglês.

LAKATOS, E.M; MARCONI, M.de A. **Metodologia do Trabalho Científico.** Editora Atlas. 9ª edição.

**MAINTAINING Gravel Roads in Arkansas:** Smoothing and Reshaping. Produção da University of Arkansas. EUA. 1 Vídeocassete (28 min.): VHS. NTSC, son., color. Narrativa em Inglês.

**PATCHING Unpaved Roads.** Produção de Roy Jorgensen Associates, Inc. Editado por International Road Federation em cooperação do Ministério da Comunicação de Kingdow. África do Sul. 1985. 1 Vídeocassete (28 min.): VHS. NTSC, son., color. Narrativa em Inglês.

RUSSO, M. et al. **Manual para Elaboração e Normalização de Dissertações e Teses.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Sistema de Bibliotecas e Informação - SIBI, Comitê Técnico de Editoração. 2ª edição revisada e atual. Rio de Janeiro, RJ, 2001.

SELL, L.L. **English-Portuguese: Comprehensive Technical Dictionary.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976. 1168 p

**SMOOTHING and Reshaping of Earth and Gravel Roads.** Produção de Roy Jorgensen Associates, Inc. Editado por International Road Federation em cooperação do Ministério da Comunicação de Kingdow. África do Sul. 1985. 1 Vídeocassete (20:29 min.): VHS. NTSC, son., color. Narrativa em Inglês.

## APÊNDICES

---

<b>APÊNDICE A - PESQUISA COM USUÁRIOS DA PRC 331 EM RELAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DA VIA E OUTROS.....</b>	<b>194</b>
<b>APÊNDICE B - GPM – RESUMO DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS CONDIÇÕES DAS SUBSEÇÕES, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.....</b>	<b>196</b>
<b>APÊNDICE C - RCS/DVI - INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTRADA: RESUMO DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO, NAS SUBSEÇÕES, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.....</b>	<b>198</b>
<b>APÊNDICE D - ERCI- RESUMO DOS DADOS DAS PLANILHAS DE INSPEÇÃO DE ESTRADA DE TERRA – LEVANTAMENTO DE CAMPO DOS DEFEITOS E PLANILHAS DE CÁLCULO E ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO, PARA AS SUBSEÇÕES AVALIADAS, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.....</b>	<b>208</b>
<b>APÊNDICE E - URCI- RESUMO DOS DADOS DAS PLANILHAS DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA PARA LEVANTAMENTO DE CAMPO, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.....</b>	<b>214</b>
<b>APÊNDICE F - RSMS – INVENTÁRIO E IDENTIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SEÇÃO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA.....</b>	<b>220</b>

## APÊNDICE A

### **PESQUISA COM USUÁRIOS DA PRC 331 EM RELAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DA VIA E OUTROS**

Sendo proposto que a estrada a ser avaliada pelos métodos selecionados deveria apresentar uma classificação das condições superficiais, no mínimo, como regular e, para não utilizar um método de avaliação pesquisado e bem como para se ter uma idéia inicial das condições da via, sem ser a opinião do avaliador, realizou-se uma pesquisa das condições da estrada com os usuários, utilizando a planilha, que se encontra na Figura A.1.

PLANILHA DE PESQUISA – CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS				
DATA:	HORA:	Tempo: sol ( ) nublado ( ) chuvoso ( )		
		Temperatura: quente ( ) moderada ( ) frio ( )		
VEÍCULO – TIPO : ( ) PASSEIO ( ) UTILITÁRIO/OUTROS ( ) CARGA (CAMINHÕES)				
PROVENIÊNCIA	P1:	BV-EJ ( )	BV-AB ( )	EJ-BV ( ) AB-BV ( )
	P2:	AB-EJ ( )	AB-BV ( )	EJ-AB ( ) BV-AB ( )
UTILIZAÇÃO DA VIA			QUANTIDADE	
	DIA			
	SEMANA			
	OCASIONAL			
RESIDENTE NO TRECHO – NÃO ( ) SIM ( ) – ONDE:				
CONSIDERA A ESTRADA NO TRECHO QUE UTILIZA – REFERENTE A:				
CONFORTO	EXCELENTE ( )	BOA ( )	REGULAR ( )	RUIM ( ) PÉSSIMA ( )
SEGURANÇA	EXCELENTE ( )	BOA ( )	REGULAR ( )	RUIM ( ) PÉSSIMA ( )
NOTA DA ESTRADA MEDIANTE AO CONFORTO E SEGURANÇA DE 0 a 10				NOTA:
QUE DEFEITO É MAIS FREQUENTE				
QUAL INTERFERE MAIS PARA DIRIGIR				
QUAL É MAIS DESCONFORTÁVEL				
VELOCIDADE MÉDIA EM TRECHO	BOM	km/h	RUIM	km/h
			GERAL	km/h

Figura A.1. Planilha de pesquisa – condições das estradas não-pavimentadas

A pesquisa das condições da estrada PRC331 foi realizada entre os dias 5 a 8 de agosto de 2003 e foram entrevistados 50 usuários, que em relação às questões que constam na Planilha de Pesquisa obteve-se os seguintes resultados, conforme a Tabela A.1.

Tabela A.1. Resultados dos dados da pesquisa com os usuários da PRC331

	Tipo de veículo/Quantidade							
	Passeio	30	Utilitários/outras	12	Caminhões		08	
Questões	Condições da estrada em relação à segurança	Classificação	Pés.	Ruim	Reg.	Bom	Exc.	
		Quantidade	02	07	10	31	0	
	Condições da estrada em relação ao conforto	Classificação.	Pés.	Ruim	Reg.	Bom	Exc.	
		Quantidade	01	12	14	23	0	
	Nota da estrada – escala de 0 a 10	Notas	0	1	2	3	4	
		Quantidade	04	0	0	03	05	
		Notas	5	6	7	8	9	10
		Quantidade	07	08	09	12	02	02
	Vm - Velocidade média (km/h) desenvolvida na estrada	Vm (km/h)	20	30	40	50	60	
		Quantidade	03	12	26	07	02	
	Residente na estrada	Opção	Sim			Não		
		Quantidade	20			30		
	Utilização da estrada	Vezes/Dia	2	3	4	6		
		Quantidade	12	04	03	01		
		Vezes/semana	1	2	3	4	6	
		Quantidade	03	10	04	02	01	
		Ocasional	10					
	Defeitos							
	Tipos mencionados	Mais freqüente	Mais interfere na dirigibilidade	Mais desconfortável				
	Nenhum	3	3	3				
Poeira	3	3	6					
Ondulação	19	19	17					
Buracos	14	14	12					
Curvas	3	3	3					
Pistas estreitas	5	4	6					
Pedras soltas	1	2	1					
Atoleiro (Barro)	1	1	1					
Animal na pista	1	1	1					

Sendo: Pés. – Péssima; Reg. – Regular e Exc. - Excelente.

## **APÊNDICE B**

### **GPM – RESUMO DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS CONDIÇÕES DAS SUBSEÇÕES, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

- Data da Avaliação: estação seca - 10/08/03 e estação chuvosa – 15/12/03
- Subseções: comprimento- 1,0 km em média, sendo: 01 – PRC 333 ao km 2; 02 - do km 2 ao km 3; 03 – km 3 ao km 4; 04 – km 4 ao km 5; e 05 – km 5 à SP 063
- Tempo: sol e seco
- Equipamentos utilizados: veículo automotivo de passeio, trena, régua, gabarito com nível de bolha para seção transversal.

Nas Tabelas B.1 e B.2, apresentam-se um resumo das notas e as classificações dos defeitos e condições gerais das subseções, as respectivas médias e a classificação final da avaliação do trecho experimental dos dados de levantamento de campo na estação seca e chuvosa, respectivamente.

Significado das abreviaturas nas Tabelas B.1 e B.2: STI- seção transversal inadequada; DLI- drenagem lateral inadequada; ESC- espessura de cascalho; OND- ondulações; ATR- afundamento de trilha de rodas; BUR- buracos; SEA- segregação de agregados; POE- poeira; e COG- condições gerais.

O cálculo da Média das Subseções = Total (subseção)/Qtde. Def. Avaliados (Quantidade de Defeitos Avaliados na subseção)

Tabela B.1. GPMs – Notas e classificações dos defeitos e condições gerais das subseções avaliadas na estação seca

Defeitos	Subseções					Média das Notas atribuídas
	01	02	03	04	05	
STI	2	2	2	3	3	2.4
DLI	2	3	2	3	3	2.6
ESC	2	2	2	-	-	2.0
OND	3	4	4	4	3	3.6
ATR	2	3	2	3	3	2.6
BUR	3	3	2	2	2	2.4
SEA	2	2	3	-	-	2.3
POE	3	3	3	3	3	3.0
COG	2	2	2	3	3	2.4
Total	21	24	22	21	20	23.3
Qtde. Def. Avaliados	9	9	9	7	7	9
Média das Subseções*	2.3	2.6	2.4	3.0	2.9	2.6
						2.6
Classificação	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

Tabela B.2. GPMc – Notas e classificações dos defeitos e condições gerais das subseções avaliadas na estação chuvosa

Defeitos	Subseções					Média das Notas atribuídas
	01	02	03	04	05	
STI	1	2	1	2	1	1.6
DLI	1	2	1	2	2	1.8
ESC	2	2	2	-	-	2.0
OND	3	3	3	4	3	3.0
ATR	2	2	2	2	2	2.0
BUR	2	2	1	2	1	1.8
SEA	2	2	1	-	-	1.7
POE	3	3	3	3	3	3.0
COG	2	2	2	2	2	2.0
Total	18	20	16	17	14	19.1
Qtde. Def. Avaliados	9	9	9	7	7	9
Média das Subseções*	2.0	2.2	1.8	2.4	2.0	2.1
						2.1
Classificação	Ruim	Regular	Ruim	Regular	Ruim	Regular

## APÊNDICE C

### **RCS/DVI - INSPEÇÃO DA CONDIÇÃO DE ESTRADA: RESUMO DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DAS SUBSEÇÕES, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

- Data da Avaliação: estação seca -11/08/03 e estação chuvosa - 18/12/03;
- Subseções: comprimento - 0,5 km (500 m) para o DVI, para o RCS foi avaliada o trecho todo, dividindo em 5 subseções, sendo cada uma com o comprimento de 1 km, conforme se dividiu para o GPM. Em relação às subseções para o DVI têm-se: 01 – início (PRC333) ao km1; 02 – 250 m antes e depois do km 2; 03 - 250 m ante e depois do km 3; 04 – início no km 4 ao km 5; e 05 – início na SP063 (fim) ao km 5;
- Tempo: estação seca - sol e seco e estação chuvosa – nublado, quente e com chuvas nos dias anteriores;
- Equipamentos utilizados: veículo automotivo de passeio, trena, régua, gabarito com nível de bolha para seção transversal.

Utilizou a Planilha da Figura 4.1 (pág. 65), as definições, métodos de inspeção e critérios de avaliação, conforme as Tabelas A.1 a A.5 do Anexo A, para a avaliação do RCS.

As subseções foram percorridas em um automóvel na velocidade média de 40 km/h, em trechos possíveis. Na maior parte a velocidade foi inferior, obtendo-se as classificações, conforme as Tabelas C.1. e C .2, para estações seca e chuvosa, respectivamente.

Tabela C.1. RCSs – Levantamento de campo dos defeitos nas subseções na estação seca

Inspeção da Condição de Estrada		Estrada/Classe: PRC331		Seção Principal Nº		
- RCS: Estrada Pavimentada e Não-pavimentada		INÍCIO: PRC 333		km: Início		
		FIM: SP 063		km: 05 + 600		
Departamento: Transportes		Distrito: Piracaia				
Inspetor: Fábio Mutti Ferreira		Tipo Pav.: Terra/casc.		Largura Pista: 5.0 m Seção: 5.6 Km		
Data: 11/08/2003	Tempo: ( x ) claro	Pista: ( x ) seca		Resumo		
	( ) chuvoso	( ) secando ( ) molhada		Média	Pista: <b>3.4</b>	
Subseção - Nº		01		02		
Quilometragem da subseção		Início		km 2		
Lateral da Estrada		e d		e d		
Condição da pista		1 2 1 2 1 2 1 2		1 2 1 2 1 2 1 2		
		3 4 3 4 3 4 3 4		3 4 3 4 3 4 3 4		
		5 5 5 5		5 5 5 5		
Defeito predominante						
Tipo de defeito		e d		e d		
Elementos da lateral da estrada	Acostamento	Deformação	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
		Erosão	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Drenagem Lateral	Sedimentação	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
		Erosão	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Entulho/Invasão de Vegetação		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Obstáculos/Obstrução		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Outros:		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Média da Condição		8 + 8 = 16	8 + 8 = 16	6 + 6 = 12	6 + 6 = 12
		16 : 8 = 2	16 : 8 = 2	12 : 8 = 1.5	12 : 8 = 1.5	
Equipat° Sinalização Viária	Quilometragem - km					
	Sujo		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Danificado		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
	Faltado		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	
Outros:		1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2	1 2 1 2 1 2 1 2		

Observações: Os valores em negrito e em tamanho maior são as notas atribuídas na avaliação; A estrada apresenta-se sem acostamento e sem sinalizações e equipamentos viários.

Tabela C.2. RCS - Levantamento de campo dos defeitos nas subseções na estação chuvosa

Inspeção da Condição de Estrada		Estrada/Classe: PRC331				Seção Principal Nº						
- RCS: Estrada Pavimentada e Não-pavimentada		INÍCIO: PRC 333				km: Início						
		FIM: SP 063				km: 05 + 600						
Departamento: Transportes		Distrito: Piracaia										
Inspetor: Fábio Mutti Ferreira		Tipo Pav.: Terra/casc.			Largura Pista: 5.0 m		Seção: 5.6 Km					
Data: 18/12/2003	Tempo: ( ) claro	Pista: ( ) seca			Resumo		<b>Pista: 4.4</b>					
	( x ) chuvoso	( x ) secando ( ) molhada			Média		Lateral: 2.15					
Subseção - Nº		01		02		03		04		05		
Quilometragem da subseção		Início		km 2		km 3		km 4		Fim		
Lateral da Estrada		e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	
Condição da pista		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	<b>4</b>	3	4	3	<b>4</b>	3	4	3	<b>4</b>	
		5	5	5	5	<b>5</b>	5	5	5	5	<b>5</b>	
Defeito predominante												
Tipo de defeito		e	d	e	d	e	d	e	d	e	d	
Elementos da lateral da estrada	Acostamento	Deformação	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Drenagem Lateral	Erosão	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Drenagem Lateral	Sedimentação	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
	Drenagem Lateral	Erosão	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Entulho/Invasão de Vegetação		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Obstáculos/Obstrução		<b>1</b>	2	<b>1</b>	2	<b>1</b>	2	<b>1</b>	2	<b>1</b>	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Outros:		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Média da Condição		9+9=18		9+9=18		9+9=18		8+8=16		8+8=16		
		18:8=2.25		18:8=2.25		18:8=2.25		16:8=2.0		16:8=2.0		
Equipatº Sinalização Viária	Quilometragem - km											
	Sujo		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
			3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Danificado		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Faltando		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Outros:		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Observações: Os valores em negrito e em tamanho maior são as notas atribuídas na avaliação; A estrada apresenta-se sem acostamento e sem sinalizações

## I- DVIs: Estação seca

O levantamento de campo das subseções na estação seca pelo DVIs se faz necessário devido à avaliação da condição da pista pelo método RCSs ser maior que 3 (três), no caso, a média das notas das subseções para a condição da pista ser igual a 3.4 (Tabela C.1). Na avaliação do DVIs, as medidas de severidade e densidade dos defeitos colhidas em campo, nas subseções, obedeceram o que dispõe as Tabela A.6 e A.7 (Anexo A) e tiveram as seguintes considerações:

i- A perda de declividade foi medida utilizando o gabarito com nível de bolha com seção transversal na ordem de 5%, com comprimento de 180 cm e altura de 20 cm em uma ponta e 11 cm em outra, medindo do meio da pista para lateral direita e para lateral esquerda. Sendo que a diferença de uma ponta para outra é de 9 cm que em relação ao 180 cm de comprimento fornece a declividade de 5%. Portanto as medidas colhidas em campo têm que serem ajustadas com a relação:  $hs = hg - hm$ . Onde:  $hs$  – altura da severidade que falta para o gabarito ficar no nível, que trata da altura a ser considerada;  $hm$  – altura medida em campo;  $hg$  – altura do gabarito, no caso 9 cm, para ficar no nível. As medidas da altura da severidade ajustadas a ser consideradas -  $hs$  serão as médias que constam na Tabela C.3.

Tabela C.3. DVIs -Ajustes das medidas de perda de declividade a ser consideradas na avaliação da estação seca

Lado	Subseções									
	01		02		03		04		05	
	hm	hs	hm	hs	Hm	hs	hm	hs	hm	hs
e	6.5	2.5	5.0	4.0	8.5	0.5	3.0	6.0	8.0	1.0
	8.5	0.5	5.0	4.0	10	-1*	3.0	6.0	7.5	1.5
	Média	1.5	Média	4.0	Média	0.8	Média	6.0	Média	1.2
d	6.5	2.5	3.5	5.5	3.5	5.5	7.0	2.0	3.0	6.0
	15	-6*	7.5	1.5	9.0	0.0	3.0	6.0	4.0	5.0
	Média	1.5	Média	3.5	Média	2.8	Média	4.0	Média	5.5

Sendo:  $hm$  – altura medida em campo e  $hs$  – altura a ser considerada na avaliação, expressas em cm; e – lado esquerdo e d – lado direito e \* trata-se de estrada encaixada, isto é, está sem abaulamento e afundada, neste caso, considerou-se para efeito de cálculo o valor 0.

ii- Para a medida da severidade da espessura de cascalho ser baixa, por exemplo, deveria ter no local 9.0 cm, para a espessura de cascalho considerada (pc) ser de 10.0 cm, que daria uma perda, que é a medida a ser avaliada, de 1.0 cm, ou seja, 10 mm. Porém a medida que consta em campo é a remanescente, isto é, quanto de cascalho ainda existe de revestimento. Neste caso, se faz necessário fazer o ajuste da medida de campo para a medida, que será utilizada no método, pela relação:  $ps = pc - pm$ . Sendo: ps – profundidade de cascalho da severidade a ser utilizada na metodologia; pc – profundidade considerada de cascalho no revestimento, no caso, 10 cm; e pm – profundidade medida em campo. Os valores estão expressos em cm na Tabela C.4 para as respectivas pm.

Tabela C.4. DVIs - Ajustes das medidas de espessura de cascalho a ser consideradas na avaliação da estação seca

Lado	Subseções					04	05
	01		02		03		
	pm	ps	pm	ps	Não tem, trecho sem cascalho. Apenas com pedras encravadas em alguns pontos, em especial nas rampas, especificando um agulhamento	Idem a 03	Idem a 03
e	8.0	2.0	4.0	6.0			
d	5.0	5.0	4.5	5.5			

Sendo: pm – profundidade de cascalho medida em campo e ps – profundidade da severidade de cascalho a ser considerada no método, todos em cm.

iii- Os atoleiros foi medido em relação a sua aparência, que para estação seca apresenta-se com a superfície polida e com rachaduras.

iv- As medidas da densidade foram todas estimadas, porque, como se trata de uma extensão longa (500 m) nas subseções, fica um tanto difícil medir a quantidade dos defeitos em relação à distância que é percorrida. Não se tem a visão da subseção no seu todo, principalmente, devido à estrada possuir várias curvas. Mesmo que fosse uma reta a olho nu ficaria impossível de quantificar o defeito na sua totalidade ao longo do comprimento da subseção.

v- Antes de preencher as Planilhas de Inspeção DVIs e DVIC, Tabelas C.7 e C.8, respectivamente, para maior compreensão do método, elaborou-se a Tabela C.5 e C.6, que tratam das medidas dos defeitos levantadas em campo na estação seca e chuvosa, respectivamente, com as considerações acima descritas.

Tabela C.5. DVIs - Medidas de campo dos defeitos: densidade e severidade na estação seca

Defeitos	Medidas da severidade (S) e densidade (D) dos defeitos em campo nas subseções															
	01			02			03			04			05			
	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	
	e	d		e	d		e	d		e	d		e	d		
ATR	3.0	5.5	< 10	4.0	1.0	< 10	4.5	4.0	< 10	3.0	3.0		1.5	2.5	10-50	
	8.0	5.5		4.0	1.0		4.5	4.0		5.0	4.0		1.0	1.0		
	5.5	5.5	Média	4.0	1.0	Média	4.5	4.0	Média	4.0	3.5	Média	1.2	1.8	Média	
Ondulações	2.5	2.0	10-50	1.0	1.0	< 10	1.0	1.0	< 10	Não tem			2.0	2.0	10-50	
Perda de declividade - I	6.5	15	> 50	5.0	7.5	> 50	8.5	9.0	> 50	3.0	3.0	> 50	8.0	4.0	> 50	
	8.5	6.0		5.0	3.5		10	3.5		3.0	7.0		7.5	3.0		
	1.5	1.5	Média	4.0	3.5	Média	0.8	2.8	Média	6.0	4.0	Média	1.2	5.5	Média	
Esp. de Cascalho-II	8.0	5.0	> 50	4.0	4.5	> 50	2.0	2.0	10-50	Sem cascalho			Sem cascalho			
	2.0	5.0	ps	6.0	5.5	ps	8.0	8.0	ps							
Sulcos	4.0	4.0	< 10	4.0	4.0	< 10	Não tem			3.0	2.0	< 10	Não tem			
Buracos	Não tem			5.5	1.0	< 5	2.5	5.0	< 5	4.0	4.0	5-15	4.0	4.0	5-15	
Atoleiro-III	Não tem			D - %		5-50	D - %		5-50		Não tem			D - %		5-50

Tabela C.6. DVIC - Medidas de campo dos defeitos: densidade e severidade na estação chuvosa

Defeitos	Medidas da severidade (S) e densidade (E) dos defeitos em campo nas subseções															
	01			02			03			04			05			
	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	S - cm		D - %	
	e	d		e	d		e	d		e	d		e	d		
ATR	3.0	5.5	10-50	3.0	4.0	< 10	2.5	3.0	< 10	1.5	3.0	10-50	2.0	2.0	> 50	
				4.0	3.0					5.0	3.0		1.0	1.5		
	3.0	5.5	Média	3.5	3.5	Média			Média	3.2	3.0	Média	1.5	1.8	Média	
Ondulações	3.0	2.0	< 10	2.0	1.5	< 10	2.5	4.0	< 10	Não tem			1.5	2.0	20-50	
Perda de declividade - I	6.0	1.0	> 50	3.0	6.0	> 50	1.0	1.0	> 50	5.0	6.0	> 50	5.0	1.0	> 50	
	4.5	2.0		6.0	6.0					4.0	6.0		3.0	4.0		
	5.2	1.5	Média	4.5	6.0	Média			Média	4.5	6.0	Média	4.0	2.5	Média	
Esp. de Cascalho-II	6.0	7.5	> 50	6.0	2.0	10-50	Sem cascalho			Sem cascalho			Sem cascalho			
Sulcos	5.0	3.5	>50	5.0	4.0	> 50	3.0	3.0	< 10	2.5	0	< 10	2.5	4.5	< 10	
Buracos	Não tem			5.0	5.0	< 5	7.0	7.0	> 15	6.0	6.0	5-15	5.0	5.0	> 15	
Atoleiro-III	Não tem			Não tem			D - %		> 50	D - %		5-50		D - %		5-50

Tabela C.7. DVIs – Planilha de Inspeção na estação seca

<b>INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - DVI</b>													
Departamento: Transportes				Estrada: PRC331				De: PRC 333				km:0.0	
Distrito: Piracaia								Para: SP063				km:5.6	
Nome do inspetor: Fábio Mutti Ferreira						Largura do Pav.: 5.0 m (média)				Comprimento da seção: 5.6 km			
Data: 11/08/2003		Tempo: claro ( x ) chuvoso ( )				Pista: seca ( x ) secando ( ) úmida ( )				Tipo pavimento: Terra/Cascalho			
SUBSEÇÃO (500m)		Nº 01		Nº 02		Nº 03		Nº 04		Nº 05			
LATERAL		e		d		e		d		e		d	
TIPO DE DEFEITO	Severidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
	Densidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Afundamento de trilha de roda - ATR	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Ondulação - OND	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Perda de declividade – PED (STI)	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Espessura de Cascalho-ESC	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Sulcos de erosão - SUE	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Buracos -BUR	< 5%(Nº/100m)	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	5-15%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>15%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Atoleiros- ATO	<5%	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5-50%	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	>50%	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0

Sendo: e - lateral esquerda, d - lateral direita; B- Baixo: 1; M – Médio: 2; A – Alto: 3

## II – Estação chuvosa

O levantamento das condições das subseções pelo DVIC na estação chuvosa também se faz necessário devido à condição da pista pelo RCSc resultar num valor médio maior que 3.0, no caso, 4.4 (Tabela C.2) e seguiram os mesmos procedimentos que foram utilizados na inspeção na estação seca e obtiveram-se os resultados conforme a Tabelas C.6 e, a partir desta, a Tabela C.8 – DVIC - Planilha de Inspeção na Estação Chuvosa.

Tabela C.8. DVIC – Planilha de inspeção na estação chuvosa

<b>INSPEÇÃO VISUAL DETALHADA DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - DVI</b>													
Departamento: Transportes				Estrada: PRC331				De: PRC 333				km:0.0	
Distrito: Piracaia								Para: SP063				km:5.6	
Nome do inspetor: Fábio Mutti Ferreira						Largura do Pav.: 5.0 m (média)				Comprimento da seção: 5.6 km			
Data: 11/08/2003		Tempo: claro ( x ) chuvoso ( )				Pista: seca ( x ) secando ( ) úmida ( )				Tipo pavimento: Terra/Cascalho			
SUBSEÇÃO (500m)		Nº 01		Nº 02		Nº 03		Nº 04		Nº 05			
LATERAL		e	d	e	d	e	d	e	d	e	d		
TIPO DE DEFEITO	Severidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
	Densidade	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Afundamento de trilha de roda - ATR	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Ondulação – OND	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Perda de declividade- PED (STI)	<10%	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1	3	4
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Espessura de Cascalho- ESC	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	3	5	2	3	5	2	3	5	2	3	5
	>50%	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
Sulcos de erosão- SUE	<10%	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	10-50%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>50%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Buracos -BUR	< 5%(Nº/100m)	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
	5-15%	2	4	5	2	4	5	2	4	5	2	4	5
	>15%	3	5	5	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Atoleiros- ATO	<5%	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	5-50%	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
	>50%	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0

Sendo: e - lateral esquerda, d - lateral direita; B- Baixo: 1. M – Médio: 2; A– Alto: 3

Os resultados obtidos do levantamento de campo, pelo método de DVIs,c, estão representados nas Tabelas C.9 e C.10, que tratam do resumo dos valores que constam nas Tabelas C.7 e C.8, bem como dos cálculos das notas médias de cada defeito, de cada subseção por lado (esquerdo e direito), média dos lados e a média da nota atribuída para o trecho experimental (PRC 331) e as respectivas classificações nas estações seca e chuvosa.

Tabela C.9. DVIs – Resumo dos valores atribuídos para cada defeito e cálculos na avaliação da estação seca

Defeitos	Subseções										Classificação por defeitos		
	01		02		03		04		05		Total	Média	Classificação
	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d			
ATR	5	5	4	2	3	3	4	4	1	1	26	3.2	Ruim
Ondulações	3	3	1	1	1	1	1	1	3	3	16	2.0	Bom
PED	5	5	4	4	5	5	3	4	5	3	43	4.3	Péssimo
ESC	4	4	4	4	5	5	-	-	-	-	18	4.5	Péssimo
SUE	3	3	3	3	-	-	3	3	-	-	18	3.0	Regular
Buracos	-	-	5	1	3	5	4	4	4	4	30	3.8	Ruim
Atoleiros	-	-	2	2	2	2	-	-	2	2	12	2.0	Bom
Total	20	20	23	17	19	21	15	16	15	13	Média	3.25	Ruim
QDA	5	5	7	7	6	6	5	5	5	5	<b>Classificação do trecho experimental – PRC 331</b>		
ML	4.0	4.0	3.3	2.4	3.2	3.5	3.0	3.2	3.0	2.6	<b>3.2</b>		
MS <sub>1</sub>	4.0		2.9		3.4		3.1		2.8		<b>Ruim</b>		
CS <sub>1</sub>	Ruim		Regular		Ruim		Ruim		Regular		<b>2.5</b>		
MSt <sub>1</sub>	2.9		2.9		2.7		2.2		2.0		<b>Regular</b>		
CSt <sub>1</sub>	Regular		Regular		Regular		Regular		Regular				

Tabela C.10. DVIC – Resumo dos valores atribuídos para cada defeito e cálculos da avaliação na estação chuvosa

Defeitos	Subseções										Classificação por defeitos		
	01		02		03		04		05		Total	Média	Classificação
	e	d	e	d	e	d	e	d	e	d			
ATR	5	5	4	4	1	1	4	4	3	3	34	3.4	Ruim
OND	3	3	1	1	3	3	X	X	2	2	18	2.25	Regular
PED	5	5	3	3	5	5	4	3	4	4	41	4.1	Falido
ESC	5	5	5	3	5	5	X	X	X	X	18	4.5	Falido
SUE	5	5	5	5	4	4	3	X	3	3	37	4.1	Falido
BUR	X	X	5	5	5	5	5	5	5	5	40	4.0	Ruim
ATO	X	X	X	X	3	3	2	2	2	2	14	2.3	Regular
Total	23	23	23	21	26	26	18	14	19	19	Média	3.52	Ruim
QDA	5	5	6	6	7	7	5	4	6	6	<b>Classificação do trecho experimental – PRC 331</b>		
ML <sub>2</sub>	4.6	4.6	3.8	3.3	3.7	3.7	3.6	3.5	3.2	3.2	<b>3.7</b>		
MS <sub>2</sub>	4.6		3.6		3.7		3.5		3.2		<b>Ruim</b>		
CS <sub>2</sub>	Falido		Ruim		Ruim		Ruim		Ruim		<b>3.0</b>		
MSt <sub>2</sub>	3.3		3.1		3.7		2.3		2.7		<b>Ruim</b>		
CSt <sub>2</sub>	Ruim		Ruim		Ruim		Regular		Ruim				

Sendo nas Tabelas C.9 e C.10: d – lado direito; e – lado esquerdo; QDA – quantidade de defeitos avaliados; MLi – média de cada lado da subseção por quantidade de defeito avaliado; MSi – média da subseção; CSi – classificação da subseção; MSti - média da somatória das notas dos defeitos avaliados na subseção pela divisão do total dos defeitos considerados pela metodologia; CSti – classificação da subseção da nota de MSti; i = 1 – estação seca ou 2 – estação chuvosa; ATR – Afundamento de Trilha de Roda; OND- Ondulações; PED (STI) – Perda de Declividade; ESC – Espessura de Cascalho; SUE – Sulcos de Erosão; BUR- Buracos e ATO- Atoleiros.

## APÊNDICE D

### **ERCI – RESUMO DOS DADOS DAS PLANILHAS DE INSPEÇÃO DE ESTRADA DE TERRA – LEVANTAMENTO DE CAMPO DOS DEFEITOS E PLANILHAS DE CÁLCULO E ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO, PARA AS SUBSEÇÕES AVALIADAS, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

- Data da Avaliação: foram realizadas duas avaliações, sendo a 1ª em 13/08/03 - estação seca e a 2ª em 17/12/03 - estação chuvosa;
- Subseções: comprimento - 100 m, as subseções foram definidas da seguinte forma: 01 – início (PRC333) em direção ao km 1; 02 – 50 m antes e depois do km 2; 03 - início no km 3 em direção ao km 4; 04 – início no km 4 ao km 5; e 05 – início na SP 063 (fim) ao km 5. As subseções foram demarcadas através de estacas e foram percorridas a pé em duas passagens, sendo do fim para o início e do início para o fim;
- Tempo: estação seca - sol e seco e estação chuvosa – chuvas dias anteriores, nublado e quente;
- Equipamentos utilizados: trena, gabarito de madeira para seção transversal (declividade de 5%), régua métrica para medir a profundidade de atrs e buracos;

No levantamento de campo das condições dos defeitos a serem avaliados pelo método, utilizou-se da Planilha de Inspeção de Estrada de Terra – ERCI (Figura 4.5, pág. 70) para cada subseção.

Os defeitos foram avaliados, considerando o que dispõe a descrição dos defeitos de severidade leve (Tabela 4.11, pág. 71), mas os defeitos: falha e erosão de aterro na estrada e estrutura ilegal de irrigação não foram considerados na avaliação, por não serem presentes em boa parte, conforme estudos pesquisados, no território brasileiro e, especialmente, na região estudada. Na planilha, estão preenchidos com traços nas respectivas lacunas e os demais defeitos que estiveram presentes, na ocasião das avaliações, foram preenchidos na planilha com um X, nas lacunas da severidade e da densidade.

Utilizando-se da Planilha de Cálculo e Escala de Classificação do ERCI para avaliação de cada subseção, foram elaboradas de forma resumida as Tabelas D.1 e D.2 com o cálculo e escala de classificação normal (ERCI) e reponderada (ERCIr) das subseções e do trecho experimental (PRC 331), nas estações seca e chuvosa, respectivamente.

Tabela D.1. ERCIs – Resumo dos cálculos das notas dos defeitos e classificação das subseções e trecho experimental na estação seca

Defeito-Nº	FEA	FMC	ALS	STI	ATR	BUR	SUS	EII	PSE	OSE	TDP e TDP <sub>PR</sub>	ERCI <sub>1</sub>	Classificação	
Peso	20	12	15	8	8	8	8	7	7	7				
PR*	0	16	20	11	11	11	11	0	10	10				
01	PS	-	1.0	x	1.0	1.0	x	x	-	0.5	x	-	-	-
	PD	-	0.8	x	1.0	0.4	x	x	-	1.0	x	-	-	-
	DP1	-	9.6	x	8.0	3.2	x	x	-	3.5	x	24.3	75.7	Regular
	<b>DPR1</b>	-	<b>12.8</b>	<b>x</b>	<b>11.0</b>	<b>4.4</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	-	<b>5.0</b>	<b>x</b>	<b>33.2</b>	<b>66.8</b>	<b>Regular</b>
02	PS	-	1.0	x	0.5	0.5	x	x	-	x	x	-	-	-
	PD	-	0.4	x	0.8	0.8	x	x	-	x	x	-	-	-
	DP2	-	4.8	x	3.2	3.2	x	x	-	x	x	11.2	88.8	Bom
	<b>DPR2</b>	-	<b>6.4</b>	<b>x</b>	<b>4.4</b>	<b>4.4</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	-	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>15.2</b>	<b>84.8</b>	<b>Bom</b>
03	PS	-	0.3	0.5	1.0	0.5	0.5	x	-	0.5	x	-	-	-
	PD	-	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4	x	-	0.4	x	-	-	-
	DP3	-	1.4	3.0	6.4	1.6	1.6	x	-	1.4	x	15.4	84.6	Bom
	<b>DPR3</b>	-	<b>1.9</b>	<b>4.0</b>	<b>8.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>x</b>	-	<b>2.0</b>	<b>x</b>	<b>21.1</b>	<b>78.9</b>	<b>Regular</b>
04	PS	-	1.0	0.5	0.5	0.5	x	x	-	x	0.4	-	-	-
	PD	-	1.0	0.8	0.8	0.4	x	x	-	x	0.4	-	-	-
	DP4	-	12.0	6.0	3.2	1.6	x	x	-	x	1.1	23.9	76.1	Regular
	<b>DPR4</b>	-	<b>16.0</b>	<b>8.0</b>	<b>4.4</b>	<b>2.2</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	-	<b>x</b>	<b>1.6</b>	<b>32.2</b>	<b>67.8</b>	<b>Regular</b>
05	PS	-	x	0.5	1.0	0.5	0.5	x	-	0.5	0.4	-	-	-
	PD	-	x	1.0	1.0	0.4	0.8	x	-	0.4	0.4	-	-	-
	DP5	-	x	7.5	8.0	1.6	3.2	x	-	1.4	1.1	22.8	77.2	Regular
	<b>DPR5</b>	-	<b>x</b>	<b>10.0</b>	<b>11.0</b>	<b>2.2</b>	<b>4.4</b>	<b>x</b>	-	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>	<b>31.2</b>	<b>68.8</b>	<b>Regular</b>
MD	ERCI	-	6.9	5.5	5.8	2.2	2.4	x	-	2.1	1.1	23.6	76.4	Regular
	ERCI <sub>r</sub>	-	9.3	7.3	9.9	3.1	3.3	x	-	3.0	1.6	37.5	62.5	Ruim
Classificação do trecho experimental- PRC 331: $ERCI_{DP1} = \sum ERCI/5$												<b>80.5</b>	<b>Regular</b>	
Classificação do trecho experimental- PRC 331: $ERCI_{DPR1} = \sum ERCI/5$												<b>73,4</b>	<b>Regular</b>	

Tabela D.2. ERCIc – Resumo dos cálculos das notas dos defeitos e classificação das subseções e trecho experimental na estação chuvosa

Defeito-Nº	FEA	FMC	ALS	STI	ATR	BUR	SUS	EII	PSE	OSE	TDP e	ERCI <sub>2</sub>	Classificação	
Peso PR*	20	12	15	8	8	8	8	7	7	7	T DPR			
01	PS	-	1.0	0.5	1.0	x	x	x	-	05	x	-	-	-
	PD	-	0.8	0.4	0.8	x	x	x	-	0.8	x	-	-	-
	DP1	-	9.6	3.0	6.4	x	x	x	-	2.8	X	21.8	78.2	Regular
	<b>DPR1</b>	-	<b>12.8</b>	<b>4.0</b>	<b>8.8</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	-	<b>4.0</b>	<b>x</b>	<b>29.6</b>	<b>70.4</b>	<b>Regular</b>
02	PS	-	0.3	x	0.5	0.5	0.5	x	-	0.5	x	-	-	-
	PD	-	0.4	x	0.8	0.8	0.4	x	-	0.4	x	-	-	-
	DP2	-	1.4	x	3.2	3.2	1.6	x	-	1.4	x	10.8	89.2	Bom
	<b>DPR2</b>	-	<b>1.9</b>	<b>x</b>	<b>4.4</b>	<b>4.4</b>	<b>4.4</b>	<b>x</b>	-	<b>2.0</b>	<b>x</b>	<b>17.1</b>	<b>82.9</b>	<b>Bom</b>
03	PS	-	x	0.5	1.0	1.0	1.0	0.6	-	0.5	x	-	-	-
	PD	-	x	0.8	1.0	0.8	0.8	0.8	-	0.8	x	-	-	-
	DP3	-	x	6.0	8.0	6.4	6.4	3.8	-	2.8	x	33.4	66.6	Regular
	<b>DPR3</b>	-	<b>x</b>	<b>8.0</b>	<b>11.0</b>	<b>8.8</b>	<b>8.8</b>	<b>5.3</b>	-	<b>4.0</b>	<b>x</b>	<b>45.9</b>	<b>54.1</b>	<b>Ruim</b>
04	PS	-	1.0	0.5	0.5	0.5	x	x	-	0.5	1.0	-	-	-
	PD	-	1.0	0.8	1.0	0.4	x	x	-	0.4	0.4	-	-	-
	DP4	-	12.0	6.0	4.0	1.6	x	x	-	1.4	2.8	27.8	72.2	Regular
	<b>DPR4</b>	-	<b>16.0</b>	<b>8.0</b>	<b>5.5</b>	<b>2.2</b>	<b>X</b>	<b>x</b>	-	<b>2.0</b>	<b>4.0</b>	<b>37.7</b>	<b>62.3</b>	<b>Ruim</b>
05	PS	-	x	0.5	1.0	0.5	0.5	0.6	-	0.5	0.4	-	-	-
	PD	-	x	1.0	1.0	0.4	1.0	0.4	-	0.8	0.4	-	-	-
	DP5	-	x	7.5	8.0	1.6	4.0	1.9	-	2.8	1.1	26.9	73.1	Regular
	<b>DPR5</b>	-	<b>x</b>	<b>10.0</b>	<b>11.0</b>	<b>2.2</b>	<b>5.5</b>	<b>2.6</b>	-	<b>4.0</b>	<b>1.6</b>	<b>36.9</b>	<b>63.1</b>	<b>Ruim</b>
MD	ERCI	-	7.7	5.6	5.9	3.2	4.0	2.8	-	2.2	1.9	33.3	66.7	Regular
	ERCI <sub>r</sub>	-	10.2	7.5	8.1	4.4	6.2	3.9	-	3.2	2.8	46.3	53.7	Ruim
Classificação do trecho experimental–PRC 331: $ERCI_{DP2} = \sum ERCI_{DP2}/5$												75.9	Regular	
Classificação do trecho experimental–PRC 331: $ERCI_{DPR2} = ERCI_{2TDPR}/5$												<b>66.6</b>	<b>Regular</b>	

Sendo nas Tabelas D.1 e D.2: FEA- Falha e erosão de aterro na estrada; FMC- Falha no muro de contenção; ALS- Altura de superfície; STI- Seção transversal inadequada; ATR- Afundamento de trilha de roda; BUR- Buracos; SUS- Superfície saturada; EII- Estrutura ilegal de irrigação; PSE- Plantas na superfície da estrada; OSE- Ocupação da superfície da estrada; PS: Peso da Severidade do respectivo defeito; PD: Peso da Densidade do respectivo defeito; DP<sub>i</sub> (i =1 a 5) - Dedução de Pontos do defeito para respectiva subseção i; DPR<sub>i</sub> (i =1 a 5) – Dedução de Pontos Reponderados dos defeitos para a respectiva subseção i; TDP – Total de Dedução de Pontos dos defeitos para a respectiva subseção; TDPR - Total de Dedução de Pontos Reponderados dos defeitos para a

respectiva subseção;  $ERCI_{DP1,2}$  e  $ERCI_{DPR1,2}$  – avaliação da classificação final normal e reponderada, respectivamente, nas estações seca (1) e chuvosa (2).

Observação: PR\* - a reponderação dos pesos dos defeitos foi realizada em razão dos defeitos FEA E EII não constarem dos defeitos das estradas não-pavimentadas da região estudada e, bem como, na maioria das estradas nacionais, que se obteve conhecimento através dos estudos pesquisados e referenciados neste trabalho.

Como exemplo, seguem as planilhas de inspeção e de cálculo para o levantamento de campo da subseção 01 na avaliação da estação seca conforme Tabela D.3.

Tabela D.3. ERCIs – Subseção 01-Planilha de Inspeção – estação seca

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE ESTRADA DE TERRA – ERCI					
Estrada: PRC 331			Distrito: Piracaia		
Subseção: 01			Sub-distrito: Pinhal		
Direção: De – PRC 333 Para – km 1			Data: 13/08/2003		
Inspetor: Fábio Mutti Ferreira					
Defeitos	Severidade		Densidade		
	LEVE	GRAVE	O	F	E
Falha e erosão de aterro na estrada	-	-	-	-	-
Falha no muro de contenção		X		X	
Altura da superfície					
Seção transversal		X			X
Afundamento de trilha de roda – ATR		X	X		
Buracos					
Superfície Saturada					
Estrutura ilegal de irrigação	-	-	-	-	-
Plantas na superfície da estrada	X				X
Ocupação da superfície da estrada					
Sendo: O – ocasional, F – freqüente e E – extenso					
Observações: ATR – como sulcos longitudinais					

O cálculo e a classificação das subseções são realizados pela Planilha de Cálculo e Escala de Classificação do ERCI (Figura 4.6, pág. 70), onde, para cada defeito, o valor numérico do peso da severidade e da densidade avaliado estarão representados por negrito e sublinhado.

Por outro lado, como dois dos defeitos: falha e erosão de aterro na estrada e estrutura ilegal de irrigação não constarem dos defeitos mais comuns nas estradas não-pavimentadas do território brasileiro, bem como da região estudada, recalculou-se os pesos dos defeitos de forma ponderada em relação aos respectivos pesos, desconsiderando-os.

Logo foram obtidas duas planilhas de cálculo e escala de classificação das subseções, sendo a 1ª a original do método que se denominará: normal e a 2ª: reponderada, como exemplos, seguem as Tabelas D.4 e D.5, respectivamente.

Tabela D.4. ERCIs– Subseção 01 – Planilha de Cálculo e Escala de Classificação Normal – estação seca

PLANILHA DE CÁLCULO E ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO ERCI								
DEFEITOS	Pesos	Peso Severidade		Peso Densidade			Dedução Pontos	Classificação
		Leve	Grave	O	F	E		
Falha e erosão de aterro na estrada	20	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		100
Falha no muro de contenção	12	0,3	<b>1,0</b>	0,4	<b>0,8</b>	1,0	<b>9.6</b>	Muito Bom 90
Altura da superfície	15	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Bom 80
Seção transversal (abaulamento)	8	0,5	<b>1,0</b>	0,4	0,8	<b>1,0</b>	<b>8.0</b>	<b>Regular</b>
Afundamento de trilha de roda	8	0,5	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	0,8	1,0	<b>3.2</b>	65
Buracos	8	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Ruim
Superfície saturada	8	0,6	1,0	0,4	0,8	1,0		40
Estrutura ilegal de irrigação	7	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		
Plantas na superfície da estrada	7	<b>0,5</b>	1,0	0,4	0,8	<b>1,0</b>	<b>3.5</b>	Falido
Ocupação da superfície da estrada	7	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		0
Total Dedução = $\sum$ Dedução Pontos							<b>24.3</b>	
ERCI = 100 - TOTAL DEDUÇÃO = 100 - 24.3 = 75.7 - Classificação								<b>Regular</b>

Tabela D.5. ERCIrs – Subseção 01 – Planilha de Cálculo e Escala de Classificação Reponderada – estação seca

PLANILHA DE CÁLCULO E ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO ERCI								
DEFEITOS	Reponderado	Peso Severidade		Peso Densidade			Dedução Pontos	Classificação
		Leve	Grave	O	F	E		
Falha e erosão de aterro na estrada	0	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		100
Falha no muro de contenção	16	0,3	<b>1,0</b>	0,4	<b>0,8</b>	1,0	<b>12.8</b>	Muito Bom 90
Altura da superfície	20	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Bom <b>80</b>
Seção transversal (abaulamento)	11	0,5	<b>1,0</b>	0,4	0,8	<b>1,0</b>	<b>11.0</b>	<b>Regular</b>
Afundamento de trilha de roda	11	0,5	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	0,8	1,0	<b>4.4</b>	65
Buracos	11	0,5	1,0	0,4	0,8	1,0		Ruim
Superfície saturada	11	0,6	1,0	0,4	0,8	1,0		40
Estrutura ilegal de irrigação	0	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		
Plantas na superfície da estrada	10	<b>0,5</b>	1,0	0,4	0,8	<b>1,0</b>	<b>5.0</b>	Falido
Ocupação da superfície da estrada	10	0,4	1,0	0,4	0,8	1,0		0
Total Dedução = $\sum$ Dedução Pontos							<b>33.2</b>	
ERCI = 100 - TOTAL DEDUÇÃO = 100 - 33.2 = 66.8 / Classificação								<b>Regular</b>

## APÊNDICE E

### **URCI – RESUMO DOS DADOS DAS PLANILHAS DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA PARA LEVANTAMENTO DE CAMPO, NAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

- Data da Avaliação: estação seca - 16/08/03 e estação chuvosa – 11/12/03
- Subseções: área – 300 m<sup>2</sup>, as subseções foram definidas da seguinte forma: 01 – a 50 m do início (PRC333) em direção ao km1, num comprimento de 50 m e largura de 6.0 m; 02 – início no km 2 em direção ao km 3, com comprimento de 50 m e largura de 6.0m; 03 - início no km 3 em direção ao km 4, com comprimento de 60 m e largura de 5.0 m e; 04 – início no km 4 ao km 5, com comprimento de 60 m e largura de 5.0 m; e 05 – início a 50 m da SP063 (fim) ao km 5, com comprimento de 50 m e largura de 6.0 m.
- Tempo: estação seca - sol e seco (chuva leve no dia anterior) e estação chuvosa – nublado, quente e chuvas nos dias anteriores;
- Equipamentos utilizados: veículo automotivo de passeio, trena e régua

O levantamento de campo de cada subseção e avaliação pela Planilha de URCI (Figura 4.7, pág.. 75) e os resultados obtidos estão representados, resumidamente, nas Tabelas E.1 e E.2 para as estações seca (s) e chuvosa (c), respectivamente.

Sendo nas Tabelas E.1 e E.2: Class.- Classificação; Td – Tipos de defeitos presentes e avaliados nas subseções, onde STI= Seção Transversal Inadequada; DLI = Drenagem Lateral Inadequada; OND = Ondulações; POE = Poeira; BUR = Buracos; ATR = Afundamento de trilha de roda e SEA = Segregação de Agregados; D – Densidade do defeito em % - calculada da seguinte forma: (extensão do defeito/área da subseção) x 100; S – Severidade do defeito (B – Baixa, M – Média e A – Alta); VD – Valor Dedução: extraído do nomograma respectivo de cada defeito (Anexo B – Figuras B.1 a B.7), através da Densidade e Severidade; TVDu – Total de Valor Dedução da subseção; q – quantidade de defeitos com VD<sub>u</sub> > 5.0; URCI – Índice de Avaliação de Estrada Não-Pavimentada, extraído do nomograma da Figura B.8 (Anexo B),

através do TVDu e q; e  $M_{URCI} (i = 1,2)$  – Média da somatória de TVDu dividido pelo número total de subseção nas estações seca (1) e chuvosa (2);  $\Sigma VDs$  – Somatória dos valores Dedução dos Defeitos das subseções; QDs- Quantidade de vezes que o defeito aparece nas subseções; MDs – Média dos valores-dedução dos defeitos ( $\Sigma VDs/QDs$ ).

Tabela E.1. URCl – Resumo dos cálculos dos valores dedução de cada defeito e classificação das subseções e do trecho experimental na estação seca

Subseção	Dados dos defeitos avaliados na subseção										Nomograma – Figura B.8			Class.
	TVDu	q	URCl <sub>1</sub>											
01	Td	STI	DLI		OND		POE	ATR		SEA	220	8	17.5	Muito ruim
	D	17.6	17.6	16.6	20	60	-	22	17	17				
	S	M	M	A	B	M	B	M	B	M				
	VDu	34.0	30.0	36.0	13.0	34.0	2	26.5	18.5	26.0				
02	Td	STI	DLI		POE		ATR			87.5	4	50.0	Regular	
	D	17	33		-		8	13						
	S	B	B		B		B	M						
	VDu	26.0	28.0		2.0		11.5	20.0						
03	Td	STI		DLI		POE	BUR	ATR		154	5	20.0	Muito ruim	
	D	7.6	5.6	33		-	4.6	25						
	S	M	A	A		B	B	B						
	VDu	21.0	13.0	53.0		2.0	43.0	22.0						
04	Td	STI	DLI			POE	ATR	SEA	129.0	6	37.0	Ruim		
	D	20	5.6	5.0	29.3		-	15.7					40	
	S	B	B	M	A		B	B					B	
	VDu	28.0	8.0	15.0	38.0		2.0	18.0					20.0	
05	Td	STI	DLI	OND		POE	BUR		135.0	5	27.0	Ruim		
	D	16.6	33.3	16.6		-	3.3	0.3						
	S	M	M	M		B	B	M						
	VDu	34.0	40.0	14.0		2.0	35.0	10.0						
<b>Trecho Experimental – PRC 331</b>										<b>M<sub>URCl</sub></b>		<b>30.4</b>	<b>Ruim</b>	
Defeitos	STI	DLI	OND	POE	ATR	BUR	SEA	148.1	6	27.5	Ruim			
$\Sigma VDs$	122	248	61	10	98	88	64.5							
QDs	5	8	3	5	5	3	3							
MD	24.4	31.0	20.3	2.0	19.6	29.3	21.5							

Tabela E.2. URClc – Resumo dos cálculos dos valores dedução de cada defeito e classificação das subseções e do trecho experimental na estação chuvosa

Subseção	Dados dos defeitos avaliados na subseção							Nomograma – Figura B.8			Class.
	Td	STI	DLI	ATR	SEA	TVDu	q	URCl <sub>2</sub>			
01	Td	STI	DLI	ATR	SEA	100.0	4	37.0	Ruim		
	D	16.6	33.3	1.7	16.6					5.3	
	S	M	A	B	B					M	
	VDu	33.0	38.0	2.0	18.0					9.0	
02	Td	STI	DLI		BUR		SEA	124.5	6	46.0	Ruim
	D	16.6	16.6	16.6	3.0	0.7	3.3				
	S	B	B	M	B	M	B				
	VDu	25.0	20.0	28.0	34.5	11.0	6.0				
03	Td	STI	DLI	OND	BUR		ATR	217.0	5	6.0	Falido
	D	20.0	40.0	3.0	4.7	4.7	30.0				
	S	A	A	M	B	M	M				
	VDu	43.0	38.0	3.0	43.0	61.0	29.0				
04	Td	STI	DLI			ATR		99	4	37.5	Ruim
	D	20.0	20.0		20.0		4.0				
	S	B	M		A		M				
	VDu	25.0	28.0		38.0		8.0				
05	Td	STI	DLI	BUR				158.5	5	18.5	Muito Ruim
	D	16.6	33.3	5.3	1.7	0.3					
	S	M	B	B	M	A					
	VDu	33.0	20.0	44.5	37.0	24.0					
<b>Trecho Experimental – PRC 331</b>							<b>M<sub>URCl2</sub></b>	<b>29.0</b>	<b>Ruim</b>		
Defeitos	STI	DLI	OND	POE	ATR	BUR	SEA	117.2	4	32.5	Ruim
ΣVDs	159	210	3.0	0	10	255	33.0				
QDs	5	7	1	0	2	7	3				
MD	31.8	30.0	3.0	0	5	36.4	11.0				

Como exemplo do levantamento de campo, segue a Planilha URCl da avaliação da subseção 03 na estação seca, conforme Tabela E.3.

Tabela E.3. URCI – Subseção 03 - Planilha de Inspeção e Avaliação – estação seca

PLANILHA DE INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA - URCI								
Estrada: PRC 331				Data: 16/08/03				
Subseção: 03				Inspetor: Fábio Mutti Ferreira				
Unidade Amostral: 03-1				Área da amostra: 300 m <sup>2</sup>				
TIPOS DE DEFEITOS								
1- Seção Transversal Inadequada (m) - STI								
2- Drenagem Lateral Inadequada (m) - DLI								
3- Ondulações (m2) - OND								
4 - Poeira - POE								
5- Buracos (números) - BUR								
6 - Afundamento de Trilha de Roda (m2) - ATR								
7- Segregação de Agregados (m) -SEA								
QUANTIDADE E SEVERIDADE DOS DEFEITOS								
Tipo		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B				X	14	75	
	M	23						
	A	17	100					
CÁLCULO DO URCI								
Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor Dedução - VD					
1	7.6	M	21.0					
1	5.6	A	13.0					
2	33.0	A	53.0					
4	-	B	2.0					
5	4.6	B	43.0					
6	25.0	B	22.0					
Total - VD = 154								
q = 5								
URCI = 20.0			Classificação = MUITO RUIM					
				Observações: STI — estrada encaixada; DLI - sem valetas nas laterais (córrego na LE); BUR – diâmetro –cm/profundidade–cm:30-60/1.25-5.0 = 14; ATR- 2,5/3.5 cm em 5,0 m 2,0/2.0 cm em 15.0 m; SEA – sem cascalhos, camada de solo fino.				

O cálculo do valor-dedução, de acordo com a metodologia, é realizado por nomogramas. Como exemplo, o cálculo para o defeito STI que para o nível de severidade médio e densidade = 7.6% tem o valor-dedução = 21.0, que está representado na Figura E.1, que trata do nomograma do defeito STI (Figura B.1).

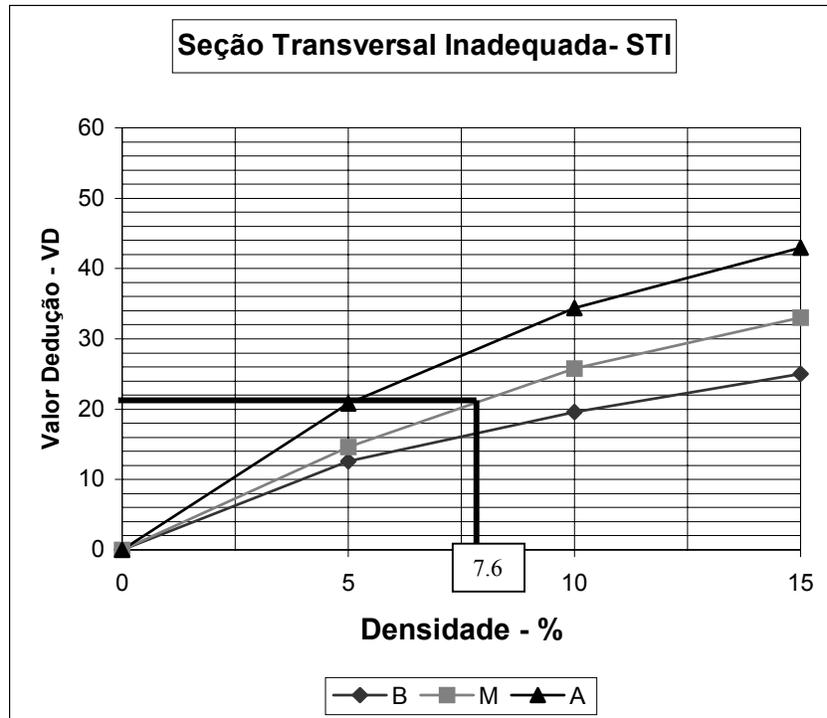


Figura E.1. Nomograma do STI – Valor-dedução para a densidade 7.6% e nível de severidade médio

Portanto, realizado a determinação do valor-dedução para cada defeito avaliado em função da densidade e nível de severidade no seu respectivo nomograma e com a somatória de todos valores-dedução (TVD) e com o nº destes maiores que 5 ( $q > 5$ ) é determinado o valor do URCI, que também é realizado por um nomograma (Figura B.8), que terá como exemplo a Figura E.2 para a planilha da Tabela E.3, onde para o TVD = 154 e  $q = 5$ , resulta no URCI = 20.

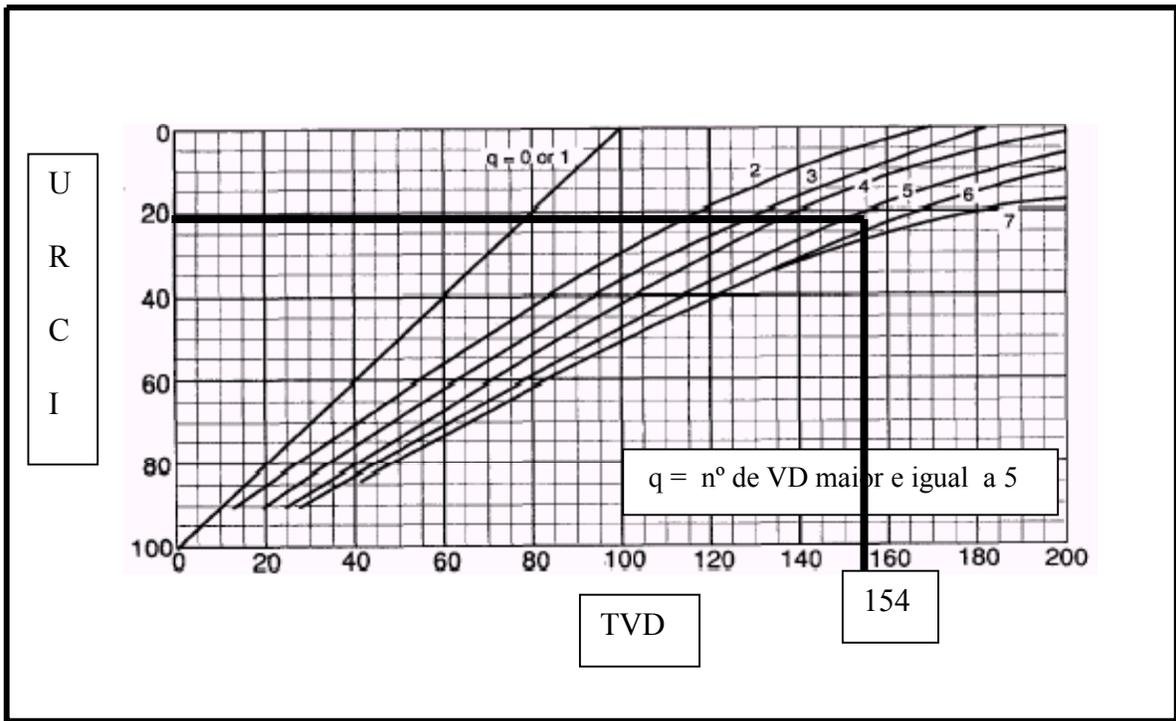


Figura E.2. Nomograma para determinação do URCI –  
 para o TVD = 154 e  $q = 5 \Rightarrow \text{URCI} = 20$ .

## APÊNDICE F

### **RSMS – INVENTÁRIO E IDENTIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SEÇÃO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS: RESUMO DOS DADOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO, NAS AVALIAÇÕES DAS ESTAÇÕES SECA E CHUVOSA**

- Data da Avaliação: estação seca – dados de levantamento de outros métodos realizados em agosto de 2003 e estação chuvosa – 20/12/03
- Subseções: comprimento- 1,0 km em média, sendo: 01 – PRC 333 ao km 2; 02 - do km 2 ao km 3; 03 – km 3 ao km 4; 04 – km 4 ao km 5; e 05 – km 5 à SP 063
- Tempo: estação seca - sol e seco e estação chuvosa – nublado, quente e chuvas nos dias anteriores.
- Equipamentos utilizados: veículo automotivo de passeio, trena e régua

O levantamento de campo de cada subseção e avaliação pela Planilha de RSMS (Figura 4.8, pág. 76) e os resultados obtidos estão representados, resumidamente, nas Tabelas F.1 e F.2 para as estações seca e chuvosa, respectivamente.

Sendo nas Tabelas F.1 e F.2: ATR – Afundamento de Trilha de Roda; SEA – Segregação de Agregados; OND – Ondulações; BUR – Buraco; STR – Seção Transversal; DLA – Drenagem Lateral; CPO – Controle de Poeira; S – Severidade; D – Densidade; B – Baixa; M – Média; Alta; Reg. – Regular; VDr – Valor Dedução;  $\Sigma$ VDr – Somatório do Valor Dedução;  $\Sigma$ VDr<sub>d</sub> – Somatória do Valor Dedução por defeito;  $M\Sigma$ VDr<sub>d</sub> – Média da Somatória do Valor Dedução por defeito; Pci – *Pavement Condition Indicator* (Indicador da Condição de Pavimento); MPci – Média do Pci; Class. – Classificação e Reg.- Regular.

Tabela F.1. RSMSs – Resumo dos cálculos dos valores-dedução de cada defeito e classificação das subseções e do trecho experimental na avaliação da estação seca

Defeitos	Subseções															PRC 331	
	01			02			03			04			05			$\Sigma$ VDr	MVDr
	S	D	VD	S	D	VDr											
ATR	M	B	5	B	B	2	M	B	5	M	M	8	B	M	5	25	5.0
SEA	M	A	11	B	A	8	B	M	5	X	X	X	X	X	X	X	4.8
OND	B	M	5	B	B	2	B	B	2	X	X	X	B	M	5	14	2.8
BUR	X	X	X	M	B	5	M	B	5	M	M	8	M	B	5	23	4.6
STI	Reg.		8	Ruim		14	Ruim		14	Reg.		8	Reg.		8	52	10.4
DLI	Ruim		14	Reg.		8	Ruim		14	Reg.		8	Reg.		8	52	10.4
POE	Bom		0	Bom		0	Reg.		8	Reg.		8	Reg.		8	24	4.8
$\Sigma$ VDr	43			39			49			40			39			$\Sigma$ MVDr	42.8
																M $\Sigma$ VDr	42
Pci = 100- $\Sigma$ VDr	57			61			51			60			61			MPci1	58
CLASSIF.	Regular			Regular			Regular			Regular			Regular			Regular	

Tabela F.2. RSMSc – Resumo dos cálculos dos valores-dedução de cada defeito e classificação das subseções e do trecho experimental na avaliação da estação chuvosa

Defeitos	Subseções															PRC 331	
	01			02			03			04			05			$\Sigma$ VDr	MVDr
	S	D	VD	S	D	VD	S	D	VD	S	D	VD	S	D	VD		
ATR	M	M	8	B	B	2	M	M	8	B	A	8	B	A	8	34	6.8
SEA	M	A	11	B	M	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	5.2
OND	M	B	5	B	B	2	M	B	5	B	B	2	B	A	8	22	5.5
BUR	X	X	X	M	B	5	M	A	11	M	A	11	M	A	11	38	7.6
STR	Ruim		14	Ruim		14	Ruim		14	Reg.		8	Ruim		14	64	12.8
DLA	Ruim		14	Ruim		14	Ruim		14	Ruim		14	Ruim		14	70	14.0
CPO	Reg		8	Reg.		8	Reg.		8	Reg.		8	Reg		8	40	8.0
$\Sigma$ VDr	56			50			60			51			61			$\Sigma$ MVDr	59.9
																M $\Sigma$ VDr	40.1
Pci= 100- $\Sigma$ VDr	44			50			40			49			39			MPci2	44.4
Class.	Regular			Regular			Regular			Regular			Ruim			Regular	

Como exemplo de levantamento de campo, segue o referente à avaliação da subseção 03 na estação chuvosa, conforme Tabela F.3 realizado pela Planilha do RSMS.

Tabela F.3. RSMS – Subseção 03 – Planilha de inventário e identificação da condição – dados de levantamento de campo da avaliação na estação chuvosa

RSMS – Inventário e Identificação da Condição de Seção de Estradas Não-Pavimentadas						
Inventário			Inspeccionado por: Fábio Mutti Ferreira			
Data: 20/12/03			NIE: 331			
Nome da Estrada: PRC331			Seção da Estrada:			
Nº da Seção.: 03			Div. Manutenção:			
Nº de Pista: 1	Largura (m): 5.0		Jurisdição: (X) Municipal ( ) Estadual			
Acostamento	Largura (m): sem		( ) Cidade ( ) Privada ( ) Não mantida			
	Superfície: ( ) Natural ( x ) Cascalho ( ) Sem		Classe:			
km (inicial): km 03	km (final): km 04		Tráfego: (X) Baixo ( ) Baio-Médio			
Ano do Inventário: 2003	Ano Presente: 2003		( ) Médio ( ) Médio-alto ( ) Alto			
Class.:						
Observações:						
Defeitos - Condição			← Densidade →			
			Nenhum	Baixo	Médio	Alto
ATR	Severidade	Sem	< 10 %	10-30 %	> 30 %	
		Baixo	< 2.5			
		Médio	2.5 – 7.5	X		
Segregação de Agregados – SEA	Severidade	Alto	> 7.5			
		Sem	Baixo	Médio	Alto	
		Baixo	< 5.0			
Ondulações-OND	Severidade	Médio	5.0 – 10			
		Alto	> 10			
		Sem	< 10 %	10 – 30 %	> 30 %	
Buracos - BUR	Severidade	Baixo	< 2.5			
		Médio	2.5 – 7.5	X		
		Alto	> 7.5			
			Sem	Baixo	Médio	Alto
			Baixo	< 2.5		
			Médio	2.5 – 7.5		X
			Alto	> 7.5		
				Bom	Regular	Ruim
Seção Transversal - STI						X
Drenagem Lateral - DLI						X
Poeira - POE					X	