

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

WALLACE ORLANDINI PRADO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO MUNICÍPIO DE PATO
BRANCO – PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

WALLACE ORLANDINI PRADO DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO MUNICÍPIO DE PATO
BRANCO – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini

PATO BRANCO

2021

TERMO DE APROVAÇÃO



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEP. ACADEMICO DE CONSTR. CIVIL DACOC-PB

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO - PR

Por

WALLACE ORLANDINI PRADO DA SILVA

Monografia apresentada 16 de AGOSTO de 2021, às 10h20min, no Campus PATO BRANCO da UTFPR, como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conformes, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof.ª. Dr.ª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Membro
Prof. Dr. NEY DZANDRO TABALIPA	Membro
Prof. Dr. DANILO RINALDI BISCONSINI	Orientador
Prof.ª. Dr.ª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Professor(a) responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por [Document electronically signed by] DANILO RINALDI BISCONSINI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em (at) 16/08/2021, às 12:13, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brasília time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por [Document electronically signed by] NEY DZANDRO TABALIPA, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em (at) 16/08/2021, às 14:05, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brasília time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por [Document electronically signed by] ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em (at) 19/08/2021, às 07:23, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brasília time), com fundamento no (with legal based on) art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [The authenticity of this document can be checked on the website] http://sei.utfpr.edu.br/sei/verificador_documento.aspx?acao=documento_confirmação_sistema_interno-1, informando o código verificador [informing the verification code] 2172943 e o código CRC [and the CRC code] 38E2FCF2.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, ao
meu pai e meu irmão que me deram
força em minha trajetória

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais Joana e Ademir e ao meu irmão Miguel que foram a força motriz da minha jornada até a conclusão deste trabalho e serão ao longo da minha vida.

Agradeço aos professores da UTFPR pelo conhecimento transmitido ao longo do curso. À banca, composta pelo professor Ney Lizandro Tabalipa e a professora Elizângela Marcelo Siliprandi, pelas sugestões propostas e pela paciência para avaliar o trabalho. Um agradecimento especial ao meu orientador, o professor Danilo Rinaldi Bisconsini, que prestou uma ajuda essencial durante as avaliações em campo usando veículo próprio, celular e outros itens para auxiliar a análise, também doou seu tempo contribuindo com discussões, conselhos e sugestões que enriqueceram trabalho.

Aos meus colegas de faculdade e de convivência, especialmente à Marina, ao Vinícius, ao Henrique e à Thaís que desde quando eu comecei a morar em Pato Branco me ofereceram apoio, conselhos e sobretudo, me fortaleceram e foram essenciais para eu chegar até aqui. Também agradeço aos grandes amigos Marcos, Bruna e Felipe que para além da universidade se tornaram parceiros e ocupam um espaço privilegiado em minhas lembranças. Agradeço ao Bruno pela colaboração em algumas etapas deste trabalho e aos demais colegas que contribuíram de alguma forma ao que sou hoje.

Agradeço à UTFPR, todos os seus servidores e trabalhadores terceirizados que batalham diuturnamente por uma universidade pública e de qualidade, especialmente ao Campus Pato Branco que considero minha segunda casa, onde realizei muitos projetos, vivi alegrias e tristezas, encontros e desencontros.

EPÍGRAFE

“Se você é capaz de tremer de indignação a cada vez que se comete uma injustiça no mundo, então somos companheiros.”

(Che Guevara)

RESUMO

DA SILVA, Wallace Orlandini Prado – AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – CAMPUS PATO BRANCO – PR – 2021. p. 170. **Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil)**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil – UTFPR, Pato Branco, 2021.

No Brasil, quase 90% das rodovias não são pavimentadas, apesar da grande importância dessas estruturas para o desenvolvimento econômico do país, principalmente para o escoamento da produção agropecuária. Sem estradas com condições de rolamento adequadas, a população do campo é prejudicada pela falta de acesso a estruturas básicas, como escolas, hospitais, mercados e ao próprio centro urbano. Em razão disso, é imprescindível a existência de ferramentas de gestão pública que contribuam para manter a infraestrutura viária em boas condições. No entanto, é comum a falta de aplicação de métodos racionais de gerência de estradas não pavimentadas em municípios brasileiros, resultando na má alocação de recursos públicos e em estradas de má qualidade. Neste trabalho, utilizaram-se dados de aceleração vertical fornecidos por um smartphone fixado ao para-brisas de um veículo para a estimativa da condição de conforto de segmentos de estradas rurais não pavimentadas do município de Pato Branco (PR), assim como a aplicação do Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP) para a avaliação e priorização de atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R) das vias selecionadas para o estudo. Os valores de aceleração vertical indicaram um alto nível de desconforto, sendo todos os trechos classificados com o conceito 'extremamente desconfortável', de acordo com a norma internacional de conforto ISO 2631-1, enquanto os dados de ICRNP indicaram o conceito 'muito pobre' para todos os trechos analisados. Para mitigar os defeitos observados, sugere-se a manutenção das vias, em especial a aplicação de serviços de patrolagem para correção das seções transversais impróprias e execução e manutenção de dispositivos drenagem, já que essas falhas são associadas ao surgimento dos demais defeitos. Também se concluiu que os investimentos para manter as estradas em boas condições de trafegabilidade são menores do que os necessários para sua pavimentação.

Palavras-chave: Estradas não pavimentadas. ICRNP. Pato Branco.

ABSTRACT

DA SILVA, Wallace Orlandini Prado – EVALUATION OF UNPAVED ROADS IN THE CITY OF PATO BRANCO (PR) – CAMPUS PATO BRANCO – PR – 2021. p.170. **Civil Engineering Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree)** – Department of Building Construction, Federal Technological University of Paraná – UTFPR, Pato Branco, PR, 2021.

In Brazil, almost 90% of the highways are unpaved, despite the great importance of these structures for the country's economic development, especially for the flow of agricultural production. Without roads with adequate rolling conditions, rural populations are hampered by the lack of access to basic structures such as schools, hospitals, markets and the urban center itself. For this reason, it is essential to have public management tools that contribute to keeping the road infrastructure in good condition. However, the lack of application of rational management methods for unpaved roads in Brazilian municipalities is common, resulting in poor allocation of public resources and poor quality roads. In this work, vertical acceleration data provided by a smartphone attached to the windshield of a vehicle were used to estimate the comfort condition of unpaved rural road segments in the municipality of Pato Branco (PR), as well as the application of Unpaved Road Condition Index (ICRNP) for the assessment and prioritization of Maintenance and Rehabilitation (M&R) activities on the roads selected for the study. The vertical acceleration values indicated a high level of discomfort, with all stretches classified as 'extremely uncomfortable', according to the international comfort standard ISO 2631-1, while the ICRNP data indicated the concept 'very poor' for all analyzed excerpts. To mitigate the observed defects, road maintenance is suggested, in particular the application of patrol services to correct improper cross sections and execution and maintenance of drainage devices, since these failures are associated with the appearance of other defects. It was also concluded that the investments to keep the roads in good traffic conditions are lower than those necessary for paving them.

Key words: Unpaved roads. ICRNP. Pato Branco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: classificação funcional das vias	27
Figura 2: seção transversal de uma estrada não pavimentada	31
Figura 3: escoamento ordenado.....	35
Figura 4: diferentes perfis transversais e gradiente de deslocamento da água	36
Figura 5: corte de valeta em "V"	37
Figura 6: sangras acompanhando curva de nível para terrenos com declividade acentuada.....	38
Figura 7: sistema de drenagem subterrânea.....	39
Figura 8: greide "encaixado" - seção transversal inadequada.....	41
Figura 9: severidade baixa	42
Figura 10: severidade média.....	42
Figura 11: severidade alta	42
Figura 12: ondulação/corrugação.....	43
Figura 13: severidade baixa	44
Figura 14: severidade média.....	44
Figura 15: severidade alta	44
Figura 16: nuvem de poeira durante a passagem de um veículo.....	45
Figura 17: severidade baixa	45
Figura 18: severidade média.....	45
Figura 19: severidade alta	46
Figura 20: buracos ou panelas	47
Figura 21: severidade baixa, média e alta.....	48
Figura 22: afundamento nas trilhas de rodas	49
Figura 23: severidade baixa	49
Figura 24: severidade média.....	49
Figura 25: severidade alta	50
Figura 26: erosão	50
Figura 27: segregação de agregados.....	51
Figura 28: severidade baixa	52
Figura 29: severidade média.....	52
Figura 30: severidade alta	52
Figura 31: pista molhada derrapante.....	54

Figura 32: pista seca derrapante.....	54
Figura 33: atoleiro	55
Figura 34: drenagem lateral inadequada.....	56
Figura 35: severidade baixa	56
Figura 36: severidade média.....	57
Figura 37: severidade alta	57
Figura 38: afloramento de rocha	57
Figura 39: representação da rede dividida em ramo, seção e unidade simples.....	68
Figura 40: ábaco de valores dedutíveis para o defeito Seção Transversal Imprópria	72
Figura 41: ábaco de valores dedutíveis totais	73
Figura 42: níveis de priorização de manutenção de rodovias não pavimentadas	76
Figura 43: pesquisa bibliográfica:.....	81
Figura 44: fluxograma da pesquisa	81
Figura 45: localização do município de Pato Branco.....	83
Figura 46: trecho Independência à Teolândia	84
Figura 47: trecho São Valentim/Vitorino	85
Figura 48: trecho Linha Martinelo.....	85
Figura 49: caminhão trafegando em uma estrada não pavimentada	86
Figura 50: veículo usado na avaliação subjetiva	87
Figura 51: seção PBE01/01.....	88
Figura 52: seção PBE01/02.....	89
Figura 53: seção PBE02/01/01.....	90
Figura 54: Seção PBE02/01/02	90
Figura 55: seção PBE03/01/01.....	91
Figura 56: seção PBE03/01/03.....	92
Figura 57: Ramo PBE01 com indicação das Seções e Unidades Simples	94
Figura 58: observação das patologias na Unidade Simples PBE01/01/01.....	95
Figura 59: cálculo dos valores dedutíveis	96
Figura 60: valores dedutíveis para Drenagem Inadequada.....	97
Figura 61: índice ICRNP da US PBE01/01/01 obtido a partir de valores dedutíveis totais.....	98
Figura 62: observação das patologias na Unidade Simples PBE01/02/01.....	99
Figura 63: medida de profundidade do defeito Trilha de Roda	99

Figura 64: a) sarjeta com indicação de processos erosivos no lado esquerdo e b) sem presença de sarjeta no lado direito	100
Figura 65: indicação de corte da estrada	101
Figura 66: valor dedutível para a Seção Transversal Imprópria.....	101
Figura 67: valores dedutíveis para Drenagem Inadequada.....	102
Figura 68: valores dedutíveis para o defeito Trilha de Roda	103
Figura 69: índice ICRNP da US PBE01/02/01 obtido a partir dos valores dedutíveis totais.....	104
Figura 70: Ramo PBE02 com indicação de Seções e Unidades Simples	105
Figura 71: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/01/01.....	106
Figura 72: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/01/02.....	107
Figura 73: finos carregados para a sarjeta de drenagem.....	108
Figura 74: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/02/01.....	109
Figura 75: buracos formados na seção transversal.....	110
Figura 76: agregados graúdos aparentes na camada de revestimento	111
Figura 77: Ramo PBE03 com indicação das Seções e Unidades Simples	112
Figura 78: observação das patologias da Unidade Simples PBE03/01/01.....	113
Figura 79: indicação de sangra/bigode para escoar a água da sarjeta para fora da plataforma	114
Figura 80: observação das patologias da Unidade Simples PBE03/01/02.....	115
Figura 81: indicação da sangra/bigode para escoar a água das sarjetas para fora da plataforma	116
Figura 82: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/01/03.....	117
Figura 83: a) não há indicação de sarjeta de drenagem e b) sarjeta muito abaixo do leito da pista e com muita vegetação	117
Figura 84: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/02/01.....	118
Figura 85: buraco	119
Figura 86: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/02/02.....	120
Figura 87: Medidas da profundidade da Trilha de Roda	120
Figura 88: classificação dos Ramos.....	122
Figura 89: Árvore de decisão para priorização das manutenções.....	123
Figura 90: ilustração dos dissipadores de energias nas sarjetas de drenagem	125
Figura 91: representação da conformação da seção transversal de uma estrada não pavimentada.....	126

Figura 92: classificação da norma ISO 2631-1.....	135
Figura 93: avaliação de conforto na estrada não pavimentada com base na ISO 2631-1	136
Figura 94: avaliação de conforto na estrada não pavimentada com base na ISO 2631-1	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: relação de estradas não pavimentadas por extensão total da malha rodoviária, com destaque para o Brasil	25
Tabela 2: extensão de rodovias por região geográfica no Brasil considerando rodovias federais, estaduais transitórias, estaduais, municipais pavimentadas, não pavimentadas e planejadas.....	26
Tabela 3: velocidade limite segundo as condições das estradas não-pavimentadas	30
Tabela 4: níveis de severidade.....	47
Tabela 5: atribuição de valor à cada severidade	63
Tabela 6: classificação ICMNP.....	63
Tabela 7: defeitos-tipo	70
Tabela 8: valores para o coeficiente "K" para cada defeito-tipo	71
Tabela 9: valores Dedutíveis para o defeito "Excesso de poeira"	72
Tabela 10: fases do programa de manutenção de rodovias não pavimentadas pelo método do ICRNP	74
Tabela 11: categoria de rodovias x VMD	75
Tabela 12: alternativas de manutenção	78
Tabela 13: resumo do ICRNP das US.....	104
Tabela 14: resumo do ICRNP das US.....	111
Tabela 15: resumo do ICRNP das US.....	121
Tabela 16: custos por km para atividades de manutenção na Seção PBE01/01	128
Tabela 17: custos por km para manutenção da Seção PBE01/02	129
Tabela 18: custo por km para manutenção da Seção PBE02/01	129
Tabela 19: custo por km para manutenção da Seção PBE02/02	130
Tabela 20: custo por km para manutenção da Seção PBE03/01	130
Tabela 21: Custo por km para manutenção da Seção PBE03/02	131
Tabela 22: comparativo de custos por km entre manutenção de vias não pavimentadas e pavimentação de estradas de terra	132

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: escala e classificação associada ao Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP).....	66
Gráfico 2: Gráfico de acelerações verticais em diferentes tipos de revestimentos em estradas	134

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
ERCI	<i>Earth Road Condition Index</i>
GPM	Gravel Paser Manual
ICRNP	Índice de Condição de Rodovias Não Pavimentadas
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
INCC	Índice Nacional da Construção Civil
ISO	International Organization for Standardization
MCT	Método Compactado Tropical
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation Development</i>
PIB	Produto Interno Bruto
RCS/DVI	<i>Road Condition Survey/ Detailed Visual Inspection</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
URCI	<i>Unsurfaced Road Condition Index</i>
USACE	<i>U. S. Army Corp of Engineers</i>
US	Unidade Simples
VDF	Valor Dedutível Final
VMD	Volume Médio Diário de veículos
Km	Quilômetro
m	Metro
cm	Centímetros
m ²	Metros quadrados
m/s ²	Metros por segundo ao quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	OBJETIVOS	22
1.1.1	Objetivo geral	22
1.1.2	Objetivos Específicos	22
1.2	JUSTIFICATIVA	23
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	25
2.2	CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS	27
2.3	ESTRADAS VICINAIS	28
2.4	ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS	28
2.5	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DAS ESTRADAS DE TERRA	29
2.5.1	Capacidade de suporte	29
2.5.2	Condição de rolamento	29
2.5.3	Seção transversal	30
2.5.4	Material de superfície	31
2.5.5	Drenagem	34
2.5.5.1	Drenagem superficial	35
2.5.5.2	Drenagem subterrânea	38
2.6	VOLUME DE TRÁFEGO	39
2.7	DEFEITOS MAIS COMUNS DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS	40
2.7.1	Seção transversal inadequada	41
2.7.2	Ondulações ou corrugações	43
2.7.3	Poeira	44
2.7.4	Buracos/panelas	46
2.7.5	Afundamento nas trilhas de rodas	48
2.7.6	Erosão	50
2.7.7	Segregação de agregados	51
2.7.8	Areiões	52
2.7.9	Facão	53
2.7.10	Pista escorregadia	53
2.7.11	Atoleiro	55
2.7.12	Drenagem lateral inadequada	55

2.7.13	Afloramento rochoso	57
3	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DEFEITOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS.....	58
3.1	GPM – GRAVEL PASER MANUAL.....	59
3.2	RCS/DVI (ROAD CONDITION SURVEY/ DETAILED VISUAL INSPECTION)	59
3.3	ERCI – EARTH ROAD CONDITION INDEX	60
3.4	URCI – UNSURFACED ROAD CONDITION INDEX.....	61
3.5	ICMNP – ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA MANUTENÇÃO DE RODOVIAS NÃO PAVIMENTADAS	62
3.6	MÉTODO DE BAESSO E GONÇALVES	63
3.6.1	Definições.....	64
3.6.1.1	Ramo	65
3.6.1.2	Seção	65
3.6.1.3	Unidade Simples (US)	65
3.6.1.4	Índice de Consistência da Rodovia não Pavimentada (ICRNP)	66
3.6.2	Identificação da rede	67
3.6.2.1	Diretrizes para identificação das rodovias da rede	67
3.6.2.2	Avaliação das condições da rodovia	68
3.6.2.3	Determinação do ICRNP	69
3.6.2.4	Procedimentos para inspeção da rodovia	69
3.6.2.5	Cálculo do ICRNP	70
3.6.2.6	Diretrizes para a manutenção da rodovia.....	73
3.6.3	Programa de manutenção	74
3.6.3.1	Exame de rede das rodovias.....	74
3.6.3.2	Determinação do ICRNP	74
3.6.3.3	Definição das prioridades de manutenção	75
3.6.4	Apresentação de alternativas	77
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS MÉTODOS.....	79
4	MÉTODO	80
4.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	80
4.2	LOCAL DE ESTUDO	82
4.2.1	Trechos de estudo.....	84
5	RESULTADOS	86

5.1	ANÁLISE SUBJETIVA.....	87
5.2	DISCRETIZAÇÃO DOS TRECHOS	88
5.2.1	Estrada 01 – Estrada Irineu Bertani.....	88
5.2.1.1	Seções do Ramo PBE01	88
5.2.1.2	Unidades Simples.....	89
5.2.2	Estrada 02 – Travessa São Valentim/Vitorino	89
5.2.2.1	Seções do Ramo PBE02/01	89
5.2.2.2	Unidades Simples.....	90
5.2.3	Estrada 03 – Linha Martinelo.....	91
5.2.3.1	Seções do Ramo PBE03/01	91
5.2.3.2	Unidades Simples.....	92
5.3	ANÁLISE OBJETIVA	92
5.3.1	Ramo PBE01.....	94
5.3.1.1	Unidade Simples PBE01/01/01	94
5.3.1.2	UNIDADE SIMPLES PBE01/02/01	98
5.3.2	Ramo PBE02.....	105
5.3.2.1	Unidade Simples PBE02/01/01	106
5.3.2.2	Unidade Simples PBE02/01/02	107
5.3.2.3	Unidade Simples PBE02/02/01	108
5.3.3	Ramo PBE03.....	112
5.3.3.1	Unidade Simples PBE03/01/01	113
5.3.3.2	Unidade Simples PBE03/01/02	114
5.3.3.3	Unidade Simples PBE03/01/03	116
5.3.3.4	Unidade Simples PBE03/02/01	118
5.3.3.5	Unidade Simples PBE03/02/02	119
5.3.4	Prioridades	122
5.3.5	Alternativas de Manutenção	124
5.3.5.1	Custos de manutenção.....	127
5.3.5.1.1	Seção PBE01/01	128
5.3.5.1.2	Seção PBE01/02	128
5.3.5.1.3	Seção PBE02/01	129
5.3.5.1.4	Seção PBE02/02	129
5.3.5.1.5	Seção PBE03/01	130
5.3.5.1.6	Seção PBE03/02	131

5.3.5.2	Considerações sobre os custos de intervenção	131
5.4	IMPRESSÕES DA SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE ACERCA DO MÉTODO	133
5.5	ANÁLISE OBJETIVA COM BASE EM ACELERAÇÕES VERTICAIS ...	134
6	CONCLUSÃO	139
	REFERÊNCIAS.....	142
	ANEXO A- FICHA DE INSPEÇÃO DE RODOVIA NÃO PAVIMENTADA	147
	ANEXO B-CURVA DE VALORES DEDUTÍVEIS PARA CADA DEFEITO-TIPO ..	148
	ANEXO C – CURVA DEDUTÍVEL DE VALORES TOTAIS.....	151
	ANEXO D – ÁRVORE DE DECISÃO PARA PRIORIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS	152
	APÊNDICES	153

1 INTRODUÇÃO

No mundo, cerca de 900 milhões de moradores rurais não tem acesso a estradas trafegáveis, sendo um grande desafio para países em desenvolvimento viabilizar a famílias do campo o acesso a hospitais, escolas, mercados, etc. (LIMI et al., 2015). Essa defasagem de infraestrutura básica tem sido uma das principais causas da manutenção da pobreza em áreas rurais (LEBO e SCHELLING, 2001).

A maioria das estradas rurais nos países em desenvolvimento não são pavimentadas (FUKUBAYASHI e KIMURA, 2014). Essas estradas não pavimentadas são caracterizadas pela ausência de revestimento, sendo a superfície basicamente constituída de materiais locais ou de revestimento primário (SILVA, 2011), possuem volume de tráfego relativamente baixo, na ordem de até 400 veículos por dia (NUNES, 2003). Apesar do baixo fluxo de veículo, essas vias promovem importantes serviços à sociedade, especialmente as comunidades rurais, viabilizando a locomoção de pessoas, bens e matérias primas (NGUYEN et al., 2018).

Apesar de mais de 70% das estradas rurais em países em desenvolvimento não serem pavimentadas (GREENING, 2011), são um importante instrumento de desenvolvimento econômico e social. No Egito, Abdelrahman e Sharaf (1991) apontam que as estradas de terra são um meio essencial para a economia local. Barrios (2008) cita que as estradas rurais nas Filipinas geram um impacto expressivo no crescimento da renda a partir da otimização da produção através de redes de estradas que facilitam o escoamento de produtos e minimizam o isolamento das famílias rurais. No Vietnã, Banwatt (2014) concluiu que a melhoria na infraestrutura de transporte permitiu a redução da pobreza em áreas rurais.

As estradas não pavimentadas fazem parte da estrutura econômico-social do país, haja vista que somente 13,65% das estradas em território nacional são pavimentadas (CNT, 2019). Em razão disso, as dificuldades de acesso encontradas pelas comunidades rurais são comuns em estradas em condições péssimas, principalmente em épocas de chuva (VIVIANE, 1998).

Os meios de transporte mais comuns utilizados pelos moradores de zonas rurais são os caminhões, ônibus, carros, motocicletas, bicicletas e carroças, sendo a distância de acesso aos serviços básicos um dos principais problemas para os habitantes dessas regiões (COSTA et al., 2017). Carvalho et al. (2010) citam uma

pesquisa conduzida pelo Centro Interdisciplinar de Estudo em Transportes da Universidade de Brasília (CEFRTU) e pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que identificou que 32,4% das rotas dos estudantes até as escolas duravam entre 60 e 90 minutos, 13,7% das rotas duravam mais do que 2 horas e algumas duravam 4 horas. Esses trajetos, em grande medida, são feitos em ônibus precários e estradas em más condições, o que desestimula a continuidade nos estudos e contribui para os altos índices de pobreza, analfabetismo e isolamento (CARVALHO et al., 2010).

A defasagem do desenvolvimento da infraestrutura no campo, aliado à mecanização da produção agrícola, tornou a zona rural um ambiente sem perspectiva de trabalho, em contraste com a industrialização nas regiões urbanas. Esses fatores continuam impulsionando a migração de pessoas das zonas rurais para as zonas urbanas com o objetivo de melhorar as condições de vida e de renda, fenômeno conhecido como êxodo rural (CARVALHO et al., 2010). Para se ter uma ideia da magnitude desse processo, na década de 1960, aproximadamente 44,67% da população habitava nas cidades. Em 1980, esse número passou para 67,59% (MARICATO, 2015) e, em 2005, a taxa de urbanização passou a ser de 84% se mantendo neste patamar até 2010, ano em que fora realizado o último censo demográfico, tal taxa de urbanização é considerada uma das maiores do mundo (MARICATO, 2011; Santos, 2020).

Baesso e Gonçalves (2003) pontuam que esse excesso de pessoas que passaram a compartilhar o espaço urbano exigiu do poder público a construção de benfeitorias necessárias para dar-lhes condições de moradia (eletricidade, esgoto, ruas, água potável). Assim, o investimento público que poderia ser direcionado para o fortalecimento da infraestrutura nacional ficou em segundo plano, frente às necessidades urgentes. Nesse cenário, os governos precisam elaborar políticas públicas que ofereçam infraestrutura no campo e diminuam as diferenças de renda e acesso entre o campo e a cidade (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Os municípios são os principais responsáveis pela construção, manutenção, reparação e recuperação das vias não pavimentadas, mas, em muitos casos, enfrentam dificuldades técnicas e financeiras (FERREIRA e PAIVA, 2007). As atividades de manutenção e reparação dessas vias são feitas de maneira empírica e mal planejada (VIVIANE, 1998). Os problemas observados são tidos como de fácil resolução e muitos usuários consideram que a pavimentação seria a solução mais

adequada. Todavia, os custos de pavimentação são elevados e estratégias adequadas de manutenção em estradas não pavimentadas resolveriam grande parte dos problemas típicos em estradas rurais (ODA, 1995).

Além das dificuldades técnicas, problemas de cunho político também podem prejudicar a gestão de estradas. Isso porque, em geral, a administração pública não prioriza os recursos de forma planejada, de forma a otimizar os benefícios à sociedade. Os serviços de manutenção são realizados conforme a demanda dos usuários e não de forma preventiva, sem um controle de custos e administrativos (D'ÁVILA, 1996). Ainda, muitas vezes ocorre o julgo 'político' ou 'eleitoral' para estabelecer quais estradas devem receber melhorias (VIVIANE, 1998).

Na literatura técnica pouco se discute sobre métodos de avaliação de defeitos em estradas não pavimentadas aplicados ao território brasileiro, o que dificulta um gerenciamento racional consolidado. Diante do exposto, o trabalho se propõe a estudar um método de gerenciamento que fornece às prefeituras municipais subsídios para a adoção de boas práticas de priorização de investimentos e determinação de estratégias ótimas de manutenção e reabilitação de vias não pavimentadas, pautadas na técnica, na preservação do meio ambiente e no menor custo possível para a manutenção de estradas não pavimentadas (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Discutir a priorização e recuperação de vias não pavimentadas no município de Pato Branco (PR).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar o funcionamento atual da gerência de estradas não pavimentadas realizado pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da prefeitura de Pato Branco;
- Investigar sistemas de gerência de estradas não pavimentadas que possam ser aplicados no município de Pato Branco;

- Analisar um dos métodos de avaliação de estradas não pavimentadas selecionado a partir da revisão bibliográfica, por meio de um levantamento de campo em uma via não pavimentada do município de Pato Branco.

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil apresenta uma extensa malha rodoviária, organizada nos sistemas federal, estadual e municipal. Esse conjunto de rodovias é responsável pelo transporte de cerca de 61% das mercadorias produzidas no país e de aproximadamente 95% dos passageiros segundo levantamento feito pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2019). O escoamento se inicia nos municípios, sendo a economia local e regional diretamente afetada por essa produção.

Oda (1995) e Nunes (2003) afirmam que o Brasil ainda é carente de publicações sobre estradas não pavimentadas e embora haja algumas referências importantes sobre o tema, são limitadas por serem uma adaptação de estudos estrangeiros que não consideram condições locais, como o clima, o tipo de solo e a topografia (NUNES, 2003).

Na região Sul do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), cerca de 767 municípios são classificados como região rural, dessa forma, aqueles que possuem grandes áreas rurais e capacidade de produção devem garantir um escoamento eficiente da produção. No entanto, o levantamento feito pela CNT (2019) mostra que na mesma região há 388.079 quilômetros de estradas, considerando: rodovias federais, estaduais transitórias, estaduais, municipais pavimentadas, não pavimentadas e planejadas. Deste total, somente 38.323 quilômetros são pavimentados.

Esses números revelam a falta de investimentos no setor rodoviário, resultando em uma série de custos logísticos para o escoamento da produção agropecuária brasileira e, conseqüentemente, em grandes perdas econômicas.

O município de Pato Branco, local escolhido para este estudo, possui hoje, segundo dados fornecidos pela prefeitura, aproximadamente 1680km de estradas rurais das quais 1500km não são pavimentadas. A prefeitura não possui um método científico, mas empírico, para lidar com a priorização e a manutenção de estradas não pavimentadas. Embora o programa Asfalto no Campo, conduzido pela Secretaria Municipal de Agricultura, tenha possibilitado a pavimentação de muitos trechos de

acesso a comunidades rurais, o estudo de avaliação de defeitos proposto por este trabalho é de extrema importância, uma vez que oferece ferramentas para, auxiliar na tomada de decisão técnica quanto à priorização dos trechos e execução de atividades de manutenção e reabilitação adequados à realidade brasileira, considerando os defeitos característicos locais, com o objetivo de melhorar a qualidade de rolamento das vias rurais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As estradas não pavimentadas têm grande importância socioeconômica e, portanto, necessitam de um olhar atento em relação às suas condições de trafegabilidade e segurança, sobretudo em países em desenvolvimento (NUNES, 2003). Em nível global, é possível analisar a relação de estradas não pavimentadas por extensão total da malha rodoviária em cada país (Tabela 01).

Tabela 1: relação de estradas não pavimentadas por extensão total da malha rodoviária, com destaque para o Brasil

Continente/Subcontinente	País	Estradas não pavimentadas (%)	País	Estradas não pavimentadas (%)
África (77%)	África do Sul	79%	Moçambique	79%
	Angola	90%	Nigéria	85%
América Central e Caribe (30%)	Nicarágua	86%	Haiti	82%
	Costa Rica	74%	Cuba	51%
América do Norte (39%)	Canadá	60%	México	64%
	EUA	35%	-	-
América do Sul (84%)	Argentina	70%	Bolívia	85%
	Brasil	87%	Uruguai	90%
Ásia Central (25%)	Rússia	28%	Uzbequistão	13%
Ásia (Leste e Sudeste) (22%)	Camboja	94%	Laos	99%
	Japão	20%	Filipinas	74%
Europa (44%)	Bélgica	22%	Portugal	14%
	Noruega	19%	Grécia	65%
Oceania (61%)	Austrália	57%	Nova Zelândia	34%

Fonte: adaptado de cia.gov apud Rodrigues (2015).

Ao observar a Tabela 01, pode se constatar que mesmo aos países ditos 'desenvolvidos', localizados na Europa e América do Norte, apresentam uma considerável quantidade de estradas não pavimentadas em seus territórios. Na América Latina e Caribe, África e Oceania, a quantidade é similar, sendo os piores casos os da África e da América Latina (RODRIGUES, 2015).

No Brasil, em decorrência da falta de manutenção e da falta de um olhar atento sobre as estradas não pavimentadas, os moradores do campo enfrentam

dificuldades com relação ao aumento do custo operacional dos veículos, ao número de acidentes e ao aumento do preço final dos bens oferecidos ao consumidor (CHAVES et al., 2020). Estima-se um gasto em torno de 28,5% a mais do que o necessário para transportar seus insumos em razão das más condições das rodovias nacionais (CNT, 2019).

A malha rodoviária brasileira é extensa, porém o predomínio se concentra nas regiões sudeste, nordeste e sul (Tabela 02), e, do total de vias não pavimentadas, aproximadamente 91% é de jurisdição municipal (MIRANDA, 2016; SANTANA, 2006), que representa o primeiro estágio do escoamento da produção agropecuária, partindo da propriedade rural à rede coletora (GRIEBELER, 2011).

Tabela 2: extensão de rodovias por região geográfica no Brasil considerando rodovias federais, estaduais transitórias, estaduais, municipais pavimentadas, não pavimentadas e planejadas

Região	Extensão das rodovias (km)	
	Total	Pavimentadas
Brasil	1720700	213453
Norte	148028	22389
Nordeste	445403	59961
Sudeste	533795	62650
Sul	388079	38323
Centro-Oeste	205395	30260

Fonte: Adaptado de CNT (2019).

Segundo Kowalski (2015), o estado do Paraná, tem 105 mil quilômetros de estradas sob administração municipal. Desse total, somente cerca de 7 mil quilômetros são pavimentados. Contrastando com essa realidade, as rodovias sob administração federal possuem 94,2% e as estaduais 85% de vias pavimentadas, portanto, como grande parte da produção municipal parte das vias locais – em grande parte não pavimentada – a manutenção e conservação dessas vias é vital para garantir adequada funcionalidade e segurança aos usuários, o que acarretará, em segundo plano, na diminuição dos custos logísticos dos bens transportados por essas estradas (MOREIRA, 2003).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS RODOVIAS

Conforme o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP, 2012), existem diversos critérios para classificar as rodovias. Elas podem ter administração particular, estadual, municipal ou federal e apresentar uma classificação funcional como vias locais, coletoras ou arteriais. A primeira proporciona acesso a todas as propriedades lindeiras, como usinas e indústrias, a segunda é responsável pela interligação das estradas locais e arteriais, e a terceira proporciona a ligação entre municípios.



Figura 1: classificação funcional das vias
Fonte: DER/SP (2012).

A classificação das rodovias pode ser realizada a partir de seu padrão técnico em classes (A, B, C, D, E) de acordo com os parâmetros geométricos da via e outras características, como a variação de altitude no trajeto. Por último, a classificação pode ser relacionada a algumas características físicas, tais como: ausência ou não de pavimento, características do relevo e presença de uma ou mais pistas (DER/SP, 2012).

Em relação à administração pública, se a rodovia é federal, quase sempre percorre mais de um estado. Por ser de interesse nacional, geralmente a via apresenta classificação funcional arterial. Se a rodovia é estadual, usualmente tem função coletora ou arterial e fica subordinada ao território do estado em que está implantada. Se municipal, atende e fica subordinada ao município que a administra (DER/SP, 2012).

2.3 ESTRADAS VICINAIS

As rodovias vicinais, também chamadas estradas rurais, agrovias ou estradas municipais, são definidas como rodovias que transportam a produção estabelecendo um elo entre produtor e redes de comércio, indústria e centros de armazenagem, além de uma alternativa de acesso a núcleos populacionais carentes (MARIOTONI, 1987 apud Nunes, 2003). Este tipo de rodovia também pode ser definido como:

(...)estradas municipais, pavimentadas ou não, de uma só pista, locais, e de padrão técnico modesto, compatível com tráfego que as utiliza. Entretanto, com as recentes evoluções tecnológicas de produções agrícolas e industriais e de equipamentos de transporte, existem regiões onde os escoamentos de grandes produções agrícolas para as agroindústrias são efetuados através das estradas vicinais por veículos pesados, composto de até nove eixos (DER, 2012, p. 15).

A partir da definição apresentada pelo DER/SP, entende-se que, com o tempo, as estradas e rodovias vicinais se tornaram vias essenciais para o escoamento da produção em zonas rurais, apresentando importância maior do que a definição apresentada por Mariotoni (1987). O Manual do DER (DER/SP, 2012) complementa que:

Estradas e rodovias vicinais passam a desempenhar outras funções não previstas em sua concepção, tais como:

- Complementar a utilização dos sistemas coletor e arterial, alimentando-os;
- Promover a integração demográfica territorial e cultural da região na qual se situam;
- Possibilitar a elevação de renda do setor primário facilitando o escoamento da produção e dos insumos (atividades agropecuárias, agroindustriais, mineração etc.);
- Permitir acessos a locais turísticos e históricos, entre outros. (DER/SP, 2012, pg. 15-16).

2.4 ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Uma estrada não pavimentada, também chamada de 'estrada de terra', é qualquer estrada que não recebe uma camada de concreto asfáltico ou qualquer tipo de tratamento superficial (EATON et al., 1987b).

Essas estradas, comuns em áreas rurais, apresentam um volume de tráfego baixo, geralmente inferior a 400 veículos por dia, com largura de pista adequada ao tipo de tráfego local. A visibilidade da via fica prejudicada devido ao volume de poeira que se forma quando a região enfrenta períodos de seca, sendo comum a existência de focos de vegetação na pista que resultam na formação de poças e dificuldade de escoamento da água (NUNES, 2003).

2.5 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DAS ESTRADAS DE TERRA

Para garantir boas condições de trafegabilidade, a estrada de terra deve possuir duas características essenciais: i) boa capacidade de suporte; e ii) boas condições de rolamento e segurança (SANTOS et al., 1988).

2.5.1 Capacidade de suporte

A capacidade de suporte é uma característica que possibilita à estrada resistir às deformações causadas pelas solicitações de tráfego (SANTOS et al., 1988). Segundo Oda (1995), a capacidade de suporte depende das características do material da superfície e da resistência do solo.

Uma capacidade de suporte adequada também depende de um bom trabalho técnico nas camadas do subleito e/ou na camada de reforço, caso contrário, defeitos como ondulações transversais e afundamento nas trilhas de rodas (rodeiros) começam a aparecer e, geralmente, em épocas de chuva, a baixa capacidade de suporte do solo pode facilitar a formação de lama (SANTOS et al., 1988).

Dois aspectos podem contribuir para a redução desse efeito e devem ser considerados, o primeiro é a presença de materiais granulares (areia, cascalho etc.) e o segundo é a compactação, considerada a etapa mais importante da construção da via não pavimentada (SANTOS et al., 1988).

Para D'Ávila (1996), os solos de regiões tropicais, caso do Brasil, possuem ótima capacidade de suporte, sendo que o rebaixamento sucessivo do leito expõe solos mais suscetíveis à erosão e com baixa capacidade de suporte.

2.5.2 Condição de rolamento

A condição de rolamento das estradas não pavimentadas é relacionada com condições específicas do local, como o clima, o tipo de solo, a topografia e o volume de tráfego (NUNES, 2003).

Oda (1995) complementa que a condição de rolamento também pode ser relacionada à qualidade da viagem, ao custo operacional dos veículos e ao conforto do usuário. Desta forma, tais condições são percebidas tanto na superfície da via, através do surgimento de defeitos e aumento da deterioração da estrutura, quanto nos

motoristas que variam a velocidade de seus veículos. Na Figura 2 é apresentada a variação da velocidade na pista.

Tabela 3: velocidade limite segundo as condições das estradas não-pavimentadas

Velocidade limite	Condições da estrada
0	Intransitável
10	Muito Ruim
20	Ruim
30	Regular
40	Bom
60	Muito bom

Fonte: adaptado de Chaves (1963) apud Oda (1995).

Santos et al. (1988) destacam a aderência como um critério de avaliação da condição de rolamento das estradas, com base no atrito entre as rodas do veículo e a estrada. Uma via com boa aderência impede a ocorrência de 'patinação' das rodas do veículo. Para isso, é necessário o uso de materiais granulares (areia e cascalho) com quantidade adequada de aglutinantes (silte e argila) para que o material granular não se solte na via.

Outros problemas relacionados às condições de rolamento e aderência são os buracos, desagregação, pistas escorregadias e outros defeitos que serão tratados adiante. Todos esses defeitos afetam a camada de revestimento (SANTOS et al., 1988).

Outras características são destacadas por Oda (1995) e Ferreira (2004). Ambos os autores mencionam a importância da capacidade de suporte e condição de rolamento para as estradas não pavimentadas. Uma estrada não pavimentada com boa condição deve contar com bons materiais granulares, largura da via compatível com o tráfego da região, resistência das camadas de solo compatíveis com as solicitações dos veículos e boa capacidade de drenagem (ODA, 1995).

2.5.3 Seção transversal

A seção transversal de uma estrada não pavimentada possui um traçado que segue as características do terreno natural. O projetista deve evitar declividades muito acentuadas, mas também garantir valores mínimos para que haja a drenagem adequada da estrada (ODA, 1995).

A largura da faixa de rolamento é definida a partir do Volume Médio Diário (VMD). Por exemplo, para um VMD menor do que 50 veículos por dia a largura da faixa pode ser de 4 a 5 metros, enquanto que para VMD entre 50 e 400 a largura da faixa de rolamento pode variar entre 5,5 metros e 6,2 metros (TRB, 1979b apud ODA, 1995).

Deve-se garantir a inclinação transversal da via criando um abaulamento transversal de inclinação de 3% (Figura 2), podendo ser de 4% dependendo do solo existente no subleito da via. Se o leito natural do terreno tiver solo argiloso, a inclinação pode ser maior (DNER, 1981 apud ODA, 1995).

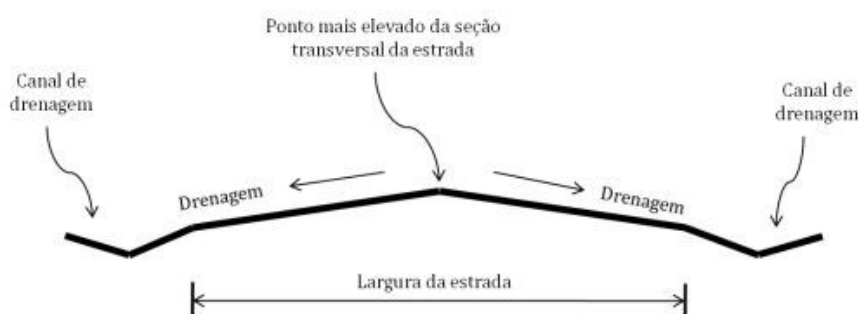


Figura 2: seção transversal de uma estrada não pavimentada
Fonte: Silva (2011).

2.5.4 Material de superfície

O material de revestimento mais comum na camada de superfície é o solo natural (ODA, 1995), inclusive, é importante que o solo natural seja mantido como parte permanente de uma estrada não pavimentada, ou seja, ao se fazer o nivelamento e o abaulamento, deve-se manter o leito o mais próximo possível da superfície natural, pois o solo é mais resistente (SANTOS et al., 1988). O tipo de solo influencia na qualidade do revestimento (ODA, 1995) e a maioria deles proporciona uma boa superfície quando secos ou ligeiramente úmidos (TRB, 1979b apud ODA, 1995).

Quanto ao tipo de solo, Santos et al. (1988) caracterizam de duas formas os solos superficiais, que como o próprio nome indica, compõem as camadas mais próximas da superfície. Os autores julgam que esses solos são melhores, como a camada de revestimento da estrada, pois têm boa resistência à erosão e são compactados com mais facilidade por possuírem granulometria favorável. Os solos

saprolíticos ou residuais, presentes em camadas mais profundas, possuem características opostas aos superficiais, ou seja, por possuírem baixa proporção de argilas, a resistência à erosão fica comprometida. A compactação é mais difícil por apresentarem maiores proporções de silte. Ao constatar estas características, alertam que a recorrência da passagem de motoniveladoras para a raspagem do solo pode comprometer o desempenho da estrada por justamente expor a camada de solos debilitados.

O desempenho da estrada, caracterizado pelo surgimento de defeitos que aumentam com a passagem do tráfego ao longo do tempo, pode ser prejudicado ou melhorado a depender do tipo e da qualidade do material presente na superfície de rolamento. Esta superfície deve ser lisa, firme, proporcionar boas condições de conforto e de segurança (ODA, 1995).

Para melhorar a condição de superfície, o método mais eficiente é aplicar sobre ela uma camada de brita ou materiais granulares que resultem em um material de granulometria densa, que tenha uma boa quantidade de finos, como argila e silte, para que sirvam de ligantes e resulte uma mistura homogênea ao ser compactada (ODA, 1995). A espessura da camada, segundo TRB (1979b) apud Oda (1995), pode variar entre 10 e 20 cm dependendo da qualidade do material granular e da solicitação de carga do tráfego.

Os materiais granulares, como as areias e britas, fornecem condições de atrito entre a roda e a estrada (SANTOS et al., 1988) e boa capacidade de suporte aos carregamentos quando estão compactados (ODA, 1995), porém sem a presença de ligantes podem facilmente se desagregar, causar buracos e dificuldades para a condução do veículo. A dosagem do ligante é primordial, haja vista que, se houver escassez, ocorre desagregação do material granular; se houver excesso, o solo, em temporadas de chuva fica muito mole formando uma camada de barro e em temporadas de seca produzem muita poeira (ODA, 1995).

O conhecimento das camadas do solo é necessário, pois apresentam características variáveis em diferentes níveis de profundidade. É imprescindível manter o solo mais nobre nas camadas superiores, assim, quando a carga de roda atinge a camada superficial, os esforços serão resistidos com pouca deformação. Ao transferir a carga aos solos menos nobres, os carregamentos estarão dissipados e sua intensidade diminuta (ODA, 1995).

A compactação do solo garante a durabilidade e menos gastos com manutenção do que um solo não compactado (ODA, 1995). Para garantir boas condições de rolamento e aderência, além da compactação, o material granular, argiloso e a mistura são qualidades a serem garantidas (SANTOS et al., 1988).

No Brasil, D'Ávila (1996) expõe que a bibliografia relacionada aos materiais superficiais obedece a métodos tradicionais para a caracterização do solo. Os métodos mais tradicionais de classificação dos solos no meio geotécnico são a *Unified Soil Classification* – Classificação Unificada do Solo (USC) - e o *Transportation Research Board*- Conselho de Pesquisa de Transporte (TRB) -. Ambos os métodos foram desenvolvidos durante a segunda guerra mundial, a pedido dos Estados Unidos da América, frente a necessidade de se construir pistas de pouso e decolagem. Os métodos se baseiam em propriedades físicas, como a granulometria e a determinação do Limite de Plasticidade (LP) e o Limite de Liquidez (LL) (SILVA, 2009).

Importados para o Brasil na década de 1940, os métodos USC e TRB, e outros, concomitantemente aos Princípios de Mecânica dos Solos, são amplamente utilizados no meio rodoviário e ensinados nas escolas de engenharia até os dias de hoje. No entanto, naquela época já se percebiam deficiências nesses métodos de classificação quando aplicados às regiões de clima tropical. O que se observava, era que os resultados experimentais obtidos a partir de métodos tradicionais não traduziam os resultados encontrados em campo. Em outras palavras, os solos finos tropicais obtinham excelente desempenho em obras viárias (MARSON, 2004).

Como foram desenvolvidos em países de climas temperados, os métodos USC e TRB, por exemplo, podem não ter um resultado satisfatório quando utilizados para a classificação de solos tropicais (SILVA, 2009), uma vez que, segundo Marson (2004), em regiões de climas temperados, os solos apresentam predominância de materiais granulares com boas qualidades geotécnicas e materiais finos com altos índices de plasticidade e baixa capacidade de suporte.

Após os professores Nogami e Villibor constatarem um desempenho satisfatório em vários trechos experimentais compostos por solos arenosos finos lateríticos, antes considerados inapropriados pelos métodos tradicionais, perceberam a necessidade de um critério mais específico para a classificação de solos para fins rodoviários (SILVA, 2009) e, em 1980, apresentaram na 15ª Reunião Anual de Pavimentação o método MCT (Miniatura, Compactado, Tropical), uma nova maneira

de classificar solos tropicais finos com base nas propriedades mecânica e hidráulica (MARSON, 2004).

Ao método MCT deve ser atribuído o mérito de trazer inovação ao estudo de materiais tropicais. Segundo esse método, solos classificados como laterítico arenoso (LA) são aplicáveis como revestimento primário para estradas de baixo volume de tráfego ($VDM < 20$ veículos /dia) em greide plano a suave, enquanto solos não-lateríticos siltosos (NS) não são aplicáveis como revestimento primário (D'ÁVILA, 1996).

2.5.5 Drenagem

Skorseth e Selim (p. 33, 2000) mencionam um provérbio que aponta três aspectos importantes para a construção e manutenção de estradas não pavimentadas: “drenagem, drenagem e drenagem”. O sistema de drenagem é essencial para a conservação de estradas. Em média, 90% dos engenheiros apontam que a drenagem é o vetor causador de grande parte dos problemas das estradas (FERREIRA, 2004). Sem o sistema de drenagem, por mais que as condições da pista sejam adequadas, problemas precoces ocorrerão (SANTOS et al., 1988). Em épocas de chuva, a drenagem, se mal estabelecida, pode causar sérios defeitos nas estradas não pavimentadas (ODA, 1995).

A estrada recebe e serve como um canalizador da água da chuva. Se a estrada é mal projetada, o escoamento fica disperso, a água se acumula e causa problemas que podem comprometer toda a sua funcionalidade. Portanto, é necessário prever um sistema de drenagem eficiente para criar um escoamento ordenado da água (Figura 3), seguindo uma lógica balizada no uso de dispositivos e técnicas adequadas (SANTOS et al., 1988).

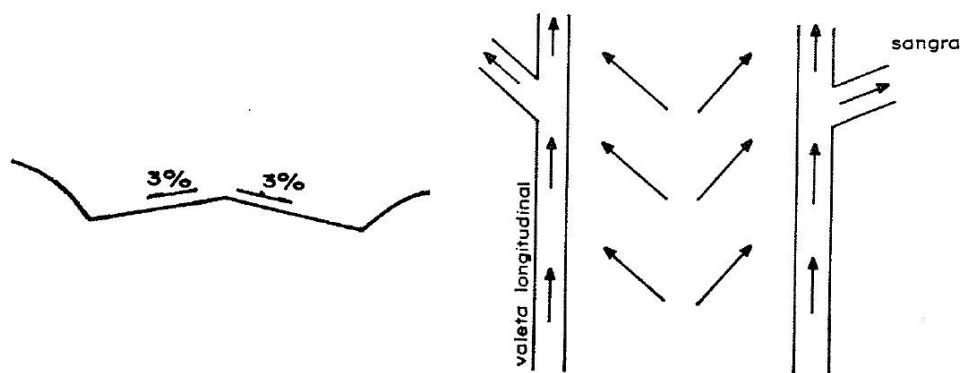


Figura 3: escoamento ordenado
Fonte: Santos et al. (1988).

Um sistema de drenagem dispõe de dois mecanismos para operar, um deles é a drenagem superficial, com o objetivo de evitar que a água se acumule na superfície da estrada e escoe para as valetas construídas nas laterais da pista de rolamento; o outro é a drenagem subterrânea, usada para melhorar o escoamento da água no subsolo, que pode prejudicar a camada de subleito causando danos estruturais (FERREIRA, 2004).

2.5.5.1 Drenagem superficial

A drenagem superficial deve garantir o escoamento da água de forma ordenada e lógica, utilizando técnicas construtivas como o abaulamento transversal, rampas que seguem a curva de nível, canaletas, sangrias e bueiros (SANTOS et al., 1988). O escoamento deve ter velocidade suficiente para a água ser transportada no local desejado, mas não muito rápida a ponto de causar erosões (SILVA, 2011).

As rampas contribuem para o escoamento da água, se ela for muito acentuada é necessário colocar lombadas para diminuir a velocidade de escoamento e direcionar para as valetas (ODA, 1995).

Sobre o perfil transversal da pista (Figura 4), o projeto deve prever características que colaborem para o escoamento da água e evite acúmulo em algumas regiões, como a construção de canaletas nas laterais da via. Nas canaletas/valetas, se a declividade for alta, pode ser inserida uma camada de cobertura vegetal no local para diminuir a velocidade de escoamento e evitar a erosão do solo (ODA, 1995). Durante a execução do projeto, todas as variações do perfil

transversal podem ocorrer, assim, além das condições de pista em linha reta, existem condições características do perfil em trajetos curvos, como o aumento da largura da pista (superlargura) (GRIEBELER, 2002). Essas variações do perfil conduzirão a água de forma diferente e causarão danos permanentes se não forem previstas. O corte da estrada cria um talude. Quando a água da chuva escoar sobre a superfície inclinada pode trazer consigo os grãos de solo que se depositam na camada inferior do talude, portanto, deve-se prever a construção de uma canaleta na crista superior do talude para dar novo destino a essa água (ODA, 1995).

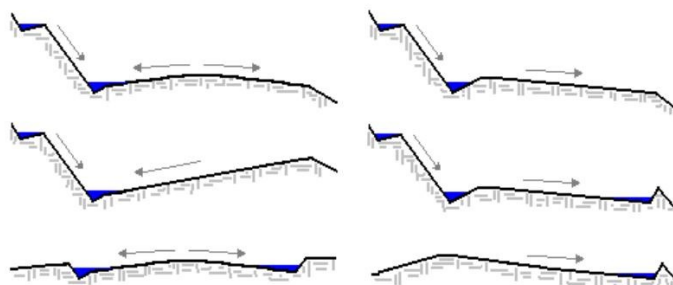


Figura 4: diferentes perfis transversais e gradiente de deslocamento da água
Fonte: Griebeler (2002).

O abaulamento corrobora para que a água não escoar no sentido longitudinal da estrada. Ao escoar nesse sentido, em estradas com alta declividade, a água com elevada energia cinética pode começar a ter força suficiente para erodir a estrada. Se a superfície for plana ou com baixa declividade, o abaulamento elimina a tendência de formar poças de água (SILVA, 2011).

A inclinação da seção transversal, segundo Gutierrez (1972) apud Griebeler (2002), deve ter declividade entre 2 e 8% dependendo do tipo de solo na superfície e a precipitação, sendo que uma superfície dura e lisa requer um abaulamento menor, ao passo que uma superfície rígida e rugosa, um abaulamento maior. Ainda, Gutierrez (1972) apud Griebeler (2002) atesta que elevações muito altas para vias de veículos grandes e pesados podem causar tombamentos em curvas.

A drenagem superficial, segundo Ferreira (2004), apresenta alguns dispositivos que fazem parte do sistema, a saber: Valetas, Sangrias e Bueiros.

A valeta é caracterizada, segundo Ferreira (2004), como um elemento de drenagem que é construído na lateral da via trafegável e geralmente é suficiente como

elemento drenante, porém, em regiões de chuva muito elevada, podem ser necessárias técnicas especiais para lidar com o excesso de água. Ainda, Dibiaso (2002) apud Ferreira (2004) cita a existência de três cortes de valetas. O corte parabólico, com fundo redondo, tem melhor custo-benefício ao longo do tempo, mesmo com a dificuldade na execução e o custo mais elevado, este corte tem pouca suscetibilidade à erosão e há facilidade na aplicação de camadas vegetais lindeiras ao fundo da valeta. Outro corte possível é o trapezoidal, que tem a mesma capacidade do corte parabólico e é executado mais facilmente. O terceiro tipo, o corte em V (Figura 5), é o mais fácil de construir e exige pouca área na margem da estrada. No entanto, requer mais manutenção, tem pouca capacidade de transporte de água e é mais suscetível à erosão (FERREIRA, 2004).



Figura 5: corte de valeta em "V"
Fonte: Skorseth e Selim (2000).

A sangria ou sangra, segundo Santos et al. (1988), é uma ferramenta que leva a água para um terreno vizinho quando as canaletas não possuem destino a um sistema de drenagem natural. As sangras devem ser construídas seguindo as curvas de nível, se o terreno tiver declividade muito acentuada, para que não cause a erosão do solo (Figura 6). Citam que o espaçamento entre as sangras, em média, é de 20 metros para trechos inclinados e de 40 metros para trechos planos.

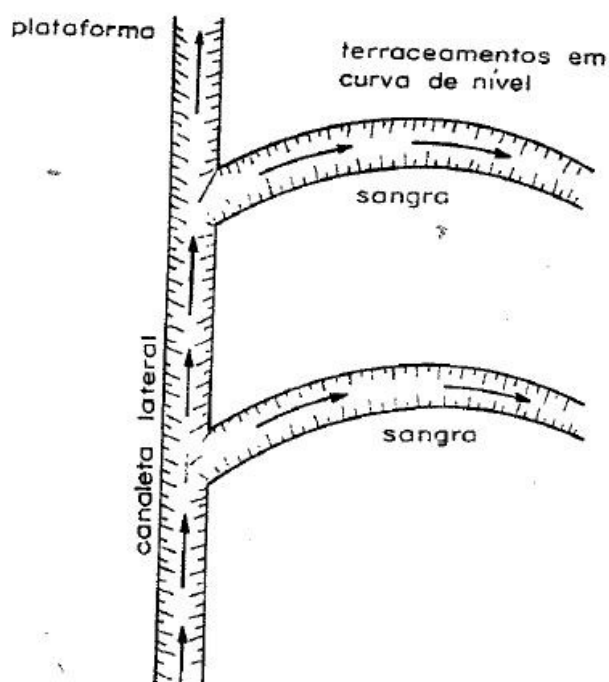


Figura 6: sangras acompanhando curva de nível para terrenos com declividade acentuada
Fonte: Santos et al. (1988).

Os bueiros são estruturas que possibilitam a transposição por passagem subterrânea de água de um lado para outro da estrada, mantendo o fluxo natural da água dos rios. Podem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, latões tratados etc. A escolha do tipo de tubo mais adequado depende das condições locais, assim como as vantagens e desvantagens de cada um com relação à vida útil, resistência, corrosão, abrasão e dificuldade para instalar no local (FERREIRA, 2004). Skorseth e Selim (2000) ainda complementam que os bueiros devem ser constantemente inspecionados, pois na parede dos tubos pode ficar depositado uma grande quantidade de solo presente na água e sólidos grosseiros, que podem prejudicar a capacidade de drenagem e ocasionar problemas graves em épocas de chuva.

2.5.5.2 Drenagem subterrânea

A drenagem subterrânea é necessária quando o nível do lençol freático está próximo o suficiente das camadas de base da estrada, e há a iminência de que o subleito seja comprometido e, por conseguinte, cause danos estruturais à estrada (FERREIRA, 2004).

Para evitar tal catástrofe, é preciso rebaixar o nível do lençol freático e utilizar drenos para complementar a drenagem superficial. Esses drenos devem ser colocados no sentido longitudinal da estrada, a uma profundidade que rebaixe o nível do lençol freático, geralmente a 1,5 m de profundidade em relação à superfície da estrada. Se a estrada for relativamente plana, é interessante colocar duas linhas de drenos. Os drenos podem ter diâmetro de aproximadamente 0,2 m para regiões de solos siltosos e argilosos (FERREIRA, 2004).

Os tubos drenantes (Figura 8) devem ser envolvidos com manta geotêxtil e uma camada de brita bem graduada para assegurar que os finos do solo não obstruam os furos. A água será captada tanto das valetas quanto do próprio lençol freático até encontrar a saída (KERLER e SHERAR, 2004).

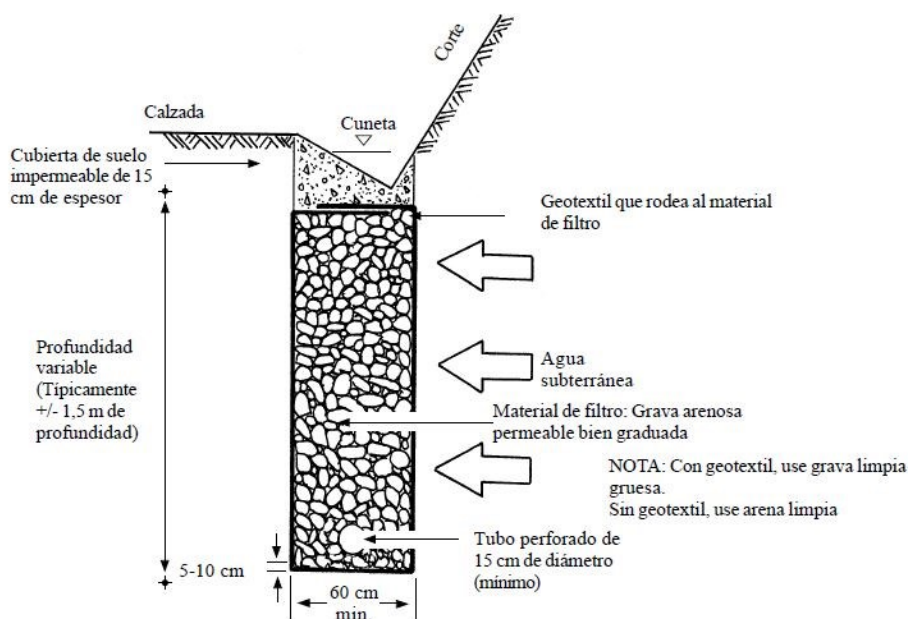


Figura 7: sistema de drenagem subterrânea
Fonte: Keller e Sherar (2004).

2.6 VOLUME DE TRÁFEGO

Como já comentado, as estradas de terra apresentam baixo VMD, inferior ou igual a 400 veículos por dia (FONTENELE, 2001). Por esse motivo, poucos recursos são disponibilizados para avaliação e manutenção dessas vias (CHAMORRO et al., 2009).

D'Ávila (1996) comenta que a maior parte dos municípios não realizam contagem de tráfego e que, via de regra, os municípios possuem um sistema de gerenciamento aquém do adequado, o que leva a negligenciarem essa etapa essencial para a definição de alocação racional de recursos.

A observação registrada por D'Ávila (1996) é muito importante, já que os veículos aceleram a deterioração das vias, como apontam os professores Visser e Hudson (1981), o que acarreta a redução do conforto do usuário, aumento dos custos de transportes e da depreciação dos veículos (ODA, 1995).

2.7 DEFEITOS MAIS COMUNS DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Defeitos podem ser definidos como desarranjos que contribuem para aumentar ou gerar desconforto para o usuário da rodovia ou impedir o tráfego de veículos (DARONCHO, 2001). Os defeitos de pavimentos também podem ser definidos como:

[...] qualquer evidência visível de falhas ou discontinuidades na superfície de rolamento da estrada que afeta a sua capacidade estrutural, aparência ou a qualidade de movimento dos veículos (ASTRORoads, 1997, apud NUNES, 2003, p. 23).

Em sua obra, D'Ávila (1996) divide defeito em funcional e estrutural, sendo que o primeiro é relacionado à segurança e conforto do usuário e o segundo com a capacidade de suporte do pavimento. Santos et al. (1988) complementam que as causas dos defeitos de superfície são a falta de capacidade de suporte do subleito, o mau desempenho na superfície de rolamento e a deficiência no sistema de drenagem. Deve-se observar que esta última sempre agrava os demais defeitos, mesmo não sendo a causa principal. Baseado nos estudos de Oda (1995), observa-se que as causas de defeitos apresentadas por Santos et al. (1988) são intrínsecas, ou seja, são relacionadas ao tipo de solo e aos perfis longitudinal e transversal, porém existem causas extrínsecas, como a água da chuva, que provoca a saturação do solo que pode comprometer a capacidade de suporte e causar a erosão do mesmo; o tráfego que aplica cargas constantemente à superfície levando à fadiga e a deformações – permanentes ou não -; a manutenção através de serviços mecanizados que alteram o perfil do terreno.

Em resumo, como apontou Nunes (2003), defeitos são alterações na superfície da estrada que influenciam negativamente o conforto e a segurança do usuário, sendo atribuídos a fatores como tráfego, chuva, manutenção, drenagem e tipo de solo; apresentam níveis de severidade que variam conforme aumenta a dificuldade imposta à passagem do veículo em um determinado trecho (DARONCHO, 2001).

No próximo tópico serão apresentados os defeitos comuns em estradas não pavimentadas, bem como a severidade dos mesmos com base nos trabalhos apresentados por Eaton et al. (1987a), Oda (1995), Fontenelle (2001), Santos et al. (1988), Moreira (2003) e Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.1 Seção transversal inadequada

É um defeito relacionado à inconformidade geométrica do perfil transversal da estrada e/ou inexistência de abaulamento, fazendo com que a água da chuva não escoe para as valetas de drenagem situadas na lateral da pista. Esse defeito pode ser notado pelo escoamento ao longo da superfície e pela erosão causada pela água da chuva (EATON et al., 1987a). A causa é geralmente atribuída à raspagem da via sem acréscimo de material, o que faz com que a estrada fique em formato encaixado no terreno (FONTENELE, 2001) conforme apresentado na Figura 8. Devido ao efeito de encaixamento e à incapacidade de escoamento da água, em períodos de chuva, a água se acumula e, por conseguinte, pode tornar o trecho intransitável (MOREIRA, 2003).



Figura 8: greide "encaixado" - seção transversal inadequada
Fonte: Moreira (2003).

Segundo os critérios de Eaton et al. (1987a), os níveis de severidade para este defeito são:

Severidade Baixa (Figura 9): pontos com pequena quantidade de água empoçada ou superfície completamente plana, sem declividade do perfil transversal.

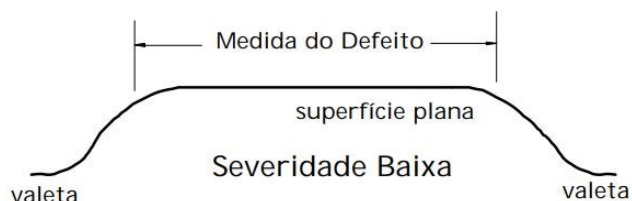


Figura 9: severidade baixa
Fonte: Oda (1995).

Severidade média (Figura 10): pontos com quantidade moderada de água empoçada ou superfície em forma de "bacia".

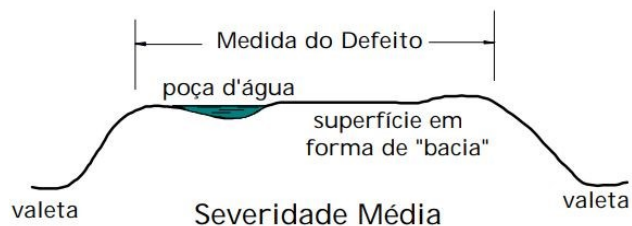


Figura 10: severidade média
Fonte: Oda (1995).

Severidade alta (Figura 11): pontos com grande quantidade de água empoçada ou grandes depressões nas trilhas de rodas da superfície da estrada.

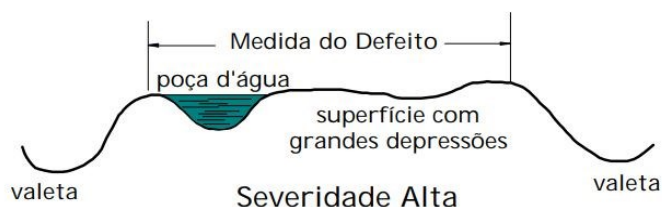


Figura 11: severidade alta
Fonte: Oda (1995).

2.7.2 Ondulações ou corrugações

São, segundo Moreira (2003), ondulações regulares ou irregulares na via com sentido perpendicular ao tráfego, transmitidas a partir de movimentos oriundos da vibração dos motores e do contato dos pneus do veículo com o solo. A causa de algumas corrugações regulares é a manutenção inadequada do trecho durante a raspagem da superfície (MOREIRA, 2003).

Sendo as corrugações 'ondas' ou sulcos no sentido perpendicular ao tráfego, a manifestação em intervalos regulares é localizada em estradas planas e com solos arenosos, enquanto que, para intervalos irregulares, a ocorrência se atém a estradas com solo argiloso que, ao secarem, se contraem formando as 'ondas'. Também é atribuída como causa do surgimento das ondulações a falta de capacidade de suporte do subleito e a ausência ou algum problema no sistema de drenagem (FONTENELE, 2003).

Segundo Eaton et al. (1987a), esse defeito é causado pela ação do tráfego e pela perda de agregados, geralmente formados em regiões de aceleração e frenagem ou em locais nos quais a estrada é muito fofa; também em regiões esburacadas.

As trepidações sentidas pelos usuários em trechos com essa falha funcional são bastante desconfortáveis. As ondulações (Figura 12) são também conhecidas como costeletas, costelas de vaca ou catabi - denominação atribuída na região norte do Brasil - (ODA, 1995).

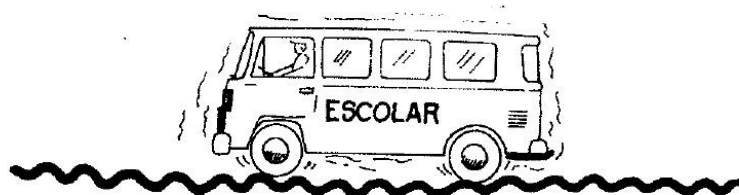


Figura 12: ondulação/corrugação
Fonte: Santos et al. (1988).

Com base nos critérios de Baesso e Gonçalves (2003) é apresentado os níveis de severidade para este defeito:

Severidade baixa (Figura 13): profundidade menor do que 3 centímetros.

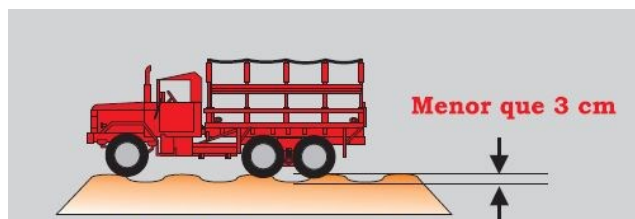


Figura 13: severidade baixa
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade média (Figura 14): profundidade entre 3 e 8 centímetros.

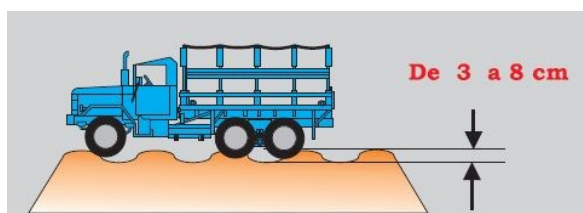


Figura 14: severidade média
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade alta (Figura 15): profundidade maior do que 8 centímetros.

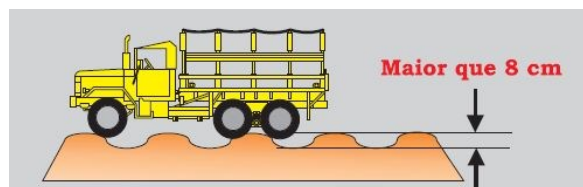


Figura 15: severidade alta
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.3 Poeira

A poeira é muito comum em estradas não pavimentadas, sendo caracterizada pela presença de materiais finos que se desprendem da superfície em períodos de seca e ficam suspensos no ar formando uma 'nuvem de poeira' ou 'nuvens de pó'. A causa principal deste defeito é a ação abrasiva do tráfego que faz com que as partículas de solo aglutinantes (solos finos) se desprendam da superfície da estrada. Essas 'nuvens de poeira' podem prejudicar a visibilidade do condutor (MOREIRA, 2003).

Para Oda (1995), essa nuvem de poeira (Figura 16) é danosa aos veículos e ao meio ambiente. Fontenele (2001) destaca que a poeira atinge os motores dos veículos fazendo com que a vida útil fique comprometida.



Figura 16: nuvem de poeira durante a passagem de um veículo.
Fonte: Moreira (2003).

Segundo os critérios de Oda (1995) apresenta os níveis de severidade para este defeito.

Severidade baixa (Figura 17): nuvem pouco densa e que não obstrui a visibilidade.



Figura 17: severidade baixa
Fonte: Oda (1995).

Severidade média (Figura 18): nuvem pouco densa que parcialmente obstrui a velocidade e causa tráfego lento.



Figura 18: severidade média
Fonte: Oda (1995).

Severidade alta (Figura 19): nuvem demasiadamente densa que obstrui a visibilidade em grande medida e deixa o tráfego muito lento ou parado.



Figura 19: severidade alta
Fonte: Oda (1995).

2.7.4 Buracos/panelas

São depressões em forma de bacia que surgem devido à expulsão de partículas sólidas na superfície com a recorrente passagem do tráfego onde há empocamento de água. Os buracos aparecem devido à deficiência da drenagem superficial caracterizada pela falta de abaulamento (FONTENELE, 2001).

Eaton et al. (1987a) definem que os buracos são pequenas depressões de diâmetros pequenos com formatos de bacias. São formados com a passagem dos veículos que removem pequenas partículas da estrada, e a água que se acumula no local corrobora para o crescimento do buraco. A estrada, portanto, se desintegra paulatinamente em locais onde há perda de material superficial ou em pontos frágeis da base ou subleito.

Santos et al. (1988) citam que a drenagem superficial inadequada não é a única causa da ocorrência de buracos na via, mas que pode contribuir o fato de não haver tratamento primário na estrada e que, mesmo se houver, a falta de solo aglutinante (argila) pode ser um catalisador dessa irregularidade (Figura 20).



Figura 20: buracos ou panelas
Fonte: Moreira (2003).

Oda (1995) ainda apresenta critérios que classificam a severidades dos buracos na via com base no *Road Surface Management System* – Sistema de gerenciamento de superfície rodoviária - (RSMS, 1991).

Baesso e Gonçalves (2003) apresentam critérios de severidade baixo, médio e alto - indicados pelas letras B, M e A, respectivamente - de buracos/panelas em estradas não pavimentadas, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: níveis de severidade

Altura máxima (h)	Diâmetro médio (m)			
	$\leq 0,30$	Entre 0,30 e 0,60	Entre 0,60 e 0,90	$> 0,90$
1 cm \leq h < 5 cm	B	B	M	M
5cm \leq h < 10cm	B	M	A	A
h > 10cm	M	A	A	A

Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Na Figura 21 são apresentadas as condições a serem observadas em campo correspondente a cada nível de severidade a partir das determinações elencadas na Tabela 4.

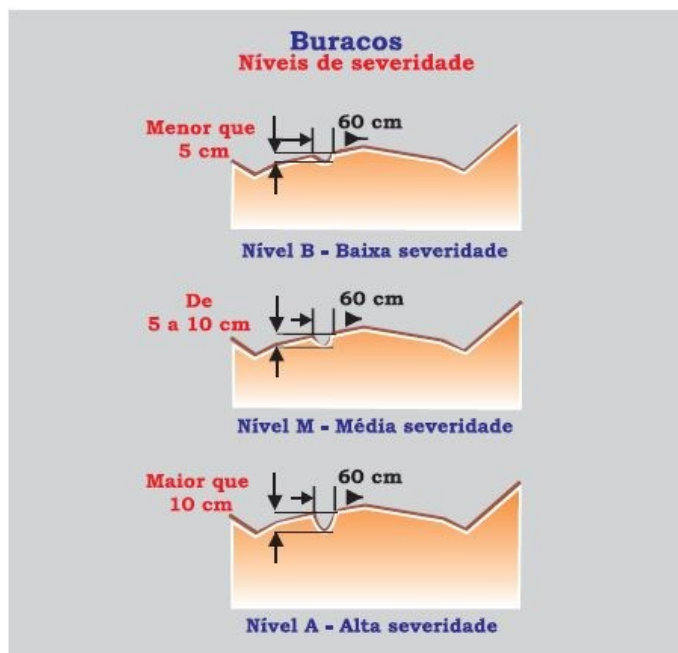


Figura 21: severidade baixa, média e alta
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.5 Afundamento nas trilhas de rodas

Nas estradas não pavimentadas, as trilhas de rodas são formadas em uma única faixa, pois os veículos trafegam no centro da pista em ambos os sentidos, ou seja, a aplicação de carga é dobrada e, com a passagem regular do tráfego, a repetição de cargas intensificada leva à fadiga estrutural, uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou do subleito formada por sulcos no lugar onde passam as rodas. A causa é atribuída à baixa capacidade de carga do subleito e à saturação do solo em dias de chuva (ODA, 1995).

Para Moreira (2003), Santos et al. (1988) e Fontenele (2001), o afundamento das trilhas de rodas causado pelas chuvas ocorre devido a falhas, má execução ou inexistência do sistema de drenagem. Em outras palavras, as trilhas de roda (Figura 22) criam um local onde a água não tem para onde escoar e se acumula e infiltra nas camadas inferiores do solo, desenvolvendo um problema de drenagem que, com o tempo, leva à degradação da camada superficial e a outros defeitos (MOREIRA, 2003).

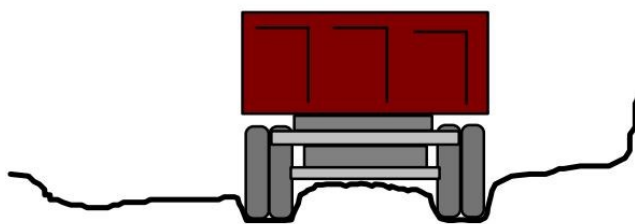


Figura 22: afundamento nas trilhas de rodas
Fonte: Oda (1995).

Baesso e Gonçalves (2003) apresentam os níveis de severidade para este defeito.

Severidade baixa (Figura 23): sulcos com profundidade menor do que 3 centímetros.



Figura 23: severidade baixa
Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade média (Figura 24): sulcos com profundidade entre 3 e 8 centímetros.

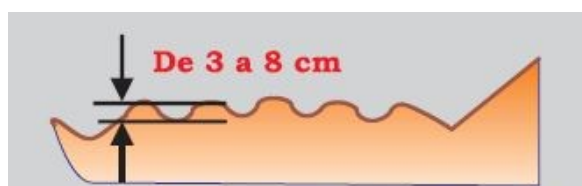


Figura 24: severidade média
Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade alta (Figura 25): sulcos com profundidade maior do que 8 centímetros.

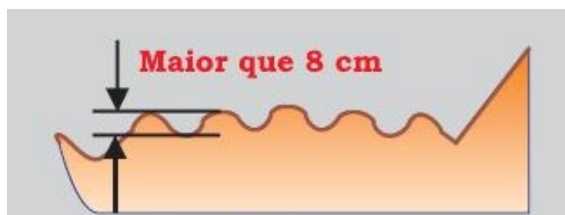


Figura 25: severidade alta
Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.6 Erosão

São sulcos que surgem na superfície da estrada causados pela ação da água da chuva em solos coesivos e/ou da ineficiência do sistema de drenagem. O problema tende a se agravar com o tempo, deixando de ser um pequeno sulco, formando grandes sulcos, que podem atingir profundidades superiores a 60 centímetros (MOREIRA, 2003).

Oda (1995) salienta que as erosões são formadas em estradas de solo arenoso, em rampas com inclinações superiores a 6%, sem declividade transversal e sistema de drenagem inadequado; em regiões chuvosas o quadro erosivo pode piorar de tal forma que, se a estrada possuir declividade longitudinal maior do que 8%, começam a se formar ravinas com até 1,10 metro de profundidade (Figura 26).

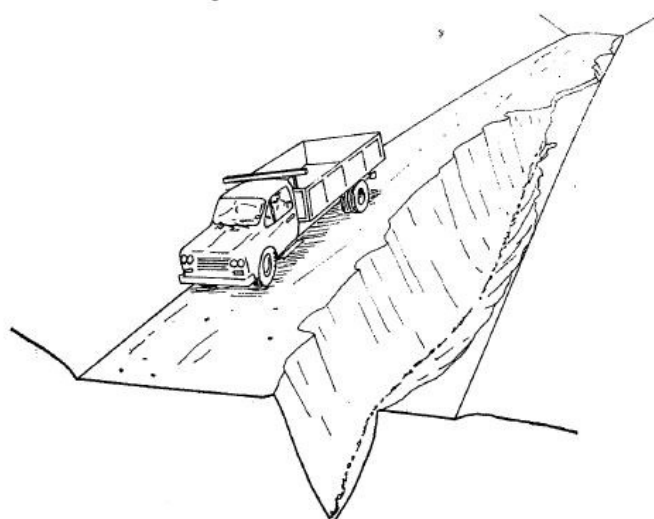


Figura 26: erosão
Fonte: Santos et al. (1988).

Os níveis de severidade para este defeito são estabelecidos conforme o estudo apresentado por Oda (1995):

Severidade baixa: sulcos com profundidade menor do que 20 centímetros e largura menores do que 10 centímetros.

Severidade média: sulcos com profundidade entre 20 e 60 centímetros e largura entre 10 e 30 centímetros.

Severidade alta: sulcos com profundidade maior do que 60 centímetros e largura maior do que 30 centímetros.

2.7.7 Segregação de agregados

O desgaste contínuo ocasionado pelo tráfego nas estradas não pavimentadas leva, segundo Eaton et al. (1987a), ao descolamento das partículas de maior granulometria presentes no solo. Esses grãos maiores são jogados para fora do caminho das rodas.

Esse defeito (Figura 27) ocorre em estradas de solo argiloso com trechos ascendentes, onde é inserido material granular para melhorar o atrito das rodas do veículo com o solo, porém a compactação não é executada de forma adequada e, quando os veículos passam, os agregados se desprendem e se deslocam para fora da trilha de rodas formando bermas no meio e nas laterais da via (ODA, 1995).



Figura 27: segregação de agregados
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Os níveis de severidade conforme apresentados por Oda (1995) são:

Severidade baixa (Figura 28): bermas menores do que 5 centímetros de altura.

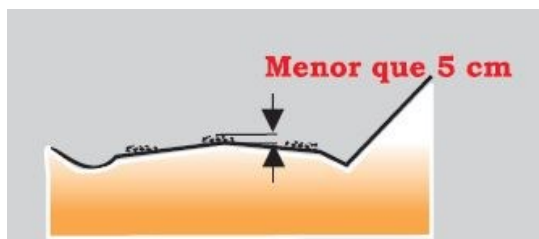


Figura 28: severidade baixa
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade média (Figura 29): bermas com alturas variando entre os intervalos de 5 e 10 centímetros;



Figura 29: severidade média
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade alta (Figura 30): bermas com alturas maiores do que 10 centímetros.

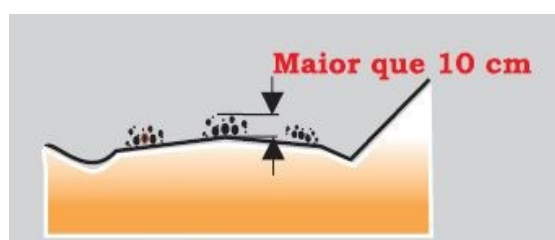


Figura 30: severidade alta
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.8 Areiões

Os areiões ocorrem em regiões de solo arenoso, com pouco ou nenhum material aglutinante (argila), que em períodos de seca ficam soltos na via. As chuvas e a passagem do tráfego fazem com que se formem bermas na lateral da pista e no centro por onde as rodas não passam (FONTENELE, 2001).

Santos et al. (1988) dividem esse defeito em dois tipos: i) areião de espigão que se forma pela ação da chuva e do tráfego, criando uma camada de areia solta por

grandes trechos e que, em tempos secos, podem ocasionar sérias dificuldades de trafegabilidade no trecho, por vezes, de grande extensão; e ii) areião de baixada, comum em regiões de solo arenoso que se formam em ocasião da areia trazida de trechos elevados.

Essa irregularidade é bem parecida com a segregação de agregados que Eaton et al. (1987) apresentam, no entanto, a diferença entre areiões e segregação de agregados é que para o primeiro não existe importação de agregado para o trecho, ou seja, os materiais granulares soltos não foram acrescentados à via, e para o segundo, os materiais granulares soltos na pista foram importados à via com o objetivo de fazer as rodas dos veículos ganharem atrito (ODA, 1995).

Os níveis de severidade segundo apresentados por Oda (1995) são:

- Severidade baixa: bermas menores do que 5 centímetros de altura.
- Severidade média: bermas com alturas entre 5 e 15 centímetros.
- Severidade alta: bermas maiores do que 15 centímetros.

2.7.9 Facão

Esse defeito se caracteriza pelo acúmulo de material arenoso lançado para as laterais da via e para o centro formando uma trilha de roda – não confundir com afundamento na trilha de roda -. Pode ou não coexistir com os areiões em virtude de ser característico de solos arenosos, contudo é comum os facões se apresentarem em uma trilha única e, por ter pouco volume de tráfego, surgirem vegetações nos locais onde o material granular se acumula, dificultando a passagem de veículos (ODA, 1995).

Segundo Oda (1995) a severidade desse defeito é classificada por:

- Severidade Baixa: profundidade das trilhas menores do que 5 centímetros.
- Severidade média: profundidade das trilhas entre 5 e 10 centímetros.
- Severidade alta: profundidade das trilhas maiores do que 10 centímetros.

2.7.10 Pista escorregadia

Em regiões de solo argiloso onde a estrada está molhada, as rodas dos veículos perdem aderência com a pista e escorregam sobre uma fina camada solo

mole. Nesse estado, a pista se torna extremamente perigosa, principalmente em rampas (FONTENELE, 2001).

Este problema é agravado durante períodos de chuvas e em rampas com inclinações maiores do que 8%. Se a drenagem não for adequada, a água transborda para a pista aumentando o risco de acidentes (ODA, 1995).

Santos et al. (1988) salientam que a pista escorregadia pode ocorrer de duas maneiras, uma delas, chamada de pista molhada derrapante (Figura 31), ocorre em trechos argilosos quando a pista está molhada, situação na qual o atrito e a aderência ficam comprometidos, dificultando a passagem de veículos, principalmente em trechos com rampas. A outra maneira, chamada de pista seca derrapante (Figura 32), ocorre em virtude do cascalhamento de material granular sem quantidade adequada de ligante ou da superfície natural com presença de pedras e material granular, ou em decorrência de tratamento primário mal executado, ou seja, sem ligante (solo fino).

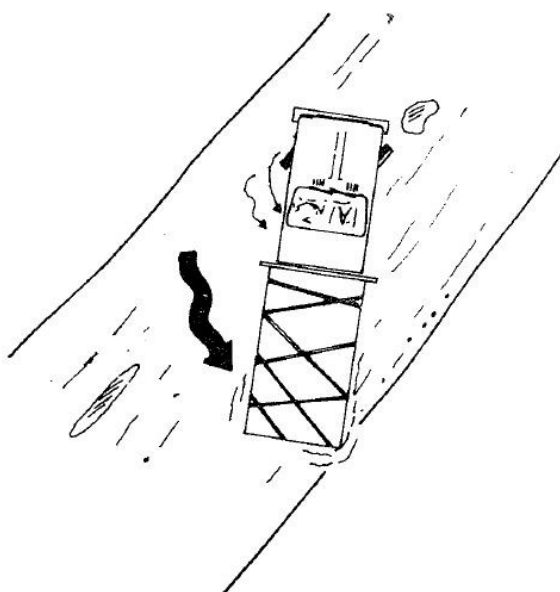


Figura 31: pista molhada derrapante
Fonte: Santos et al. (1988).

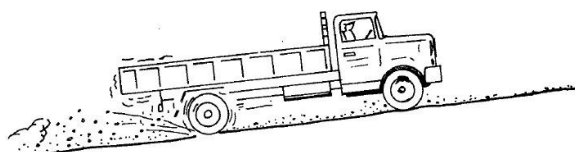


Figura 32: pista seca derrapante
Fonte: Santos et al. (1988).

2.7.11 Atoleiro

Camada em que se acumula água e se forma lama. Quando os veículos passam, 'patinam' e dificilmente saem do lugar em decorrência da falta de atrito (Figura 33). Dependendo do tipo de solo, a deficiência ou a ausência de sistema de drenagem é a causa atribuída à irregularidade (ODA, 1995).

O que acontece é que a declividade transversal - elemento necessário para um bom sistema de drenagem - deficiente faz com que a chuva não escoe para as laterais da pista. Esta água empoçada penetra o solo, causa saturação e enfraquece as camadas subjacentes (FONTENELE, 2001), ou seja, além da drenagem deficiente, a perda de capacidade de suporte do subleito é uma causa deste defeito (SANTOS et al., 1988).

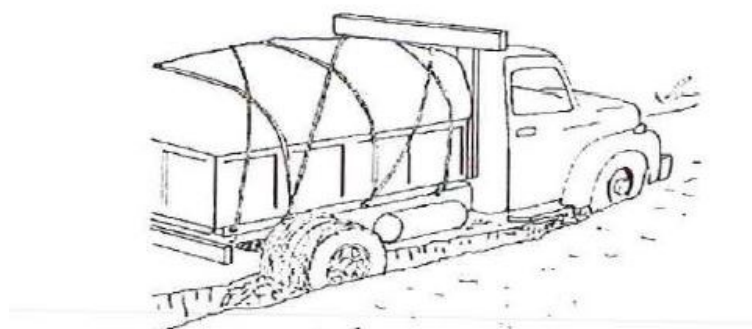


Figura 33: atoleiro
Fonte: Santos et al. (1988).

2.7.12 Drenagem lateral inadequada

Ocorre quando as valetas laterais de drenagem estão cobertas por vegetação lindeira, excesso de entulho ou assoreadas. Quando isso ocorre, a água da chuva enfrenta dificuldades para escoar, ficando empoçada e podendo causar erosão nas bordas da estrada (MOREIRA, 2003).

Em resumo, as drenagens laterais se tornam problemáticas (Figura 34) quando as valetas ficam impossibilitadas de levar a água da chuva em virtude da falta de manutenção ou mesmo devido ao formato inadequado (EATON et al. 1987a).



Figura 34: drenagem lateral inadequada
Fonte: Moreira (2003).

Segundo Baesso e Gonçalves (2003), a severidade da drenagem lateral inadequada pode ser classificada como:

Severidade baixa (Figura 35): pequenas quantidades de água empoçada; vegetação, detritos ou fragmentos de pedras acumulados nos dispositivos de drenagem.

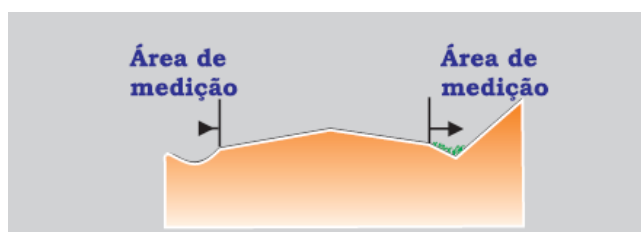


Figura 35: severidade baixa
Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade média (Figura 36): quantidade moderada de água empoçada; vegetação, detritos ou fragmentos de pedras acumulados; pequenas evidências de erosão nos dispositivos de drenagem.

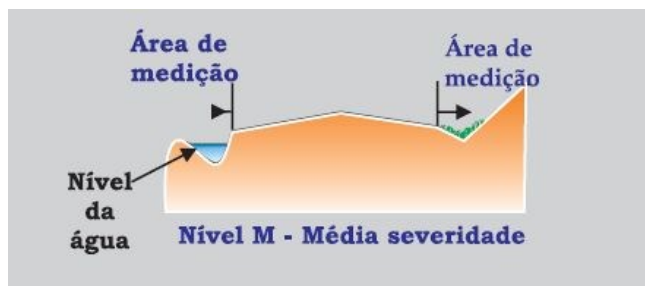


Figura 36: severidade média
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Severidade alta (Figura 37): grande quantidade de água empoçada; vegetação, detritos ou fragmentos de pedras; erosão nos dispositivos de drenagem. Água fluindo sobre a seção transversal ou se infiltrando.

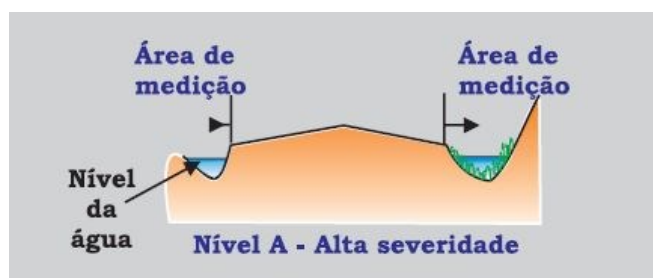


Figura 37: severidade alta
 Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

2.7.13 Afloramento rochoso

Em regiões onde a camada de solo é delgada, o processo erosivo ou mesmo as constantes raspagens da camada superficial podem expor a camada rochosa. Se isso ocorrer (Figura 38), a pista se torna bastante irregular, causando desconforto ao condutor. Em alguns casos, pode se tornar intransitável (SANTOS et al., 1988).

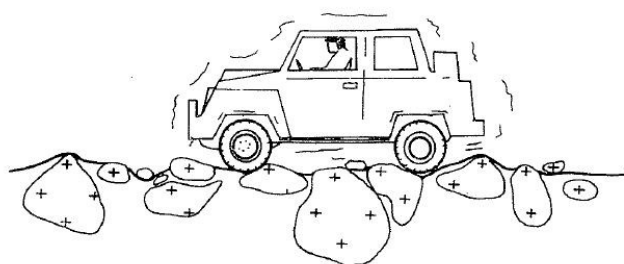


Figura 38: afloramento de rocha
 Fonte: Santos et al. (1988).

3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DEFEITOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Os objetivos das estradas pavimentadas e das não pavimentadas são de suportar a intensidade de tráfego e servir ao público. A estrada deverá ser construída prezando pelos padrões técnicos e de qualidade dentro das condições que o investimento permite (FERREIRA, 2004).

Para garantir um padrão de qualidade aceitável ao longo do tempo nas estradas, diversos métodos de avaliação de defeitos foram criados, tanto subjetivos quanto objetivos. Fontenele (2001) destaca que as avaliações subjetivas caracterizam as condições da via com base na percepção do usuário, enquanto que o método objetivo se baseia em dados coletados sobre os defeitos observados na superfície da estrada, separado por tipo, severidade e densidade (FONTENELE, 2001).

Em estradas pavimentadas, instituições de pesquisas e empresas governamentais desenvolveram e/ou adaptaram diversos métodos de avaliação de defeitos com base na realidade local de cada país. Entre os métodos subjetivos, podem servir como exemplo o método DNIT-PRO 007/94: “Avaliação Subjetiva de Superfície de Pavimentos” que determina o Valor de Serventia Atual (VSA) e é utilizado no Brasil. O método *Present Servenciability Rating* (PSR) – Índice de Serventia Atual -, usado em âmbito internacional, corresponde ao VSA. Entre as avaliações objetivas, utiliza-se no Brasil o método Índice de Gravidade Global (IGG) e, em âmbito internacional, o *Pavement Condition Index* (PCI) – Índice de Condição do Pavimento (FERREIRA, 2004).

Assim como para as estradas pavimentadas, as estradas não pavimentadas apresentam métodos objetivos e subjetivos de avaliação de defeitos. No entanto, como salienta Ferreira (2004), no Brasil não existe um método de avaliação próprio baseado nas características das estradas brasileiras desenvolvido por organismos nacionais.

Ferreira (2004) pondera que estudos foram desenvolvidos para criar ou adaptar um método nacional e cita os estudos feitos por Oda (1995) e Fontenele (2004), onde ambas se basearam na adaptação do método *Unsurfaced Road Condition Index* (URCI) – Índice de condição de Rodovia Não Pavimentada - para a realidade do município de São Carlos/SP.

Vale dizer que Oda (1995), Fontenele (2004), Baesso e Gonçalves (2003), Nunes (2003) e Almeida (2006) estudaram métodos de defeitos em estradas não pavimentadas com base em métodos estrangeiros, a saber, o método URCI desenvolvido por Eaton, et al. (1992).

Entre os métodos de avaliação das condições superficiais de estradas não pavimentadas, vale destacar e entender o funcionamento de alguns métodos descritos por Ferreira (2004), Fontenele (2001), Almeida (2006), Baesso e Gonçalves (2003) e DNIT (2020).

3.1 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), desenvolvido pelo *Transportation Information Center* na *University of Wisconsin* (EUA), utiliza uma inspeção visual para avaliar as condições de estradas de cascalho. Mesmo que o método se assemelhe com as inspeções visuais em estradas pavimentadas, as estradas de cascalho, por suas características, demandam um olhar diferente do avaliador, assim como uma atenção às medidas de manutenção (FERREIRA, 2003).

O método classifica a condição superficial de trechos de estrada em uma escala numérica que varia de 1 a 5 – o número 1 corresponde ao conceito 'Falido' e o 5, 'Excelente' - e leva em consideração a severidade do defeito para definir o tipo de manutenção a ser empregada. É similar ao método de Eaton et al. (1987a, 1987b, 1992), no qual o índice é obtido com base na análise de dados obtidos em campo a partir da observação do tipo de defeito, da severidade e da densidade (relação da área do defeito com a área da superfície analisada na estrada) (FONTENELE, 2001).

3.2 RCS/DVI (ROAD CONDITION SURVEY/ DETAILED VISUAL INSPECTION)

O Método desenvolvido pela *Organization for Economic Co-Operation and Development*- Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico - (OECD) possui dois níveis de inspeção, o levantamento da condição da estrada – *Road Condition Survey* (RCS) – e a Inspeção Visual Detalhada – *Detailed Visual Inspection* (DVI) – (FERREIRA, 2004).

O RCS é utilizado na rede rodoviária inteira, recomendando atualizações anuais, assim, é possível mapear todas as condições da superfície de rolamento e as necessidades de manutenção. Enquanto que o DVI, em uma etapa posterior, atua nos locais identificados como prioritários na análise do RCS (FERREIRA, 2004).

O objetivo da inspeção RCS é coletar dados das condições gerais da rede para, posteriormente, serem organizadas as ações de manutenção em um banco de dados (FERREIRA, 2004).

A avaliação atribui índices numéricos com base em três grupos a serem avaliados: pista, onde se avaliam as características da superfície, com base na dirigibilidade, conforto, e inspeção visual; elementos da lateral da estrada, onde são observadas as condições de drenagem (se houver), aterro, entulho, presença de vegetação; sinalização e segurança da estrada, no qual se observa se há na via elementos que garantam a segurança do usuário (FERREIRA, 2004).

A inspeção DVI tem o objetivo de determinar, a partir de inspeção local, o tipo, a densidade e a severidade do defeito e posteriormente adotar as medidas e estratégias adequadas de manutenção. O índice final atribuído pelo avaliador varia de 0 a 5, onde o 0 representa uma condição 'Excelente' e o 5, 'Falido' (FERREIRA, 2004).

3.3 ERCI – EARTH ROAD CONDITION INDEX

O método ERCI (*Earth Road Condition Index*) – Índice de Condição de Estradas de Terra - foi aplicado nas estradas de terra do Egito pelos pesquisadores Abdelrahman e Sharaf (1991). Eles observaram que as estradas de terra são essenciais para o transporte de cargas oriundas da agricultura, para locomoção entre cidades, locomoção entre zonas rurais e urbanas e para o acesso a diversas localidades. Frente à necessidade de manter as estradas com boa funcionalidade, foi desenvolvido o método ERCI como estratégia de manutenção e priorização de estradas não pavimentadas. Abdelrahman e Sharaf (1991) afirmam que o ERCI não se trata de um método novo, mas um método desenvolvido a partir de experiências anteriores sobre manutenção de vias.

O estudo do método foi aplicado em 190 km de rodovias não pavimentadas no Egito, em diferentes condições ambientais. Perceberam que no país os fazendeiros usam as vias para estocar e preparar solos importados e sementes, o que

comprometia a circulação na via e, por isso, caracterizaram os danos causados por essa prática como defeitos.

Ferreira (2004) aponta que no Brasil é possível fazer uma analogia ao caso dos fazendeiros do Egito, caso fossem considerados como defeitos os detritos deixados após a retirada da lenha depositada nas estradas que cortam regiões de plantação de Eucalipto.

O método ERCI é organizado a partir de alguns procedimentos: dividir a rede em seções e subseções, inspecionar as seções e calcular o ERCI nas unidades das subseções (FERREIRA, 2004).

A classificação do método utiliza uma escala numérica que varia de 0 a 100, onde o zero representa a condição 'Falido' e o 100, 'Excelente'. Segundo Fontenele (2001), o método é muito parecido com o índice URCI. Nas palavras da autora, “[...] a diferença se encontra na seleção e comprimento das unidades amostrais, na obtenção dos valores de dedução, bem como na observação de dois tipos de severidade de defeitos” (FONTENELE, 2001, p. 37).

3.4 URCI – UNSURFACED ROAD CONDITION INDEX

O método URCI (*Unsurfaced Road Condition Index*) – Índice de Condição de Estradas Não Pavimentadas - desenvolvido por Eaton et al. (1979a, 1979b, 1992), em conjunto com a *U.S Army Corp of Engineering* (USACE) – Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA -, indica através de índice numérico as condições da superfície de estradas não pavimentadas (FONTENELE, 2001).

O índice é um indicador numérico calculado em valores dedutíveis (valores-dedução) que varia numa escala de 0 a 100, que pode indicar que o defeito não tem efeito algum para a funcionalidade da via (valor zero) ou que o defeito compromete a integridade da estrada (valor cem) (FONTENELE, 2001).

A avaliação é baseada em duas inspeções, sendo uma delas uma vistoria subjetiva da estrada, que é feita percorrendo o trecho da estrada, em um veículo que se desloca a 40 km/h, verificando as condições de rolamento e drenagem. A outra inspeção mais detalhada, objetiva, onde se medem os defeitos presentes nas unidades amostrais. Os defeitos identificados são analisados quanto aos níveis de severidade (baixo, médio e alto) e densidade (FONTENELE, 2001).

Após a observação dos defeitos e cálculo dos valores dedutíveis, o URCl pode variar de 0 a 100, onde 0 representa a condição 'Péssima' e 100, 'Excelente'.

Fontenele (2001) salienta que o método é bastante prático e não necessita de instrumentos complexos, no entanto, sua aplicação em solo brasileiro é limitada em virtude de o método ter sido desenvolvido em um local que possui características como o clima, solo, relevo e tráfego diferentes. Esses fatores tornam os defeitos nas estradas brasileiras diferentes daqueles onde foram caracterizados, o que leva à necessidade de adaptação do método.

3.5 ICMNP – ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA MANUTENÇÃO DE RODOVIAS NÃO PAVIMENTADAS

O método ICMNP (Índice de Condição da Manutenção de Rodovias não Pavimentadas), desenvolvido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), é utilizado nos levantamentos em campo para avaliação e cálculo dos índices de condição da manutenção em estradas pavimentadas e não pavimentadas (DNIT, 2019).

Nas estradas não pavimentadas são considerados cinco tipos de defeitos no levantamento, a saber: Seção Transversal Imprópria, Drenagem Deficiente, Corrugações, Excesso de Poeira, Buracos e Trilha de Roda (DNIT, 2019).

Segundo o método, todo levantamento é feito em uma distância de, no máximo, um quilômetro. Portanto, no trecho analisado o cálculo do ICMNP leva em consideração a frequência e a severidade dos defeitos observados, indicando o índice de condição da estrada separado em quatro níveis: (i) péssimo; (ii) ruim; (iii) regular; e (iv) bom (DNIT, 2019).

Para a inspeção visual em campo, os dias devem estar ensolarados. Dias de chuva, nublados ou com pouca iluminação natural não são adequados para a aplicação do método. Deve ser utilizado um veículo contendo, no mínimo, duas pessoas devidamente treinadas, onde uma conduzirá o veículo e a outra fará as observações necessárias (DNIT, 2019).

O veículo deve estar calibrado para atender as velocidades estabelecidas pelo método – média de 40km/h - e as distâncias percorridas de forma adequada. Se a pista for simples, a avaliação deve ser feita em um único sentido (DNIT, 2019).

Para o cálculo do ICMNP, o avaliador caracteriza o trecho em níveis de severidade alta, média ou baixa, conforme a frequência com que o defeito se apresenta, o que dá condições para quantificar cada defeito, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: atribuição de valor à cada severidade

Defeito	severidade		
	Baixa	Média	Alta
Panelas	0,50	0,75	1,00
Corruções	0,50	0,75	1,00
Trilha de Roda	0,50	0,75	1,00
Seção Transversal Imprópria	0,50	0,75	1,00
Drenagem	0,50	0,75	1,00
Excesso de Poeira	0,50	0,75	1,00

Fonte: adaptado de DNIT,2019.

Portanto, a Equação 1 que define o ICMNP é descrita como uma relação entre a frequência dos defeitos e o peso atribuído a cada nível de severidade correspondente (DNIT, 2019):

$$\text{ICMNP} = 25 \times P_{\text{panela}} + 30 \times P_{\text{corrugação}} + 15 \times P_{\text{ATRoda}} + 15 \times P_{\text{TSlmprópria}} + 10 \times P_{\text{Drenagem}} + 5 \times P_{\text{ExPoeira}} \quad (1)$$

Onde o ICMNP é o Índice de Condição da Manutenção em Rodovia Não Pavimentada e cada variável e 'P' são valores extraídos da Tabela 5.

Por fim, o resultado encontrado nesta equação determina o estado de condição da manutenção do trecho, conforme Tabela 6:

Tabela 6: classificação ICMNP

Faixa	Condição
ICMNP < 25	Bom
25 ≤ ICMNP ≤ 45	Regular
45 ≤ ICMNP < 65	Ruim
ICMNP ≥ 65	Péssimo

Fonte: Adaptado de DNIT (2019).

3.6 MÉTODO DE BAESSO E GONÇALVES

Denominado Índice de Condição de Rodovia Não Pavimentada (ICRNP), desenvolvido pelos engenheiros civis Dalcio Pickler Baesso e Fernando Luiz R. Gonçalves, o método foi adaptado do trabalho intitulado '*Unsurfaced Road*

Maintenance' desenvolvido pelo USACE e publicado em 1992. O método pode ser aplicado em estradas municipais e estaduais não pavimentadas, vias urbanas não pavimentadas e estradas de acesso a propriedades rurais privadas (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Segundo Baesso e Gonçalves (2003), o sistema de gerenciamento e manutenção pode ser dividido em quatro etapas, onde a primeira é a identificação da rede, que estabelece o parâmetro para a divisão da rede não pavimentada em segmentos, bem como determina os requisitos para manutenção e sua priorização.

A etapa posterior, a inspeção das condições da superfície de rolamento, descreve o processo de avaliação de uma estrada não pavimentada e o modo de determinação do ICRNP, parâmetro que mede a integridade e condições de operação da rodovia (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Em um terceiro momento, a determinação das prioridades de manutenção estabelece critérios para a definição das rodovias que deverão ser priorizadas. Esta determinação é baseada no ICNRP, o qual, entre outros parâmetros intervenientes, leva em consideração: (i) volume de tráfego, (ii) capacidade de carga e (iii) estrutura da rodovia (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

A quarta e última etapa consiste no gerenciamento dos dados que orienta o usuário do sistema quanto ao cadastramento das informações coletadas sobre as rodovias da rede e a forma de manutenção dos dados em uma ordem racional (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Neste estudo, seguindo as diretrizes dos passos descritos, foram aplicados os três primeiros passos do método, pois a execução da quarta etapa, de gerenciamento dos dados, foge do escopo do trabalho.

Após cumprir as etapas de identificação de rede, inspeção das condições de superfície e determinação das prioridades de manutenção, fez-se uma análise financeira sobre realizar a manutenção ou pavimentar, tomando como referência os dados fornecidos pela prefeitura do município de Pato Branco.

3.6.1 Definições

A seguir, são descritas algumas definições importantes para a compreensão do método aplicado neste trabalho.

3.6.1.1 Ramo

“Ramo é uma parte identificável da rede não pavimentada. É uma entidade distinta e possui função definida na rede considerada” (BAESSO E GONÇALVES, 2003, p.165).

3.6.1.2 Seção

A seção é a divisão de um ramo, que possui características comuns, que justifica separá-lo em seções. Tais características se orientam, conforme Baesso e Gonçalves (2003, p.165), em: “(i) composição estrutural do revestimento (espessura e tipo de material), (ii) volume de tráfego, (iii) histórico de construção e (iv) condições da pista de rolamento.”

A interpretação de cada elemento citado pode ser feita da seguinte forma: a composição estrutural da rodovia consiste em dividir a seção com base no histórico de construção e dados sobre as atividades de manutenção efetuadas, bem como a composição estrutural da rodovia. Se, porventura, não houverem tais dados, é recomendado a realização de uma visita a campo no trecho de interesse para a determinação do tipo de material que compõe a camada de revestimento e a espessura (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

O volume de tráfego também serve como parâmetro para a segmentação, dada sua importância para o desempenho das vias.

O histórico de construção consiste em um parâmetro que divide seções em trechos que foram construídos na mesma época, o que significa dizer que trechos implementados em datas diferentes ou que tenham recebido diferentes manutenções devem ser classificados em seções diferentes (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Outro critério para dividir ramos em seções é a hierarquia das rodovias, ou seja, se em um determinado trecho ocorre uma mudança em suas características, acarretando uma mudança em sua classe funcional, recomenda-se a divisão da seção (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

3.6.1.3 Unidade Simples (US)

A unidade simples é uma subdivisão da seção. Essa subdivisão se faz necessária para fins de execução e detalhamento do levantamento de campo. Cada

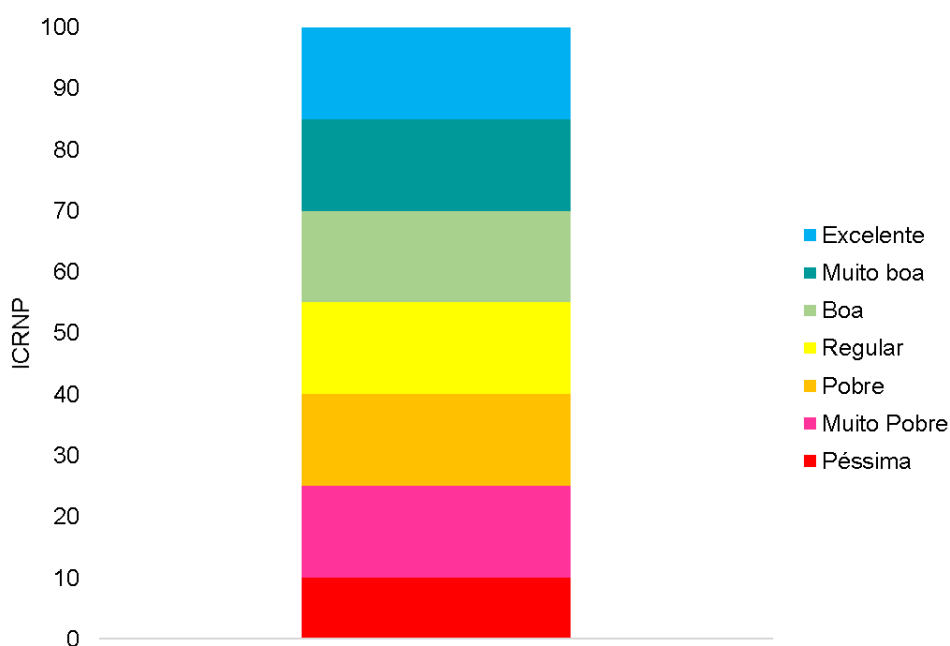
unidade simples perfaz um trecho de aproximadamente 250 m², com cerca de 50 metros de extensão (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

3.6.1.4 Índice de Consistência da Rodovia não Pavimentada (ICRNP)

ICRNP é um índice numérico que determina a condição das rodovias não pavimentadas baseado numa escala que varia de zero a cem, onde o zero representa uma condição 'péssima' e o cem, uma condição 'excelente' (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

O Gráfico 1 representa a escala numérica associada a uma determinada condição de operação e integridade da rodovia de acordo com o valor de ICRNP calculado.

Gráfico 1: escala e classificação associada ao Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP)



Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

O ICRNP é determinado a partir da avaliação das condições das rodovias em relação aos defeitos existentes na superfície da estrada, o que é realizado a partir de inspeções em campo. Segundo Baesso e Gonçalves (2003), o método de avaliação tem se mostrado eficiente na determinação das necessidades de manutenção de estradas não pavimentadas e, posteriormente, na priorização dos trechos.

3.6.2 Identificação da rede

3.6.2.1 Diretrizes para identificação das rodovias da rede

Para a definição de uma boa estratégia de gerência e análise de dados e avaliações de campo, é importante conhecer e delimitar o(os) trecho(os) de estudo, tendo em mãos os dados da malha rodoviária, uso de critérios que dispensam uma caracterização aleatória.

O primeiro passo para caracterizar a rede de rodovias é dividi-la em ramos, estabelecendo uma nomenclatura para cada um deles com letras e números que obedecem a um padrão familiar ao avaliador (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

O segundo passo consiste em dividir os ramos em seções. Essa etapa é necessária porque o ramo é um trecho maior e heterogêneo, portanto, é necessário identificar seções que possuam características semelhantes. Se necessário, a partir das condições de rolamento, como condições de drenagem, de superfície e estado do acostamento/faixa lateral, pode ser feita uma nova divisão de seção dentro da seção já criada (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

O terceiro passo é dividir a seção em unidades simples que, conforme citado no item 4.2.3, deve ter em torno de 250 m², o que representa 50 metros de extensão de pista, contudo, a unidade simples pode variar entre 150 m² e 350 m². Para criar uma unidade simples na seção é importante a seleção de um trecho de unidade simples que represente toda a seção. Por exemplo, se a seção apresenta em toda a sua extensão problemas de drenagem, a unidade simples deve apresentar o mesmo problema (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Baesso e Gonçalves (2003) recomendam a criação de duas unidades simples a cada 2km de pista. Se a pista tiver menos de 1 km de extensão, uma única unidade simples é suficiente. Quando o trecho apresenta falhas graves, é necessário considerar uma unidade simples especial (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Na Figura 39 apresenta-se o critério adotado por Baesso e Gonçalves (2003) para dividir a rede em ramos, seções e unidades simples utilizando nomenclatura padronizada para cada uma das divisões. Por exemplo, o ramo mostrado é o PNE472/24, que significa que é o ramo número 24 da rodovia 472 do município Presidente Nereu. As seções mostradas são as seções 001, 002 e 003 identificadas pela nomenclatura PNE472/24/001, PNE472/24/002 e PNE472/24/003,

respectivamente; as duas unidades simples representadas são identificadas por US 001 e US 002.

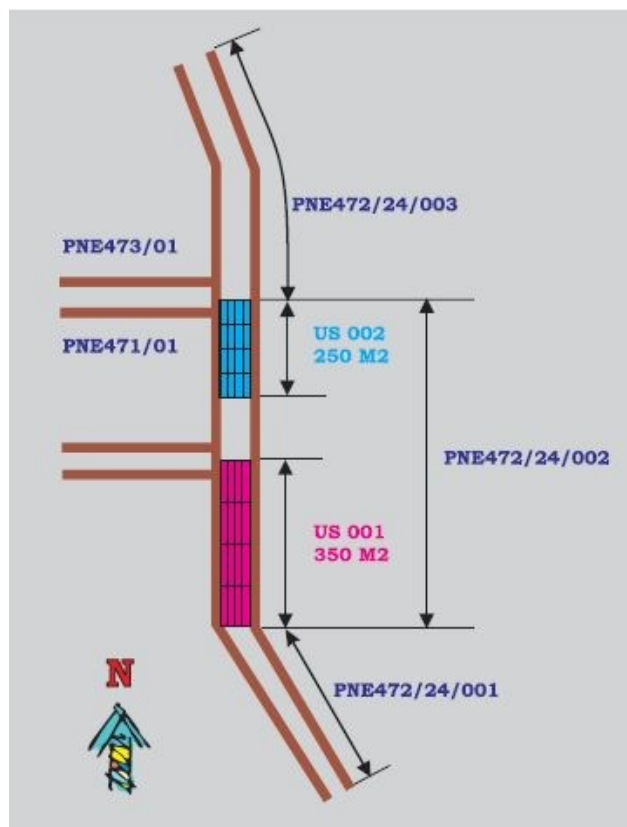


Figura 39: representação da rede dividida em ramo, seção e unidade simples
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

3.6.2.2 Avaliação das condições da rodovia

A condição da superfície, segundo Baesso e Gonçalves (2003), está relacionada com alguns fatores: integridade estrutural da rodovia, capacidade estrutural, rugosidade e nível de deterioração. Com base nesses e em outros fatores é possível avaliar a qualidade da pista de rolamento em nível estrutural e funcional, de modo que, com profissionais experientes, a visita em campo possibilite quantificar e qualificar, com base nos critérios do método ICRNP, as deficiências presentes na superfície e/ou subleito, e os reparos e manutenção adequados para um determinado nível de priorização.

3.6.2.3 Determinação do ICRNP

A determinação do índice ICRNP é feita a partir de medições dos defeitos existentes na superfície da rodovia. Segundo Baesso e Gonçalves (2003), o método foi testado e se mostrou eficiente para prever manutenções em estradas não pavimentadas e, posteriormente, a priorização das intervenções com base em perspectivas econômico-operacionais.

Para chegar à etapa de inspeção em campo, é necessário dividir a rede em ramos, seções e unidades simples para facilitar a estratégia de inspeção e determinar o ICRNP para cada seção (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

3.6.2.4 Procedimentos para inspeção da rodovia

Para a realização da inspeção na rodovia não pavimentada, duas etapas são recomendadas. A primeira delas é a inspeção rápida realizada com um veículo em movimento. Essa etapa consiste em trafegar por toda a extensão da rodovia ou do ramo a uma velocidade aproximada de 45 km/h, que pode variar entre 40 km/h e 50 km/h, a depender das condições da rodovia. A segunda etapa corresponde a uma avaliação detalhada dos defeitos em uma unidade simples (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Recomenda-se que a inspeção rápida seja feita com periodicidade de quatro vezes ao ano (uma em cada estação), devendo ser anotado qualquer problema encontrado durante a viagem. A inspeção detalhada observada em uma determinada unidade simples deve ser feita anualmente, de preferência que seja feita em data próxima a última inspeção realizada (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

O avaliador, durante a inspeção, deve conhecer como se manifestam os defeitos para identificá-los corretamente, caracterizando a severidade dos mesmos para que, em seguida, as estratégias de priorização e manutenção recomendadas sejam adequadas (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Para o método do ICRNP, Baesso e Gonçalves (p. 168, 2003) determinam sete defeitos (Tabela 7) passíveis de ocorrência em estradas não pavimentadas, denominados “defeitos-tipo”.

Tabela 7: defeitos-tipo

Defeito Tipo	Denominação
Defeito 81	Seção Transversal Inadequada
Defeito 82	Drenagem Inadequada
Defeito 83	Corrugações
Defeito 84	Excessos de poeira
Defeito 85	Buracos
Defeito 86	Trilha de Rodas
Defeito 87	Perda de Agregados

Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

As formas como se apresentam cada defeito e os níveis de severidade foram descritos no item 2.6. Baesso e Gonçalves (2003) recomendam que o levantamento em campo seja realizado com auxílio de uma trena para a tomada de medidas, uma régua para a medição da profundidade de buracos, espessuras de trilha de rodas e de perdas de agregados, além de uma folha de inspeção (ANEXO A) para anotar os dados coletados. Reiteram ser expressamente necessário atender aos critérios recomendados (item 2.6) para a avaliação dos defeitos.

Reitera-se que cada Unidade Simples precisa ser identificada precisamente para que esta possa ser localizada em novas inspeções. Uma estaca de madeira, um marco de concreto ou qualquer outro referencial permanente pode ser usado para fixar o ponto inicial e final da Unidade Simples. O desenho de croquis da seção com a localização das unidades simples também deve ser elaborado para fins de cadastramento e registro de sua localização em campo. É imperativo que as definições dos defeitos sejam utilizadas fielmente, de modo que o resultado das inspeções apresente um ICRNP representativo. Também é importante a observação de tudo que não seja usual, como a presença de água parada sobre o sistema de drenagem, erosões com potencial de danos à pista etc. Se dois ou mais defeitos ocorrem juntos, estes devem ser medidos separadamente. Se for difícil determinar qual defeito está sendo observado, deve ser feita uma estimativa razoável do defeito (BAESSO E GONÇALVES, 2003).

3.6.2.5 Cálculo do ICRNP

Para o cálculo do ICRNP é iniciado a partir do cálculo da densidade de cada defeito observado em uma unidade simples. Em seguida, o valor calculado é usado

em um ábaco específico do defeito que gera os valores dedutíveis. A soma de todos os valores dedutíveis referentes aos defeitos encontrados resulta no Valor Dedutível Final (VDF) que, ao ser aplicado em outro ábaco, gera o valor do ICRNP.

Primeiro, portanto, deve-se calcular a densidade para cada defeito. No método, o único dos sete defeitos-tipo que não se calcula a densidade é o “excesso de poeira” (BAESSO e GONÇALVES, 2003). O cálculo da densidade é efetuado a partir da Equação 2.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Quantidade de defeitos} \times K \times 100}{\text{Área da Unidade Simples}} \quad (2)$$

Onde ‘K’ é uma constante de correção de unidades métricas e é associado a cada defeito (BAESSO E GONÇALVES, 2003), conforme Tabela 8.

Tabela 8: valores para o coeficiente "K" para cada defeito-tipo

Tipo de Defeito	Valor de K
81 - Seção Transversal Imprópria	3,281
82 - Drenagem Inadequada	3,281
83 - Corrugações	1,000
85 - Buracos	10,764
86 - Trilha de Roda	1,000
87 - Perda de Agregados	3,281

Fonte: adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

O segundo passo é utilizar o ábaco de valores dedutíveis elaborado para cada um dos defeitos-tipo. Portanto, ao calcular a densidade, o valor obtido corresponde ao eixo das abcissas no gráfico. Deste ponto encontrado se traça uma linha na vertical até encontrar a curva correspondente ao nível de severidade do defeito observado em campo – baixo, médio, alto –. No ponto de interseção da linha vertical com a curva da severidade correspondente parte uma linha horizontal até encontrar o eixo das ordenadas que indica o valor dedutível do defeito (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Na Figura 40 é apresentado um exemplo do ábaco de valores dedutíveis associado a um defeito-tipo.

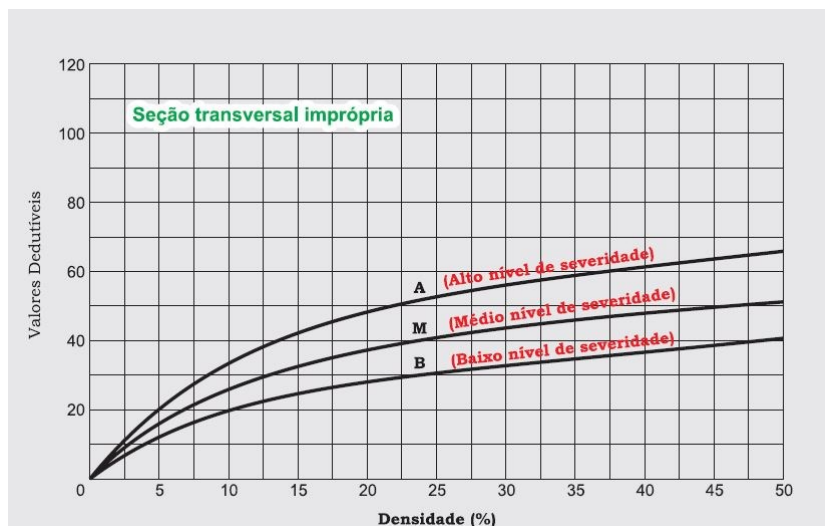


Figura 40: ábaco de valores dedutíveis para o defeito Seção Transversal Imprópria
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Os valores dedutíveis para o defeito-tipo “Excesso de poeira” são definidos conforme Tabela 9.

Tabela 9: valores Dedutíveis para o defeito “Excesso de poeira”	
Nível de severidade	Valores dedutíveis
Baixo (B)	2 pontos
Médio (M)	4 pontos
Alto (A)	15 pontos

Fonte: Adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

A próxima etapa do cálculo do ICRNP é encontrar o Valor Dedutível Final (VDF). Para isso, é necessário obter os valores dedutíveis para cada defeito encontrado na Unidade Simples – se houver mais de um – e somá-los, conforme descrito na Equação 3.

$$VDF = \sum VDF \quad (3)$$

Obtido o VDF, é necessário utilizar outro ábaco que fornece o ICRNP do trecho estudado (Figura 41). O procedimento é similar ao ábaco de valores dedutíveis, porém, no eixo das abcissas corresponde ao VDF, a linha vertical irá encontrar as curvas ‘q’. O ‘q’ corresponde ao número de valores individuais dos valores dedutíveis que são maiores do que 5. Ao interseccionar o VDF com a curva ‘q’, deve-se traçar uma linha horizontal em direção ao eixo das ordenadas para obter o ICRNP.

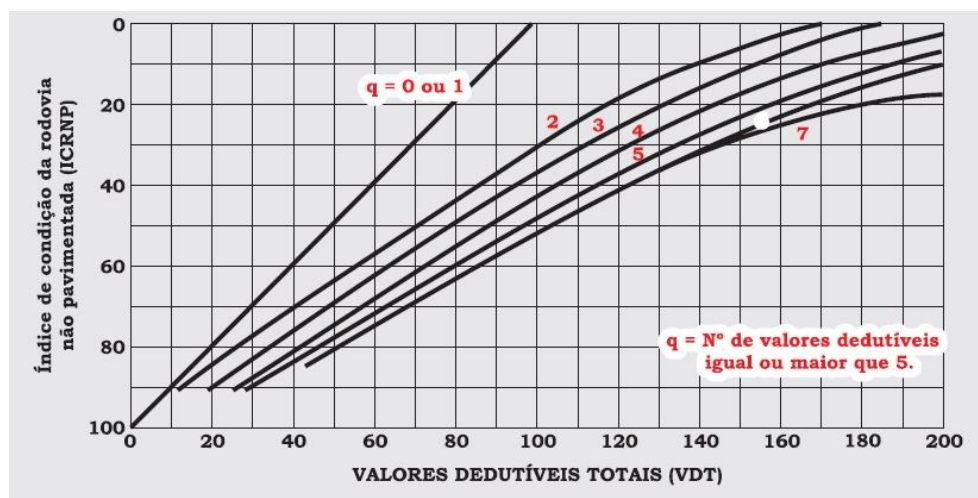


Figura 41: ábaco de valores dedutíveis totais
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

3.6.2.6 Diretrizes para a manutenção da rodovia

A escolha do tipo de manutenção a ser aplicada depende exclusivamente do ICRNP obtido, uma vez que o índice é calculado a partir de observações em campo e leva em conta a gravidade da situação. A avaliação dos defeitos deve ser realizada nas seções que foram previamente separadas de acordo com suas características (BAESSO e GONÇALVES).

Como a seção é um conjunto de unidade simples, o ICRNP da seção representa a condição geral da seção no momento da avaliação. Em uma mesma seção podem haver variações do ICRNP, isso pode se caracterizar de duas formas. A primeira delas é a variação aleatória, que corresponde a se obter um valor abaixo da média da amostra das unidades simples da seção, em cerca de dez pontos, o que deve ser considerado na avaliação das necessidades de manutenção. Já a segunda variação é a sistemática e ocorre quando uma quantidade significativa de Unidades Simples de uma seção apresenta valores muito divergentes da média restante da seção, o que pode ocorrer, por exemplo, em casos em que um determinado trecho recebe o tráfego de muito mais veículos e, por conseguinte, a manifestação de patologias aumentam, acarretando um ICRNP bem menor que nos outros trechos. Quando isso ocorre, é necessário criar uma seção especial nesse trecho (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

3.6.3 Programa de manutenção

Baesso e Gonçalves (2003) dividem o programa de manutenção da rodovia em cinco fases, o que, segundo os autores, proporciona uma base racional para a escolha de estratégias de intervenção em estradas não pavimentadas (Tabela 10).

Tabela 10: fases do programa de manutenção de rodovias não pavimentadas pelo método do ICRNP

Fases	Descrição
Fase 1	Exame de rede e rodovias
Fase 2	Determinação do ICRNP
Fase 3	Definição das prioridades de manutenção
Fase 4	Estabelecimento de alternativas
Fase 5	Cálculo dos Custos pertinentes

Fonte: adaptado de Baesso e Gonçaves (2003).

3.6.3.1 Exame de rede das rodovias

A fase 1 consiste em dividir a rede em ramos, seções e unidades simples, conforme especificado no item 4.2.3.1.

3.6.3.2 Determinação do ICRNP

Segundo Baesso e Gonçalves (2003), o cálculo do ICRNP da rodovia sucede o passo de calcular o ICRNP de cada Unidade Simples com base na observação dos “defeitos-tipo” presentes no local e o nível de severidade quando houve a avaliação em campo. Portanto, para calcular o ICRNP da rodovia, deve-se realizar os seguintes procedimentos:

O primeiro passo consiste em calcular o ICRNP de cada Unidade Simples, conforme descrito no item 4.2.4.3.

O segundo passo é calcular o ICRNP das seções. O ICRNP da seção é o cálculo da média aritmética do ICRNP das unidades simples (BAESSO e GONÇALVES, 2003), conforme Equação 4:

$$\text{ICRNP Seção} = \frac{\sum (\text{ICRNP Unid. Simples})}{\text{N}^{\circ} \text{ de Unid. Simples}} \quad (4)$$

No terceiro passo deve-se calcular o ICRNP dos ramos, dado por uma média ponderada do ICRNP das seções com base nas extensões das seções e a extensão total do ramo (BAESSO e GONÇALVES, 2003), conforme Equação 5:

$$\text{ICRNP Ramo} = \frac{\Sigma (\text{ICRNP da Seção} \times \text{Extensão da Seção})}{\text{Extensão do Ramo}} \quad (5)$$

O quarto passo, por fim, consiste em calcular o ICRNP da rodovia, a partir da média ponderada do ICRNP dos Ramos, que leva em consideração a extensão dos Ramos e a extensão total da rodovia (BAESSO e GONÇALVES, 2003), dado pela Equação 6:

$$\text{ICRNP Rodovia} = \frac{\Sigma (\text{ICRNP do Ramo} \times \text{Extensão do Ramo})}{\text{Extensão da Rodovia}} \quad (6)$$

3.6.3.3 Definição das prioridades de manutenção

A priorização das atividades de recuperação e manutenção de rodovias não pavimentadas, segundo Baesso e Gonçalves (2003), é definida em função do ICRNP e da categoria da rodovia, a qual está relacionada com o volume médio diário de veículos (VMD), de acordo com os valores apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: categoria de rodovias x VMD

Categoria	Volume de Tráfego (veículos/dia)
1	>200
2	de 100 a 199
3	de 50 a 99
4	de 0 a 49

Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Para a priorização de manutenção, relaciona-se o menor valor do ICRNP a o maior VMD. Assim, se o ICRNP estiver abaixo da faixa do ICRNP indicado ao VMD do trecho, então, o trecho deve indicar prioridade de manutenção e se, por outro lado, o ICRNP indicar valores dentro do esperado para as condições do trecho (Figura 42), então é necessário somente manter a manutenção de rotina. Para determinar os

trechos que necessitam de manutenção de rotina ou de manutenção prioritária é importante entender que o primeiro diz respeito à presença de defeitos de maneira pontual, enquanto que o segundo leva em consideração a condição geral atribuída pelo ICRNP da seção (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

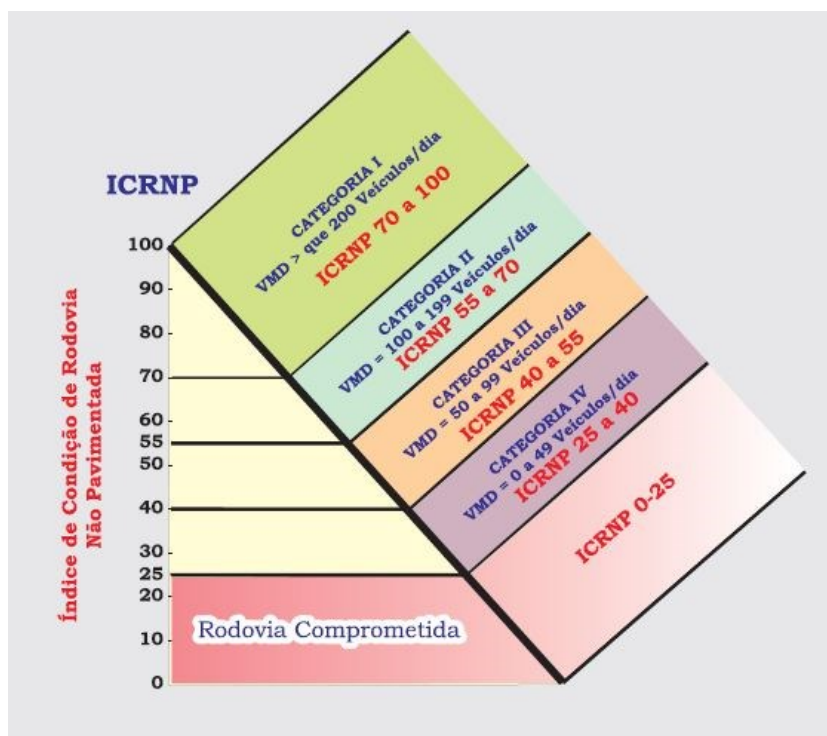


Figura 42: níveis de priorização de manutenção de rodovias não pavimentadas
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Para a priorização de rodovias que precisam de manutenção de rotina, é importante observar defeitos que prejudiquem a operacionalidade do trecho, por exemplo, é alta a necessidade de manutenção em locais com a presença de buracos e corrugações com severidade alta ou média (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Para o caso das rodovias que necessitam de maior manutenção, o critério de priorização é a condição geral da seção dado pelos valores de ICRNP e VMD, e também de acordo com as políticas de manutenção já aplicadas. Em resumo, a priorização ocorre em razão do menor valor do ICRNP atribuído à seção e ao VMD da mesma. É importante salientar que a priorização de manutenção não é engessada, o que significa que o avaliador deve fazer as ponderações necessárias para que a decisão seja a mais racional possível (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

A definição da prioridade de manutenção pode ser resumida pelo seguinte texto:

ICRNP menor e categoria alta para a rodovia geram maior prioridade, na seguinte sequência de priorização:

1. Rodovias com ICRNP menor para os de sua faixa de categoria;
2. Rodovias com valores de ICRNP dentro da sua faixa de categoria;
3. Rodovias com o ICRNP com valor superior aos de sua faixa de categoria (BAESSO E GONÇALVES, 2003, p. 174).

3.6.4 Apresentação de alternativas

As alternativas de manutenção de determinado trecho da rede pressupõem que a forma de manutenção adotada será utilizada por um período de dois anos (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

As estratégias de manutenção que serão adotadas dependem de critérios que serão avaliados pelo profissional com base em um banco de dados e visitas em campo. O ICRNP pode ser determinado, como citado, pelos “Dados de avaliação de defeitos; hierarquia da rodovia; volume de tráfego; políticas de gerenciamento da rede” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p. 175).

Os limites para o ICRNP para cada categoria de rodovia e volume de tráfego estão descritos na Figura 40, devendo ser analisada a prioridade de manutenção no limite inferior do ICRNP, ou seja, se um determinado trecho possui um VMD maior do que 200 veículos por dia e é uma rodovia de categoria I, e o ICRNP for menor do que 70, é necessário priorizar a manutenção do trecho. Por outro lado, se o valor do ICRNP estiver entre 10 e 100 nesse mesmo trecho, então, se conclui que as estratégias de manutenção adotadas podem ser mantidas (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Baesso e Gonçalves (2003) criaram uma tabela que discretiza todo o tipo de manutenção necessária com base nos defeitos-tipo do método e em seus níveis de severidade.

Na Tabela 12, sintetiza-se qual manutenção é mais adequada com base no defeito e sua severidade. Ainda, é apresentado um código de custo com base nas letras A, B e C, onde a letra A representa uma alternativa de manutenção que requer somente mão de obra, o código B representa um tipo de serviço que além da mão de obra, requer o uso de equipamentos, enquanto o código de custo elencado pela letra C requer mão de obra, equipamentos e também materiais.

Tabela 12: alternativas de manutenção

Defeito	Código do Nível de Severidade	Código do Custo	Código da alternativa	Descrição da alternativa
81 - Seção Transversal Imprópria	B	B	81/1	Somente patrolamento
	M	B/C	81/2	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material (água ou material, ou ambos) e compactação
	A	C	81/3	Gradeamento da pista, adição de material, umedecimento ou secagem do material, compactação e compactação da plataforma
82 - Drenagem Inadequada	B	B	82/1	Limpeza de drenagem uma vez ao ano
	M	A	82/2	Limpeza dos bueiros
	A	C	82/3	Execução de drenagem profunda, redimensionamento dos bueiros, uso de geotexteis, ou drenagens subprofundas
83 - Corrugações	B	B	83/1	Somente patrolamento
	M	B/C	82/3	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material (água ou material, ou ambos) e compactação
	A	C	83/3	Gradeamento da pista, adição de material, umedecimento ou secagem do material, compactação e compactação da plataforma
84 - Excesso de poeira	B	C	84/1	Umedecer a pista
	M	C	84/2	Adicionar estabilizadores
	A	C	84/3	Adicionar estabilizadores, gradeamento da pista, adição de água e compactação. Gradeamento da pista, adição de agregados e estabilizadores, água, conformação e compactação da plataforma
85 - Buracos	B	B	85/1	Somente patrolamento
	M	B/C	85/2	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material (água ou material, ou ambos) e compactação
	A	C	85/3	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material (água ou material, ou ambos) e compactação
86 - Trilha de Roda	B	B	86/1	Somente patrolamento
	M	B/C	86/2	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material e compactação
	A	C	86/3	Gradeamento, adição de material e água de secagem, conformação e compactação da plataforma
87 - Perda de Agregados	B	B	87/1	Somente patrolamento
	M	B/C	87/2	Somente patrolamento/patrolamento, adição de material e compactação
	A	C	87/3	Gradeamento, adição de material e água de secagem, conformação e compactação da plataforma

Fonte: Adaptado de Baesso e Gonçalves (2003).

Baesso e Gonçalves (2003) destacam que os problemas de drenagem na via acarretam uma série de outros defeitos, como trilha de rodas, erosão, buracos, entre

outros. Portanto, deve ser observado se os defeitos em campo não possuem origem na falta de drenagem adequada.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS MÉTODOS

Dentre os métodos citados, o método URCI foi aquele descrito com maiores detalhes na pesquisa bibliográfica consultada. O método foi adaptado de diversas maneiras para se adequar à realidade brasileira, no entanto, mesmo com as adaptações consideradas, as características de solos, clima e relevo dificultam esses ajustes, o que pode prejudicar a conformidade do método para o cenário brasileiro.

Os métodos nacionais aqui abordados – ICRNP e ICMNP –, desenvolvidos por Baesso e Gonçalves (2003) e pelo DNIT (2019), respectivamente, demonstram que o Brasil vem buscando, nos últimos anos, caracterizar melhor as estradas rurais, aperfeiçoando os critérios de avaliação de estradas não pavimentadas, assim como o método ALYNO desenvolvido por Correia (2003) no estado do Ceará, que passou por vários estudos e modificações para melhor se adequar à região. Contudo, o método do DNIT (2019) e do Baesso e Gonçalves (2003) se propõem a serem aplicados em todo o território nacional.

O método do DNIT (2019), considera o trabalho de Baesso e Gonçalves (2003) na caracterização dos defeitos e níveis de severidade, mas se difere do método proposto pelos autores por ter sido desenvolvido a partir de estudos feitos em território nacional, enquanto o método ICRNP busca adaptar o método URCI no território de Santa Catarina e se propõe à aplicação em todo o território nacional.

Os defeitos caracterizados entre os dois métodos são os mesmos, com exceção do defeito 'Perda de Agregados' que somente está presente no método ICRNP.

O método do DNIT (2019) é mais simples e objetivo, sendo possível definir apenas o índice de condição da estrada. Portanto, não oferece condições para determinar qual o tipo de manutenção adequada para o trecho, tampouco a prioridade a ser adotada. Já o método ICRNP se propõe a determinar a condição da estrada, a prioridade, o tipo de manutenção e a criação de um banco de dados para uma manutenção a longo prazo. Por esse motivo, considerou-se o método ICRNP, desenvolvido por Baesso e Gonçalves (2013), mais adequado, sendo então escolhido para a realização deste estudo de caso.

4 MÉTODO

O método do trabalho descrito adiante contempla o delineamento das práticas adotadas para cumprir os objetivos propostos, divididas em três etapas: 1) avaliação dos defeitos em estradas não pavimentadas, 2) alternativas de manutenção e 3) priorização de manutenção das vias. Para tanto, será utilizado o método ICRNP desenvolvido pelos engenheiros Baesso e Gonçalves (2003).

A pesquisa se caracteriza como descritiva, cujo objetivo principal é associar variáveis como um fenômeno de causa e efeito utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados (GIL, 2002). A avaliação de defeitos em rodovias, bem como a priorização dos trechos e as possíveis manutenções necessárias se relacionam diretamente com a necessidade de se conhecer as causas dos defeitos encontrados para posterior identificação de possíveis soluções que minimizem a reincidência.

Definida a base teórica da pesquisa, é importante estabelecer o planejamento do estudo, de modo que, a partir de um modelo conceitual e operativo, a teoria saia do plano abstrato e trace um paralelo com os resultados empíricos. Esse processo é chamado de delineamento, ou seja, ideias de modelo, sinopse e plano (GIL, 2002).

4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A partir da pesquisa bibliográfica (Figura 43), deu-se início ao delineamento da pesquisa para garantir a base teórica do trabalho e conhecer os métodos mais adequadas às necessidades da pesquisa. O método definido como sendo o mais adequado aos objetivos do trabalho foi o desenvolvido por Baesso e Gonçalves (2003), denominado método ICRNP.

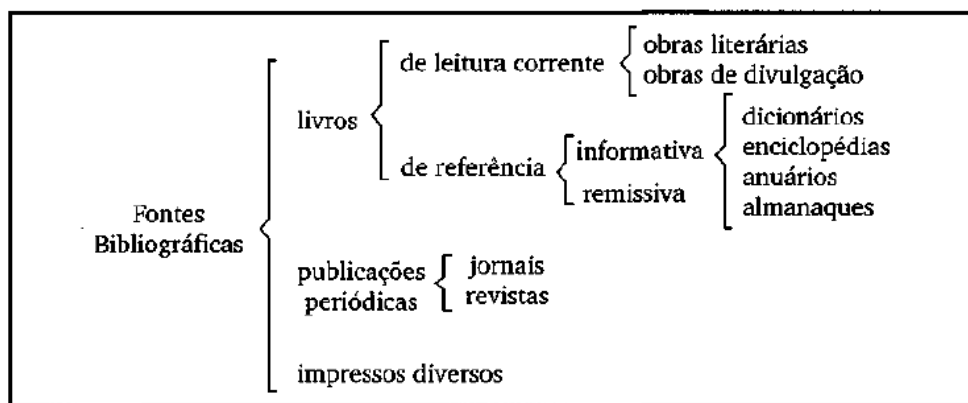


Figura 43: pesquisa bibliográfica:
Fonte: Gil (2002).

Ressalta-se que o método da pesquisa também é classificado como *Ex-post facto*, onde “a tradução literal da expressão é A partir do fato passado” (GIL, 2002, p. 49). Esse delineamento busca correlacionar variáveis, isto é, a partir de um fenômeno ocorrido, o pesquisador buscará relacionar as possíveis causas. Na figura 44 é apresentado um fluxograma resumido das etapas do trabalho.

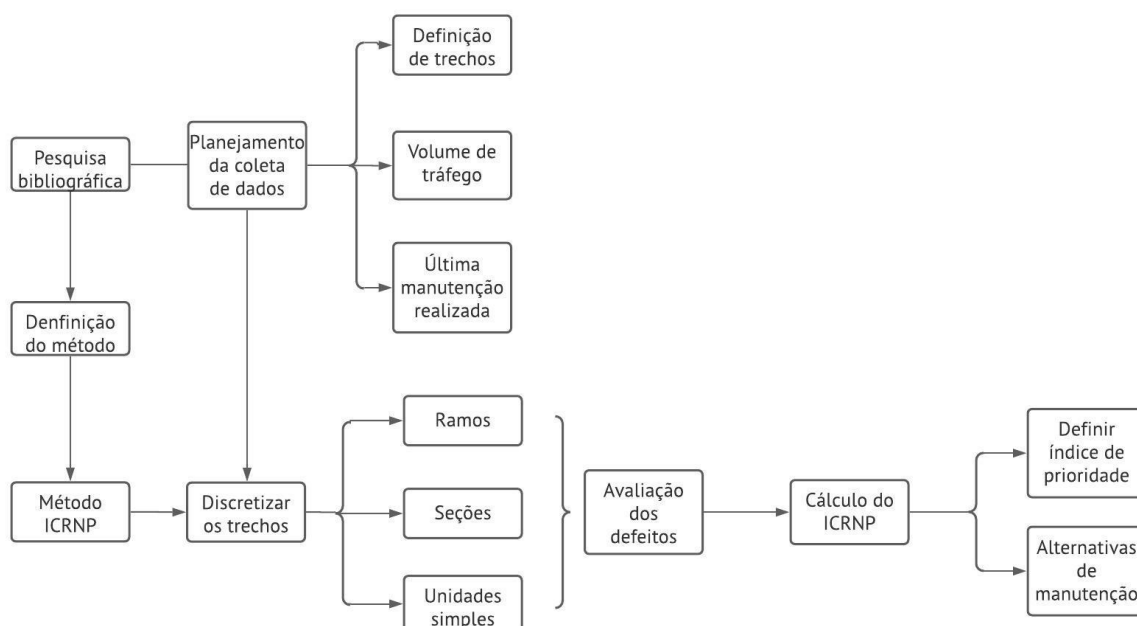


Figura 44: fluxograma da pesquisa
Fonte: Autoria própria (2021).

O trabalho se organizou a partir de pesquisa bibliográfica que colaborou para a definição do método. Dados obtidos a partir da Secretaria de Engenharia, Agricultura

e Meio Ambiente do município de Pato Branco (PR) auxiliaram na aplicação do método no local de estudo.

O método pode ser compreendido a partir das seguintes etapas:

- a) Definição dos trechos de estudo junto à Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Pato Branco (PR);
- b) Dividir as vias selecionadas em Ramos, Seções e Unidades Simples;
- c) Realização de uma pesquisa informal com moradores locais para estimar o número de veículos que trafegam no trecho;
- d) Realização de uma avaliação subjetiva e uma avaliação objetiva, sendo a primeira realizada dentro de um veículo trafegando a velocidade média de 40 km/h e a segunda por uma avaliação por caminhamento na Unidade Simples, sendo os registros obtidos a partir de medições e croquis dos defeitos observados e as devidas identificações dos níveis de severidade.
- e) Cálculo do ICRNP das Unidades Simples (US), ramos e seções a partir dos defeitos observados no local e os níveis de severidade. O ICRNP é obtido a partir do cálculo da densidade dos defeitos (quantidade de defeitos por área de Unidade Simples) para então obter os Valores Dedutíveis. Com os Valores Dedutíveis Finais obtém-se o ICRNP.
- f) Definição dos níveis de priorização e alternativas de manutenção a partir dos valores de ICRNP e VMD dos trechos avaliados.
- g) Avaliação objetiva com base em dados de aceleração vertical fornecidos por um smartphone.

4.2 LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Pato Branco, localizado na região sudoeste do estado do Paraná. O município tem área de 538,96 km², com altitude que varia de 400 a 914 metros com predominância da altitude de 700 a 800 metros (BALENA; BORTOLINI; TOMAZONI, 2009).

O município (Figura 45) fica localizado no 3º Planalto do Paraná, pertencente ao plano de declive do planalto basáltico de Santa Catarina (RIVA e POLACHINI, p. 3, 2017), marcado por uma homogeneidade morfológica com predomínio de formas planas e onduladas, sendo preponderante a presença de formas onduladas com declividade entre 10% e 20% presente em toda a região (RIVA e POLACHINI, 2017).

Sua localização corresponde às coordenadas geográficas de latitude $26^{\circ}13'43''$ S e longitude de $52^{\circ}40'14''$ W conforme é descrito na Figura 45.



Figura 45: localização do município de Pato Branco
Fonte: Tabalipa (2008).

O clima é o Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e tendência à concentração de chuvas com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com geadas pouco frequentes e temperatura média inferior a 18°C , não possuindo estação seca definida (PATO BRANCO, 2021).

Os tipos de solo encontrados na região, segundo Balena et al. (2009) são:

- LVd – Latossolo Vermelho distrófico;
- LVa – Latossolo Vermelho háplico;
- LVe – Latossolo Vermelho eutrófico;
- NVd - Nitossolo Vermelho distrófico;
- NVe – Nitossolo Vermelho eutrófico;
- RLe – Neossolo Litólico eutrófico;
- RU – Neossolo flúvico;
- CXe – Cambissolo eutrófico;
- CXd - Cambissolo distrófico;

Os tipos de solo de maior ocorrência na área do município são o NVd e o Cxd, com 32,24% e 22,19%, respectivamente, da área total. Segundo a classificação de solos brasileiros, o Nitossolo é um solo com textura argilosa ou muito argilosa apresentando considerável teor de argila em sua composição mineral, enquanto o Cambissolo apresenta uma textura franco-arenosa ou mais argilosa (EMBRAPA, 2018).

No local de estudo, foram definidos três trechos de estradas não pavimentadas para aplicar o método de acordo com os níveis de prioridade estabelecidos pelas práticas da prefeitura. Após a aplicação do método, foi possível comparar os resultados obtidos com a prática de gestão corrente no município.

A Secretaria de Engenharia, Agricultura e Meio Ambiente do município de Pato Branco (PR) forneceu dados de três estradas nas quais são realizadas manutenções de rotina. Na ocasião, a última manutenção de rotina feita na região das estradas foi há cerca de dois ou três anos.

4.2.1 Trechos de estudo

Estrada 01 – Estrada Irineu Bertani, começa nas coordenadas 26°9'35.13"S e 52°46'28.83"O, e termina nas coordenadas 26° 9'55.84"S e 52°46'52.38"O; com extensão de aproximadamente 1,5km (Figura 46).



Figura 46: trecho Independência à Teolândia
Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Estrada 02 - Travessa são Valentim/Vitorino, que dá acesso ao município de Vitorino (PR), com início nas coordenadas $26^{\circ}13'4.74''S$ e $52^{\circ}45'41.73''O$, e término nas coordenadas $26^{\circ}14'42.11''S$ e $52^{\circ}45'54.21''O$; com extensão de aproximadamente 3,53km (Figura 47).



Figura 47: trecho São Valentim/Vitorino
Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

Estrada 03 - Linha Martinelo, que inicia na coordenada $26^{\circ}14'42.00''S$ e $52^{\circ}42'41.34''O$, e termina nas coordenadas $26^{\circ}15'54.64''S$ e $52^{\circ}44'25.70''O$; com extensão de aproximadamente 4,46km (Figura 48).



Figura 48: trecho Linha Martinelo
Fonte: Google Earth (2021).

5 RESULTADOS

A partir da aplicação de um questionário (APÊNDICE A) junto à Secretaria de Engenharia, Agricultura e Meio Ambiente do município de Pato Branco (PR), foi possível conhecer as práticas adotadas com relação às manutenções de estradas não pavimentadas. Tal secretaria é responsável pelo controle da manutenção de estradas de terra, sendo composta por 19 funcionários e 1 pessoa que comanda toda a equipe. Segundo o que foi relatado no questionário, a prefeitura não possui um método específico para avaliar as condições do leito de estradas não pavimentadas. As decisões quanto a intervenções são baseadas em experiências compartilhadas, com base na prática cotidiana, e se organiza conforme uma programação cíclica para atender as regiões rurais em uma dada periodicidade. Se houver alguma demanda fora da região que a prefeitura atende, esta permanece na fila de espera até que seja a vez da região solicitante ser atendida.

Os serviços de manutenção geralmente realizados pela prefeitura são: patrolamento, limpeza de laterais, compactação de cascalho e cascalhamento.

As estradas tratadas neste trabalho são regiões de movimentação de carros de passeio, caminhões, ônibus escolares e máquinas agrícolas (Figura 49).

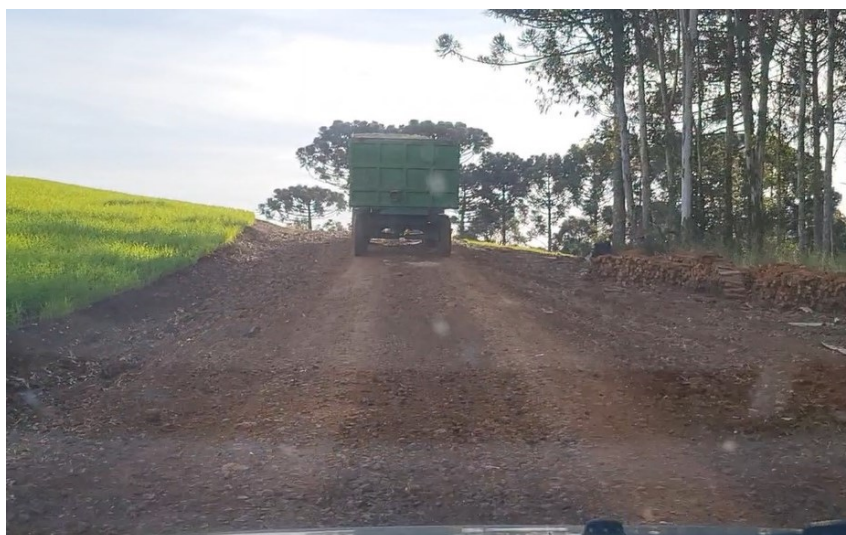


Figura 49: caminhão trafegando em uma estrada não pavimentada
Fonte: autoria própria (2021).

5.1 ANÁLISE SUBJETIVA

Segundo o método URCI, para a análise subjetiva, o condutor do veículo deve trafegar por toda a extensão do Ramo com velocidade aproximada de 45km/h, podendo variar entre nos limites de 40km/h e 50km/h. Neste momento deve ser feita uma inspeção rápida do Ramo. Segundo Fontenele e Fernandes Júnior (p. 13, 2013), durante a avaliação subjetiva os avaliadores devem se perguntar “Como esta estrada me serviria se eu estivesse dirigindo meu carro em uma estrada com esta ao longo do dia?”.

A visita a campo foi realizada em um veículo de passeio, modelo Toyota Etios XLS 1.5 16v Flex 4p manual 2012/2013. O veículo estava equipado com dois smartphones conectados a suportes veiculares do tipo para-brisas, com o objetivo de gravar vídeos dos Ramos (celular à esquerda, marca Samsung, modelo Galaxy Note 20) e obter dados de localização, fornecidos pelo GPS (Sistema de Posicionamento Global) e acelerações fornecidos pelo acelerômetro, (celular à direita, marca Motorola, modelo Moto G5) causadas pelas irregularidades da pista de rolamento (Figura 50).



Figura 50: veículo usado na avaliação subjetiva
Fonte: autoria própria (2021).

A velocidade do veículo, nos três trechos, ficou entre 30km/h e 40km/h, pois as condições da pista não permitiram manter a velocidade sugerida no método, sendo perceptível o desconforto durante a viagem, o que está relacionado com a condição ruim de rolamento do trecho.

A partir da análise subjetiva foi possível dividir os ramos em seções com base nos critérios estabelecidos por Baesso e Gonçalves (2003).

5.2 DISCRETIZAÇÃO DOS TRECHOS

O método URCI estabelece que cada trecho de estudo seja dividido em Ramos, Seções e Unidades simples. O Ramo é o maior trecho de estudo. Neste trabalho, foram analisados três ramos. Cada Ramo apresenta um certo número de Seções e Unidades Simples, sendo esta última o menor trecho e onde são realizadas as avaliações objetivas. Para dividir em Seções, considerou-se as condições da pista de rolamento durante a análise subjetiva. Na sequência, as Unidades Simples foram divididas para a análise de defeitos representativos de cada seção.

5.2.1 Estrada 01 – Estrada Irineu Bertani

O primeiro Ramo, denominado PBE01, está situado na Estrada Irineu Bertani do município de Pato Branco (PR). Esse Ramo fica localizado na divisa entre os municípios de Pato Branco e Bom Sucesso (PR), iniciando nas coordenadas 26°9'35.13"S e 52°46'28.83"O e terminando nas coordenadas 26°9'55.84"S e 52°46'52.38"O, com uma extensão de aproximadamente 2,22 km.

5.2.1.1 Seções do Ramo PBE01

O Ramo foi definido por duas Seções, (PBE01/01) e (PBE01/02), que perfazem um comprimento de aproximadamente 1km e 500m, respectivamente.

O trecho é caracterizado pela ausência de sistema de drenagem e agregados aparentes no leito (Figura 51).



Figura 51: seção PBE01/01
Fonte: autoria própria (2021).

O segundo trecho é caracterizado por uma seção transversal inadequada, a qual sofre os carregamentos impostos por veículos pesados que, em geral, atendem uma granja existente na região (Figura 52).



Figura 52: seção PBE01/02
Fonte: autoria própria (2021).

5.2.1.2 Unidades Simples

Neste Trecho, cada Seção foi representada por uma única Unidade Simples. Na primeira Seção, a Unidade Simples inicia nas coordenadas 26°9'32.9" S e 52°46'47.2" O e termina nas coordenadas 26°09'33.2" S e 52°46'48.6" W. A segunda Unidade Simples começa nas coordenadas 26°09'51.1" S e 52°46'57.9" W e termina nas coordenadas 26°09'52.7" S e 52°46'56.8" W.

5.2.2 Estrada 02 – Travessa São Valentim/Vitorino

O Ramo 02 está localizado na Travessa São Valentim/Vitorino, sendo denominado como "PBE02". O trecho inicia nas coordenadas 26°13'4.74"S e 52°45'41.73"O e termina nas coordenadas 26°14'42.11"S e 52°45'54.21"O, com extensão de aproximadamente 3,53 km.

5.2.2.1 Seções do Ramo PBE02/01

O Ramo PBE02/01 compreende duas seções, a primeira delas (PBE02/01) perfaz um comprimento de 2,44 km e a segunda Seção (PBE02/02) um comprimento

de 1,12 km. A necessidade de se considerar duas seções se deu pela mudança das características da pista. Na primeira seção a pista é caracterizada pela presença de agregados soltos e erosões no leito (Figura 53).



Figura 53: seção PBE02/01/01
Fonte: autoria própria (2021).

A segunda seção apresenta um trecho mais bem delimitado lateralmente e sem a presença de agregados graúdos soltos na pista de rolamento (Figura 54).



Figura 54: Seção PBE02/01/02
Fonte: autoria própria (2021).

5.2.2.2 Unidades Simples

Neste Trecho, a primeira seção foi representada por duas Unidades Simples, onde a primeira inicia nas coordenadas 26°13'24.2" S e 52°45'41"O e termina nas

coordenadas 26°13'25.6"S e 52°45'41.3" W. A segunda Unidade Simples começa nas coordenadas 26°14'00.3" S e 52°45'52.4" W e termina nas coordenadas 26°14'01.1" S e 52°45'52.9" O.

A segunda Seção possui somente uma Unidade Simples que inicia nas coordenadas 26°14'22.5" S e 52°45'49.1" O e termina nas coordenadas 26°14'23.5" S e termina nas coordenadas 52°45'50.4" O.

5.2.3 Estrada 03 – Linha Martinelo

O terceiro Ramo compreende a estrada da Linha Martinelo, sendo denominado como 'PBE03'. O trecho inicia nas coordenadas 26°14'42.00"S e 52°42'41.34"O e termina nas coordenadas 26°15'54.64"S e 52°44'25.70"O, com extensão de aproximadamente 4,46 km.

5.2.3.1 Seções do Ramo PBE03/01

O terceiro Ramo foi dividido em duas seções. A primeira (PBE03/01) seção apresenta comprimento de 2,94 km, a segunda (PBE03/02) de 1,56 km.

A primeira seção corresponde a um trecho com vários processos erosivos e agregados soltos na pista, com vegetação lindeira e ausência de sarjetas de drenagem superficial (Figura 55).



Figura 55: seção PBE03/01/01
Fonte: autoria própria (2021).

A segunda Seção é caracterizada pela ausência de agregados soltos na pista, presença de vegetações lindeiras e ausência de sarjetas de drenagem (Figura 56).



Figura 56: seção PBE03/01/03
Fonte: autoria própria (2021).

5.2.3.2 Unidades Simples

Neste Trecho, a primeira seção foi representada por três Unidades Simples, onde a primeira inicia nas coordenadas 26°15'40.3" S e 52°44'23.2" O e termina nas coordenadas 26°15'37.9" S e 52°44'23.3" W. A segunda Unidade Simples começa nas coordenadas 26°15'18.5" S e 52°44'15.8" W e termina nas coordenadas 26°15'16.9" S e 52°44'14.7" O. A terceira Unidade Simples inicia nas coordenadas 26°15'13.8" S e 52°43'43.5" W e termina nas coordenadas 26°15'12.8" S e 52°43'41.2" O

A segunda Seção possui duas Unidade Simples, em que a primeira inicia nas coordenadas 26°14'55.8" S e 52°43'19.3" O e termina nas coordenadas 26°14'55.4" S e 52°43'18.1" O. A segunda Unidade Simples começa na coordenada 26°14'42.7" S e 52°42'55.9" O e termina nas coordenadas 26°14'42.4" S e 52°42'53.8" O.

5.3 ANÁLISE OBJETIVA

A segunda etapa do método consiste em uma inspeção detalhada das unidades simples (BAESSO e GONÇALVES, 2003). Esta inspeção foi realizada de

forma a identificar os Defeitos-Tipos elencados na Tabela 10, devidamente registrados com medidas e croquis em Folha de Inspeção (APÊNDICE).

Para a análise objetiva foram utilizados os seguintes materiais:

- Trena,
- Régua de madeira;
- Sarrafo de madeira;
- 4 piquetes;
- Marreta;
- Prancheta;
- Folha de inspeção;
- Trena analógica.

Segundo o método selecionado, os defeitos devem ser medidos da seguinte maneira:

Seção Transversal Imprópria: “é medido em metros lineares m) por unidade simples (ao longo do eixo da rodovia ou paralelamente a este). Diferentes níveis de severidade podem coexistir em uma mesma unidade simples” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p., 180).

Drenagem Inadequada: “(...)São medidos em metros lineares (m) paralelamente ao eixo da pista da rodovia. O comprimento máximo do defeito medido é o dobro do comprimento da unidade simples” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p., 180).

Corrugações: “São medidas em metros quadrados para uma dada unidade simples. A quantidade medida não poderá exceder a área da unidade simples” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p., 181).

Excesso de Poeira: “O avaliador deve transitar com o veículo a uma velocidade situada na faixa de 40 a 50km/h” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p., 181).

Buracos: é medido em função do diâmetro e profundidade (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Trilha de Roda: “é medido em metros quadrado de área com defeito em uma dada unidade simples” (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p., 183).

Perda de Agregado: o defeito é medido em metros lineares, paralelamente ao eixo da estrada em uma unidade Simples. Se houverem, por exemplo, três bermas na

via e 100m de comprimento entre elas, então a medida do defeito deverá ser de 300m (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

5.3.1 Ramo PBE01

Este Ramo apresenta duas seções e também duas Unidades Simples, já que devido ao comprimento do trecho de cada seção, e por suas condições mais homogêneas, não se faz necessário mais do que uma Unidade Simples para cada seção. A Seção PBE01/01 apresenta um comprimento de aproximadamente 1km e a segunda Seção, PBE01/02, apresenta um comprimento de 0,5km (Figura 57).

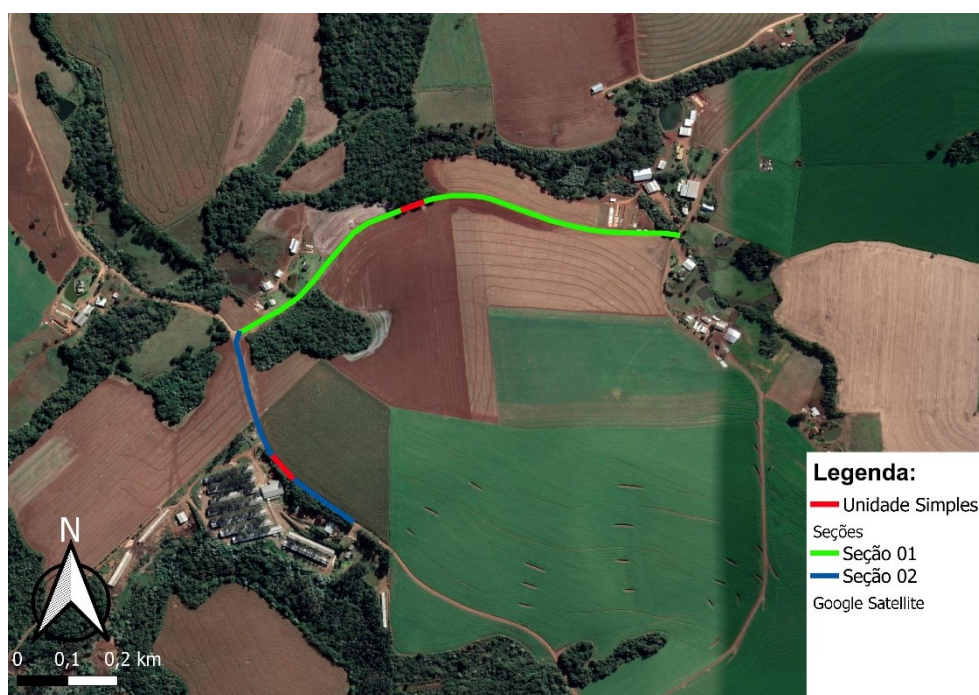


Figura 57: Ramo PBE01 com indicação das Seções e Unidades Simples
Fonte: Autoria própria (2021).

5.3.1.1 Unidade Simples PBE01/01/01

Esta US possui dimensões de 5,5m de largura, 50m de extensão e área de 275m². Em análise objetiva, foram observados os seguintes defeitos:

- Seção Transversal Imprópria, severidade baixa, extensão de 25m;
- Drenagem Inadequada, severidade baixa, extensão de 25m;
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 75m.

Esta unidade simples (Figura 58) apresenta marcas de acúmulo de água nos períodos de chuva em razão da seção transversal não possuir abaulamento adequado, no entanto, os metros finais do trecho apresentam conformação adequada. A Drenagem Inadequada colabora o acúmulo de água nas laterais da pista e a vegetação excessiva também dificulta o escoamento adequado da água.



Figura 58: observação das patologias na Unidade Simples PBE01/01/01
Fonte: autoria própria (2021).

No lado direito da Figura 58 não há sarjeta, a qual deve existir mesmo se o abaulamento tiver caído para um único lado. No lado esquerdo, a primeira metade da seção não possui conformação adequada da sarjeta e na segunda metade deve ser melhor conformada por meio da remoção de detritos, além da correção da inclinação transversal, necessária para a condução da água sem causar erosão e acúmulo.

Para calcular o ICRNP desta US, foram utilizadas as equações apresentadas no item 3.6.2.5, iniciando-se o método pelo cálculo da densidade:

$$Desidade_{STI} = \frac{25 \times 3,281 \times 100}{275} = 29,83\% (7)$$

Após calcular a densidade, calculou-se o valor dedutível a partir do ábaco da Figura 59, de acordo com o defeito considerado, que, neste caso, trata-se de Seção Transversal Imprópria.

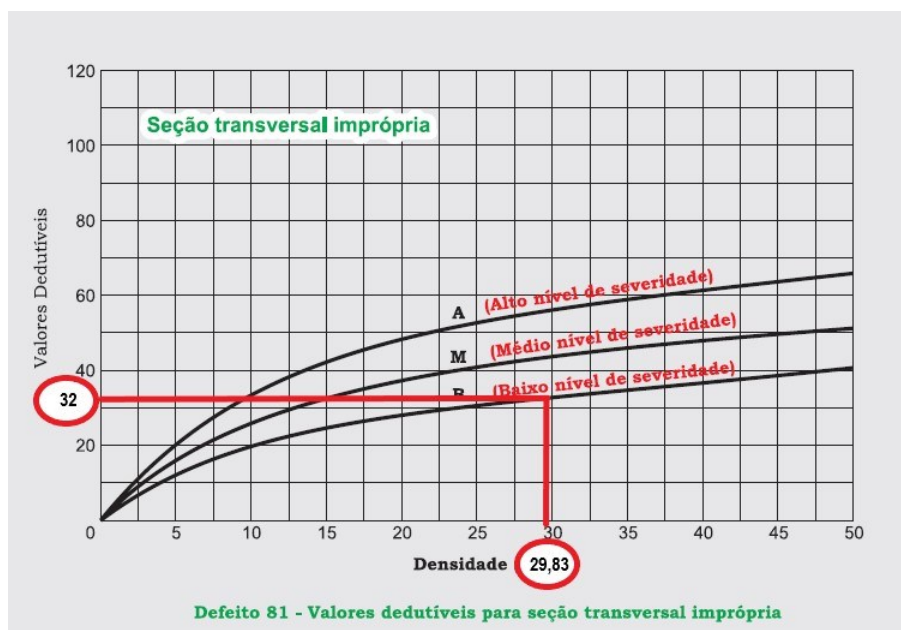


Figura 59: cálculo dos valores dedutíveis
Fonte: autoria própria (2021).

Para este defeito, o valor dedutível é 32. O mesmo procedimento foi realizado para os outros defeitos observados em campo. Neste caso, calculou-se a densidade do defeito Drenagem Inadequada. Como foram observados dois níveis de severidade, primeiro foi calculado para a severidade alta e o segundo para a severidade baixa:

$$Densidade_{DI} = \frac{75 \times 3,281 \times 100}{275} = 89,48\% \quad (8)$$

$$Densidade_{DI} = \frac{25 \times 3,281 \times 100}{275} = 29,83\% \quad (9)$$

Assim, para cada severidade foi atribuído um valor dedutível adquirido com o uso do ábaco da Figura 60.

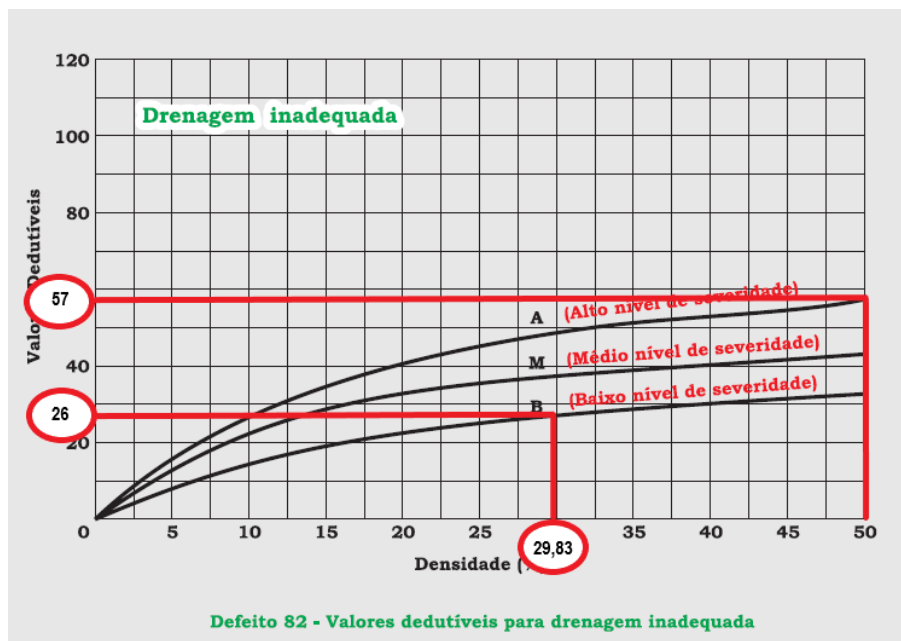


Figura 60: valores dedutíveis para Drenagem Inadequada
Fonte: autoria própria (2021).

Como no cálculo da densidade para a severidade alta o valor observado não consta no gráfico, utilizou-se o maior valor de densidade possível. Para a severidade baixa, o valor dedutível é de 26 pontos e, para a severidade alta, o valor dedutível é de 57 pontos. A soma dos dois valores resultou no Valor Dedutível do defeito, igual a 83 pontos.

Em seguida, calculou-se o valor dedutível final da Unidade Simples somando todos os valores dedutíveis observados.

$$VDF = 32 + 83 \rightarrow VDF = 115 (10)$$

A partir do valor dedutível final, obtém-se o ICRNP da Unidade Simples por meio do ábaco da curva de valores dedutíveis mostrado na Figura 61. Para cada curva existe um valor “q” associado, sendo que, para esta Unidade Simples, o valor “q” é igual a “2”.

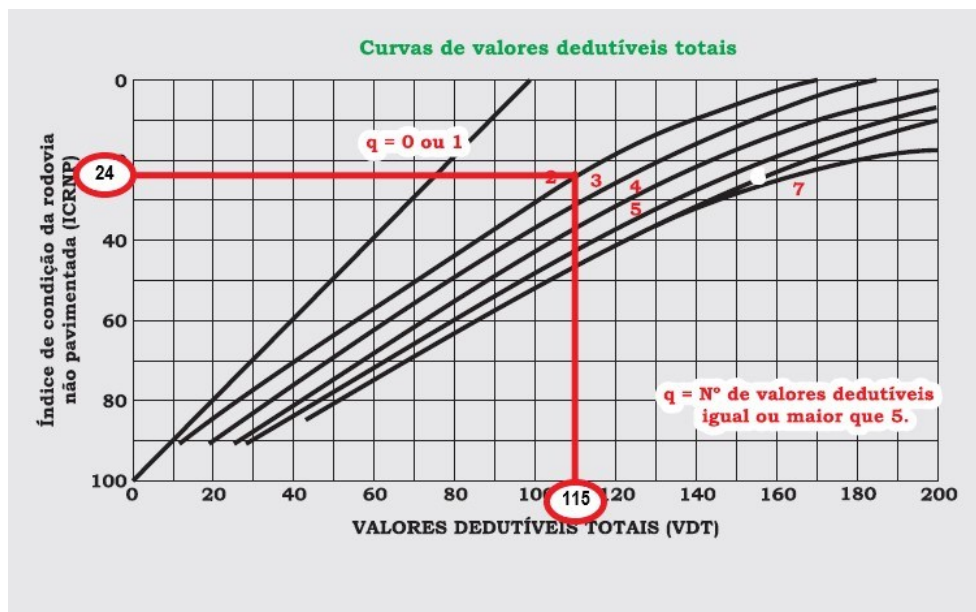


Figura 61: índice ICRNP da US PBE01/01/01 obtido a partir de valores dedutíveis totais
Fonte: autoria própria (2021).

Deste modo, esta US possui um ICRNP igual a 24 e, segundo o método, este índice corresponde a uma classificação “MUITO POBRE”.

Como esta Seção possui somente uma única US, a classificação “MUITO POBRE” também lhe é atribuída.

5.3.1.2 UNIDADE SIMPLES PBE01/02/01

Esta US tem dimensões de 4,5m de largura, 60m de extensão e 270 m² de área. Foram observados os seguintes defeitos:

- Seção Transversal Imprópria, severidade baixa, extensão de 60m;
- Drenagem Inadequada, severidade média, extensão de 60m;
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 60m;
- Trilha de Roda, severidade baixa, área de 10,5m²;
- Trilha de Roda, severidade média, área de 154,5m².

Como é possível observar na Figura 62, esta US apresenta considerável deformação da seção transversal, com superfície mal conformada. O abaulamento não segue a boa técnica recomendada para trechos em curva e, mesmo no trecho em nível, também não possui abaulamento adequado. As deformações nas Trilha de

Rodas provavelmente foram causadas pelas altas cargas repetitivas, pois nesta região existe uma granja atendida por considerável quantidade de caminhões.

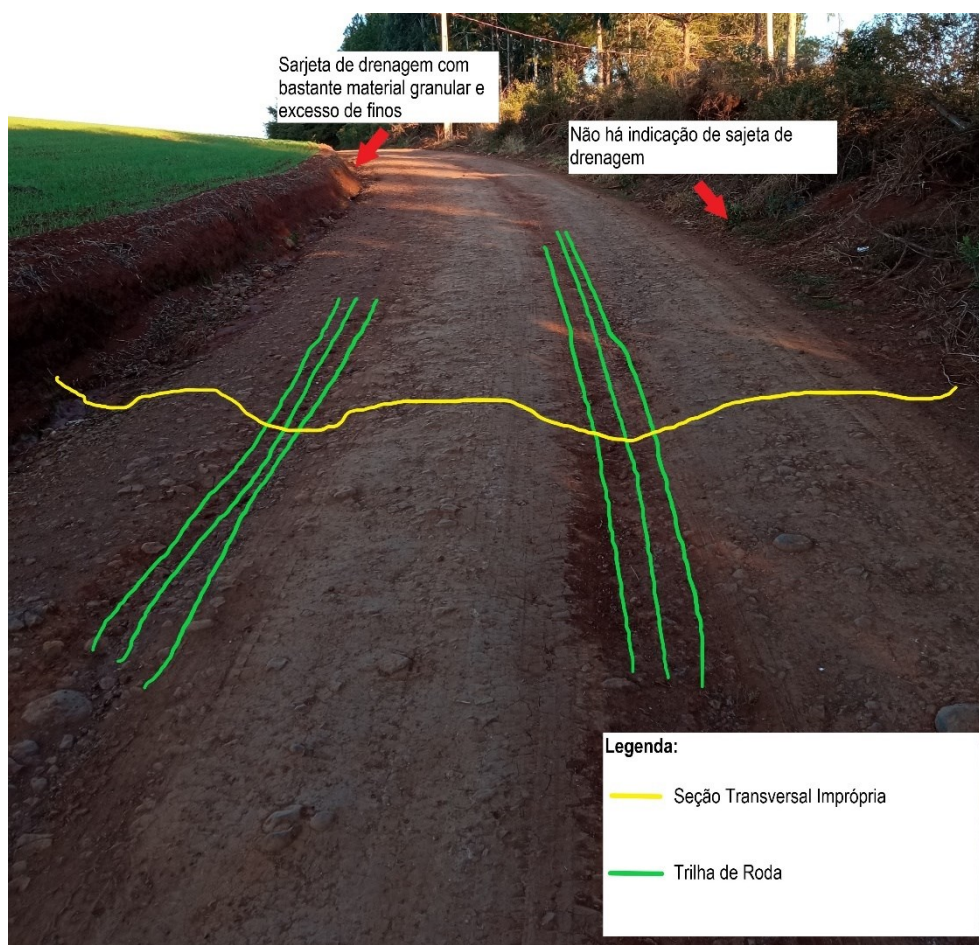


Figura 62: observação das patologias na Unidade Simples PBE01/02/01
Fonte: autoria própria (2021).

As trilhas de roda possuem profundidade que varia entre 3cm e 8cm, o que indica, segundo Baesso e Gonçalves (2003), um nível de severidade médio (Figura 63).



Figura 63: medida de profundidade do defeito Trilha de Roda

Fonte: autoria própria (2021).

A drenagem do lado esquerdo da pista (Figura 64a) apresenta processos erosivos e britas acumuladas por desagregação e outras colocadas de propósito para diminuir a carga cinética da água, já que, em velocidade elevada é capaz de carregar os finos do solo, causando erosões, como é o caso desta sarjeta. Do lado direito, não há uma indicação de sarjeta de drenagem (Figura 64b).

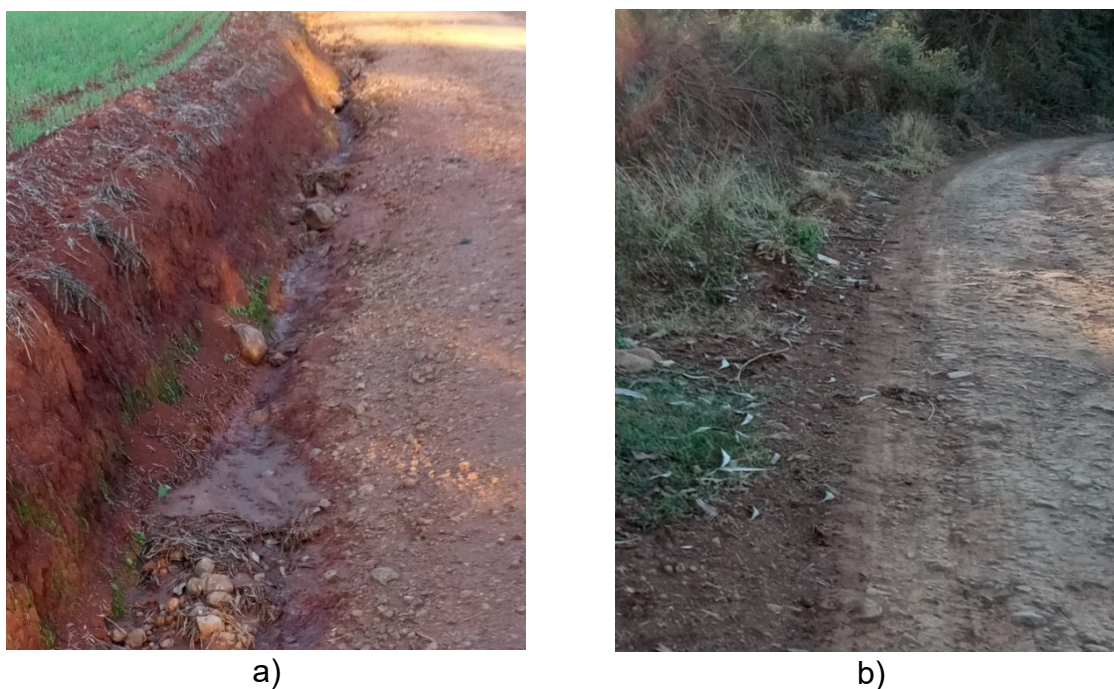


Figura 64: a) sarjeta com indicação de processos erosivos no lado esquerdo e b) sem presença de sarjeta no lado direito

Fonte: autoria própria (2021).

É possível inferir que a seção transversal passou por repetitivos processos de patrolagem, como observados na Figura 65. Esse processo de raspagem do leito estradal pode não ser benéfico, pois pode-se chegar a solos menos resistentes e gerar uma seção de formato encaixado.



Figura 65: indicação de corte da estrada
Fonte: autoria própria (2021).

Para calcular o ICRNP desta Unidade Simples, calculou-se a densidade de cada defeito e seu respectivo Valor Dedutível, considerando uma Seção Transversal Imprópria de Severidade média.

$$Densidade_{STI} = \frac{60 \times 3,281 \times 100}{270} = 72,91\% \text{ (11)}$$

O Valor Dedutível para a Seção Transversal Imprópria é obtido no ábaco da Figura 66.

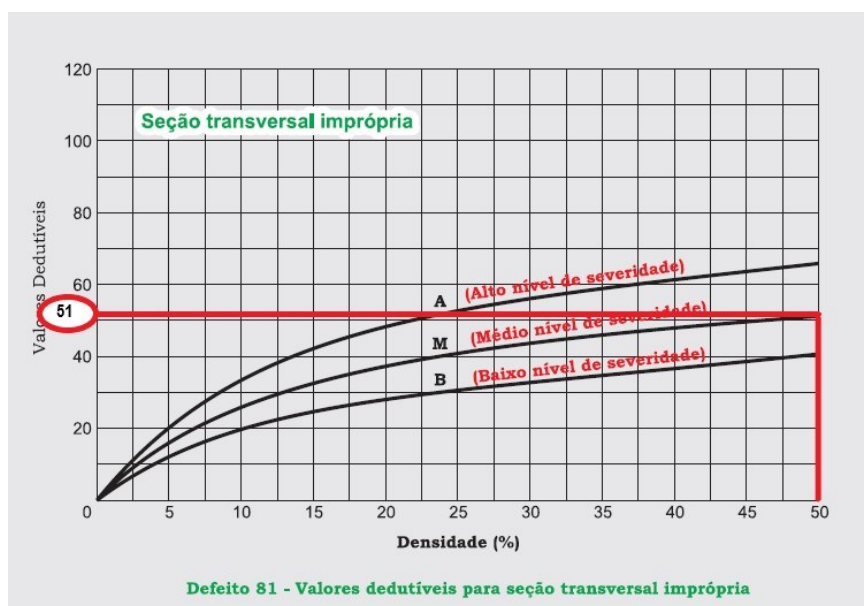


Figura 66: valor dedutível para a Seção Transversal Imprópria
Fonte: autoria própria (2021)

Portanto, o Valor Dedutível é 51. No caso de Drenagem Inadequada, de Severidade média; e Drenagem Inadequada, de Severidade Alta, o resultado foi obtido como se segue

$$Densidade_{DI} = \frac{60 \times 3,281 \times 100}{270} = 72,91\% \text{ (12)}$$

O Valor Dedutível para o defeito Drenagem Inadequada é obtido no ábaco da Figura 67.

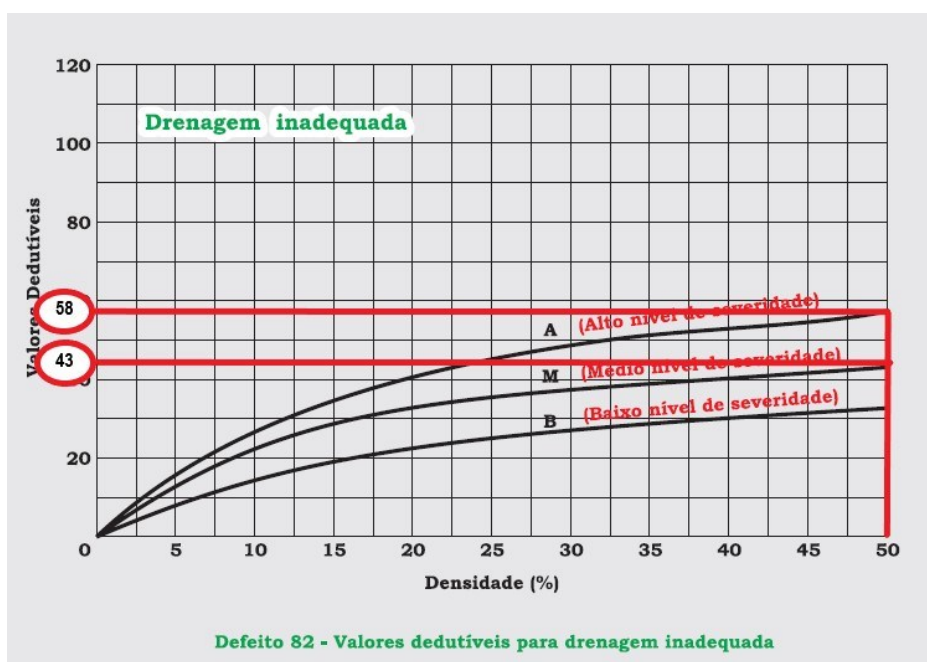


Figura 67: valores dedutíveis para Drenagem Inadequada
Fonte: autoria própria (2021).

Ao somar os Valores Dedutíveis de cada nível de severidade, obtém-se o Valor Dedutível para o defeito, neste caso, 101:

Trilha de Roda – Severidade baixa

$$Densidade_{TR} = \frac{10,5 \times 1 \times 100}{270} = 3,88\% \text{ (13)}$$

Trilha de Roda – Severidade média

$$Densidade_{TR} = \frac{154,5 \times 1 \times 100}{270} = 57,22\% \quad (14)$$

Os Valores Dedutíveis associados aos dois defeitos são apresentados na Figura 68.

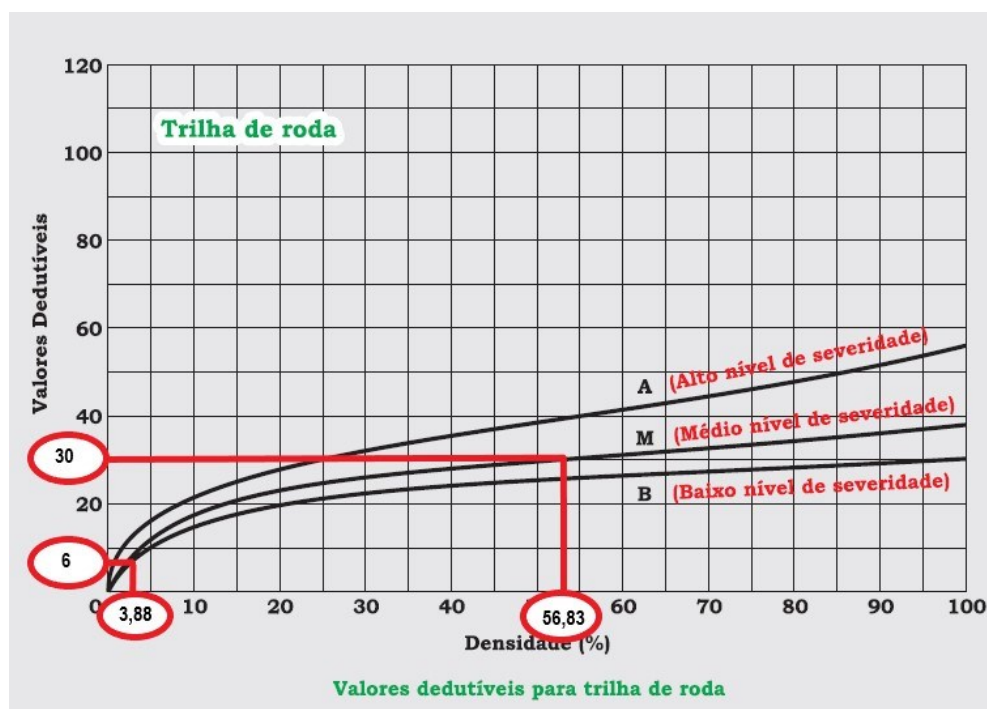


Figura 68: valores dedutíveis para o defeito Trilha de Roda
Fonte: autoria própria (2021).

O Valor Dedutível para o Defeito Trilha de Roda é obtido a partir da soma dos dois Valores Dedutíveis, resultando em 36 pontos.

Desta forma o Valor Dedutível Final para esta Unidade Simples é:

$$VDF = 51 + 101 + 36 \rightarrow VDF = 182 \quad (15)$$

Com o valor de VDF e, sendo “q” igual a três, determinou-se o ICRNP utilizando o ábaco com as curvas de valores dedutíveis totais mostrado na Figura 69.

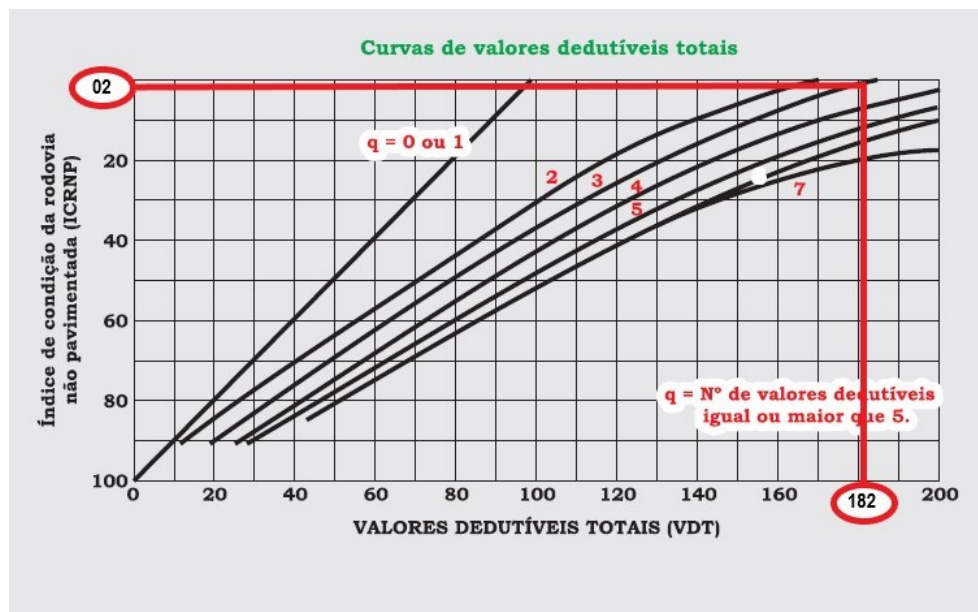


Figura 69: índice ICRNP da US PBE01/02/01 obtido a partir dos valores dedutíveis totais
Fonte: autoria própria (2021).

Esta US possui ICRNP igual a 2, portanto, o conceito associado a esse resultado é 'PÉSSIMA'. Como esta Seção também apresenta uma única US, então a classificação atribuída se mantém como 'PÉSSIMA'.

Na Tabela 13, apresenta-se um resumo dos ICRNP calculados em cada Unidades Simples.

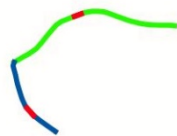
Ramo PBE01 (ext. 1,5km)				
	Seção PBE01/01 (ext. 1km)		Seção PBE01/02 (ext. 0,5km)	
	Unidade Simples PBE01/01/01 Dimensões (5,5m x 50m)		Unidade Simples PBE01/02/01 Dimensões (4,5m x 60m)	
Defeitos-Tipo	Densidade	VD	Densidade	VD
Defeito-Tipo 81	29,83%	32	72,91%	51
Defeito-Tipo 82	89,48% / 29,83%	83	72,91% / 72,91%	101
Defeito-Tipo 83	-	-	-	-
Defeito-Tipo 84	-	-	-	-
Defeito-Tipo 85	-	-	-	-
Defeito-Tipo 86	-	-	3,88% / 57,22%	36
Defeito-Tipo 87	-	-	-	-
ICRNP	24		2	
Classificação	Muito Pobre		Péssima	

Tabela 13: resumo do ICRNP das US
Fonte: autoria própria (2021).

Obtido o ICRNP para cada Unidade Simples, calcula-se o ICRNP de cada Seção. O índice é calculado a partir da média aritmética dos ICRNP das Unidades Simples (BAESSO e GONÇALVES, 2003).

Como neste Ramo, cada Seção possui somente uma única Unidade Simples, o ICRNP da Seção PBE01/01 resulta no valor 27 e classificação 'POBRE', e o ICRNP da Seção PBE01/02 resulta no valor 13 e classificação 'MUITO POBRE'.

Em seguida, calculou-se o ICRNP do Ramo:

$$ICRNP_{Ramo} = \frac{(24 \times 1km) + (2 \times 0,5km)}{1,5km} = 16,67 \quad (16)$$

Por fim, para o Ramo PBE01, que corresponde ao trecho da Estrada Irineu Bertani, com comprimento de aproximadamente 1,5km, o ICRNP é 16,67 e a classificação é 'MUITO POBRE'.

5.3.2 Ramo PBE02

O Ramo PBE02 tem duas Seções e três Unidades Simples, conforme indicado na Figura 70. A Primeira Seção PBE02/01 tem 2,44km, enquanto a segunda Seção 1,13km.



Figura 70: Ramo PBE02 com indicação de Seções e Unidades Simples
Fonte: autoria própria (2021).

5.3.2.1 Unidade Simples PBE02/01/01

Esta Unidade Simples possui 5 metros de largura e 50 metros de comprimento, totalizando uma área de 250 m². Foram observados os seguintes defeitos:

- Seção Transversal Imprópria, severidade alta, extensão de 50m;
- Excesso de Poeira, severidade baixa;
- Trilha de Roda, severidade baixa, área de 57,5m²;
- Trilha de Roda, severidade média, área de 57,5m²;
- Perda de Agregados, severidade baixa, 150m.

Na Figura 71 é possível observar que, embora haja um sistema de drenagem com a presença de bigodes (dispositivos que conduzem as águas das sarjetas para outro dispositivo de drenagem), a seção transversal mal conformada prejudica o escoamento da água favorecendo a formação de erosões e diminuição da capacidade de suporte da estrada, a qual deve ter contribuído para a formação das trilhas de roda observadas. Também é possível inferir que a ação da chuva, somada ao processo abrasivo do atrito pneu-estrada, vem causando a desagregação de agregados graúdos que se depositam nas regiões centrais e laterais da estrada.

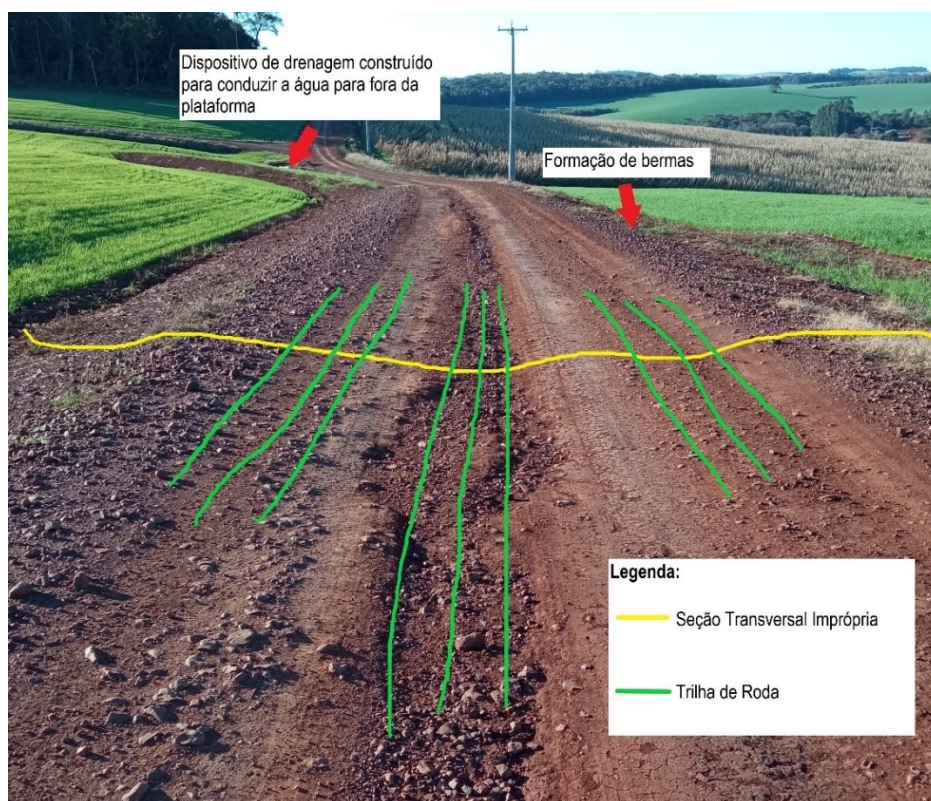


Figura 71: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/01/01
Fonte: autoria própria (2021).

Segundo os cálculos de densidade e valores dedutíveis, esta Unidade Simples possui índice ICRNP 21 e condição 'MUITO POBRE'.

5.3.2.2 Unidade Simples PBE02/01/02

Esta Unidade Simples possui 5,8m de largura e 45m de extensão, portanto, 261 m² de área. Os defeitos observados foram:

- Seção Transversal Inadequada, severidade média, extensão de 45m;
- Drenagem Inadequada, severidade baixa, extensão de 45m;
- Corrugações, severidade baixa, área de 130,5m²;
- Excesso de Poeira, severidade baixa.

Na Figura 72 é possível observar que a Unidade Simples possui ondulações em toda a sua extensão. O sistema de drenagem precisa de melhor conformação e a pista, embora tenha uma boa conformação com relação ao abaulamento, apresenta ondulações que geram desconforto ao usuário.

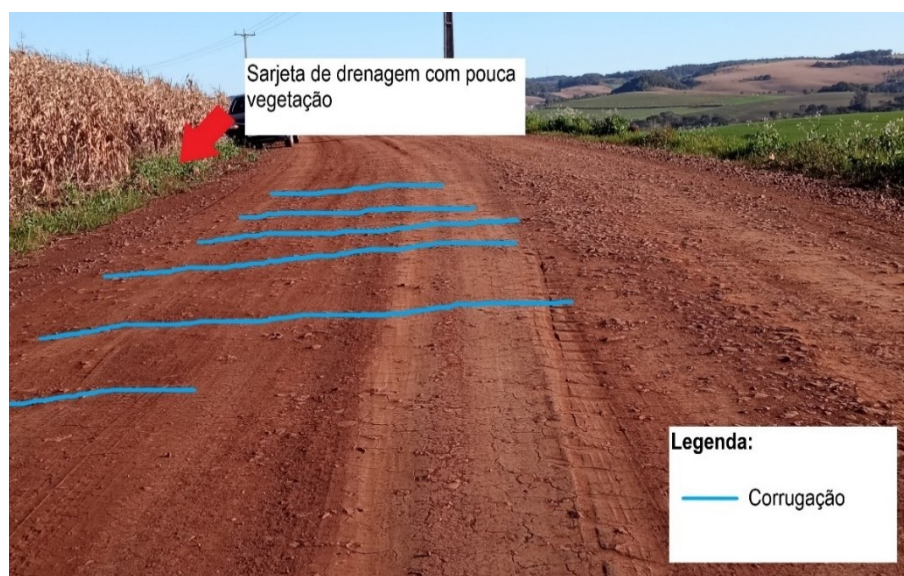


Figura 72: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/01/02
Fonte: autoria própria (2021).

Dentre as causas para as corrugações definidas por Baesso e Gonçalves (2003), é provável que os motivos, neste caso, sejam a perda de finos na camada de revestimento, subleito ou base, que pode colaborar para deficiências de suporte.

Na Figura 73 é possível observar finos acumulados na sarjeta de drenagem com o mesmo alinhamento da linha das corrugações, o que indica que a corrugação formada na pista se deve ao fato de a água da chuva carregar os finos que se desagregaram da camada de revestimento primário.

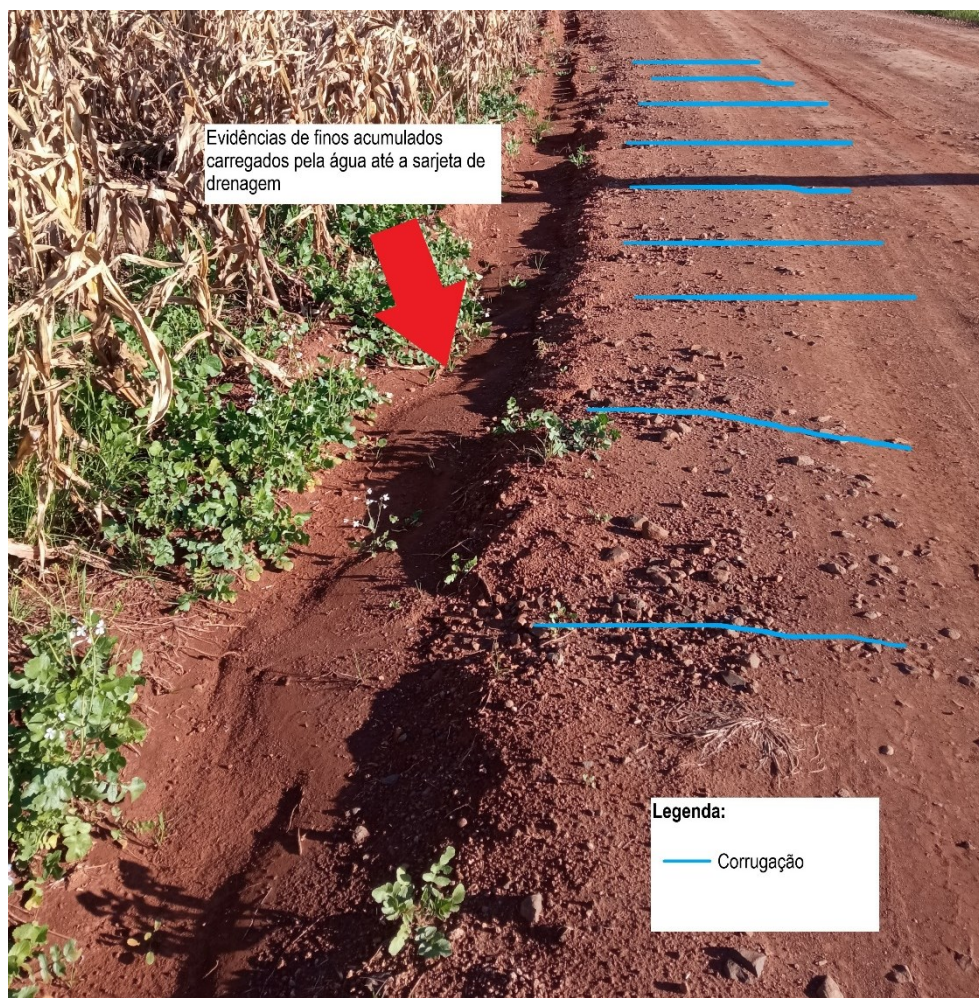


Figura 73: finos carregados para a sarjeta de drenagem
Fonte: autoria própria (2021).

A partir do cálculo da Densidade e Valores Dedutíveis, encontrou-se que o ICRNP de 31 para esta Unidade Simples, que resulta em uma classificação “POBRE”.

5.3.2.3 Unidade Simples PBE02/02/01

A Unidade Simples da Seção 2 possui comprimento de 50 m e largura de 5 m, que resulta em uma área de 250 m². Os defeitos observados foram:

- Seção transversal inadequada, severidade média, extensão de 50m;
- Drenagem inadequada, severidade alta, 100m;

- Buracos, severidade baixa (8 unidades), severidade média (1 unidade), severidade alta (1 unidade).

Esta unidade Simples, identificada na Figura 74, apresenta uma seção transversal em formato encaixado, com em regiões em que há água acumulada nas laterais da pista, em virtude de falhas no sistema de drenagem. Essa água acumulada pode se infiltrar nas camadas subjacentes prejudicando a capacidade de suporte, somado à passagem do tráfego que favorece a formação de buracos que acumulam ainda mais água no leito da pista.



Figura 74: observação das patologias na Unidade Simples PBE02/02/01
Fonte: autoria própria (2021).

Outro fator a ser observado no trecho é que ele está próximo ao Rio Vitorino, o que significa que as águas subterrâneas podem prejudicar o leito da estrada dificultando a absorção da água pelo solo. A água também pode subir por capilaridade às camadas de base e reduzir a capacidade de suporte da estrutura.

Também pode-se considerar que o abaulamento inadequado favorece a formação dos buracos e a carência de materiais finos na camada de revestimento. Na Figura 75 é possível observar os buracos presentes no trecho.



Figura 75: buracos formados na seção transversal
Fonte: autoria própria (2021).

A perda de finos na mistura também faz com que os agregados graúdos fiquem aparentes no leito, como mostra a Figura 76, o que gera desconforto aos usuários. Também é possível perceber que a granulometria e a forma dos agregados não são as mais adequadas. Baesso e Gonçalves (2003) recomendam que os agregados utilizados no revestimento primário não possuam granulometria maior do que uma polegada e o formato do agregado seja cúbico. No entanto, os autores ponderam que embora haja uma recomendação quanto à granulometria dos agregados, é perfeitamente compreensível que os municípios não possuam recursos naturais próximos ou estrutura maquinária adequada para o uso de agregados recomendados pela bibliografia. Por outro lado, citam que, mesmo sem materiais adequados, a estrada deve atender aos padrões mínimos de qualidade.



Figura 76: agregados graúdos aparentes na camada de revestimento
Fonte: autoria própria (2021).

Ao calcular os Valores Dedutíveis, obteve-se um ICRNP igual a zero para esta Unidade Simples, o que resulta em uma classificação “PÉSSIMA”.

Na Tabela 14 apresenta-se o resumo dos valores de ICRNP calculados para cada Unidade Simples.

Tabela 14: resumo do ICRNP das US

Ramo PBE02 (ext. 3,58km)							
		Seção PBE02/01 (ext. 2,44km)		Seção PBE01/02 (ext. 1,14km)			
		Unidade Simples PBE02/01/01 Dimensões (5m x 50m)		Unidade Simples PBE02/01/02 Dimensões (5,8m x 45m)		Unidade Simples PBE01/02/01 Dimensões (5m x 50m)	
Defeitos-Tipo	Densidade	VDF	Densidade	VDF	Densidade	VDF	
Defeito-Tipo 81	65,62%	66	56,57%	51	65,62%	51	
Defeito-Tipo 82	-	-	56,57%	33	131,24%	58	
Defeito-Tipo 83	-	-	50%	25	-	-	
Defeito-Tipo 84	-	2	-	2	-	-	
Defeito-Tipo 85	-	-	-	-	4,34% / 1,77% / 3,23%	145	
Defeito-Tipo 86	23% / 23%	20 / 23	-	-	3,88% / 56,83%	36	
Defeito-Tipo 87	196,86%	19	-	-	-	-	
ICRNP	20		31		0		
Classificação	Muito Pobre		Pobre		Péssima		

Fonte: autoria própria (2021).

A seguir, apresenta-se o cálculo do ICRNP para a Seção PBE02/01:

$$ICRNP \text{ Seção} = \frac{20 + 31}{2} = 25,5 \text{ (17)}$$

Para a Seção PBE02/02, como há somente uma Unidade Simples, o valor índice é o mesmo. A seguir, apresenta-se o cálculo do ICRNP do Ramo:

$$ICRNP \text{ Ramo} = \frac{(25,5 \times 2,44km) + (0 \times 1,44km)}{3,58km} = 17,38 \text{ (18)}$$

Assim, o Ramo PBE02 apresentou um ICRNP de 17,38 que é classificado como “MUITO POBRE”.

5.3.3 Ramo PBE03

Na Figura 77 é apresentado o Ramo PBE03, o qual foi dividido em duas seções: PBE03/01 e PBE03/02, onde, respectivamente, possuem comprimento de 2,9km e 1,57km, e foram divididos em cinco US para a análise objetiva.

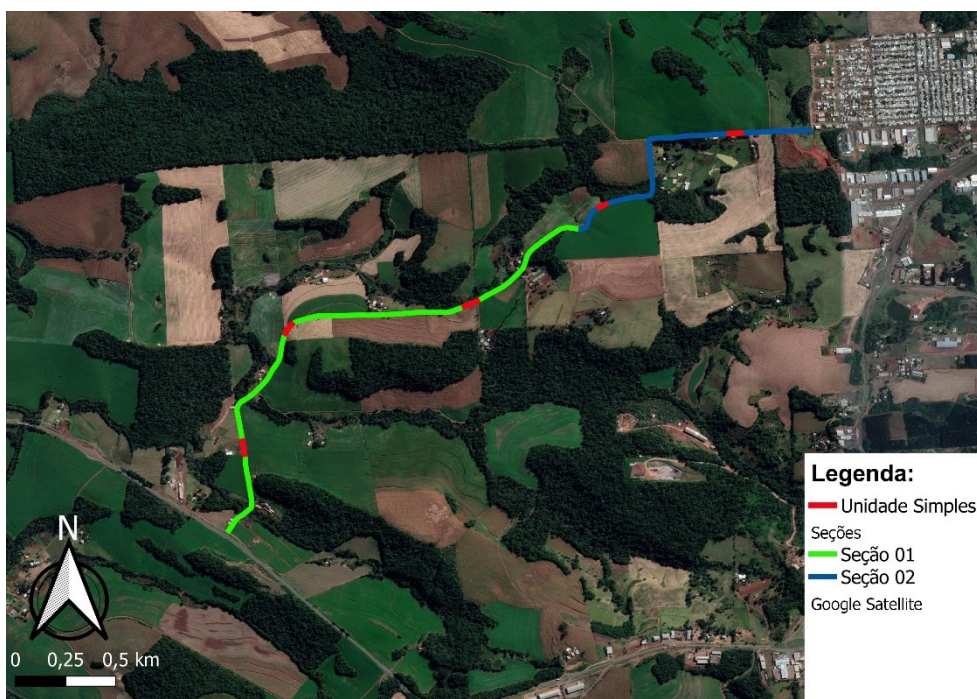


Figura 77: Ramo PBE03 com indicação das Seções e Unidades Simples
Fonte: autoria própria (2021).

5.3.3.1 Unidade Simples PBE03/01/01

Esta Unidade Simples possui dimensões de 75 metros de comprimento e 3 metros de largura, totalizando uma área de 262 m². Em Inspeção de campo, foram observados os seguintes defeitos:

- Seção transversal imprópria, severidade média, extensão de 75m.
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 75m;
- Trilha de Roda, severidade baixa, área de 99,75m²;
- Trilha de Roda, severidade média, 145,25m²;
- Perda de agregado, severidade baixa, 225m.

Na Figura 78 se observa que a Unidade Simples apresenta uma visível linha de perda de agregados, provavelmente causada pelo efeito abrasivo do tráfego, somado às chuvas que fazem os finos da mistura se perderem, desagregando os grãos maiores. Esses agregados acumulados no leito da estrada, em conjunto com a má conformação da plataforma, corroboram para que a água da chuva não escoe de maneira adequada. Essa água acumulada prejudica a capacidade de suporte do leito da estrada podendo, como é o caso, formar trilha de rodas.

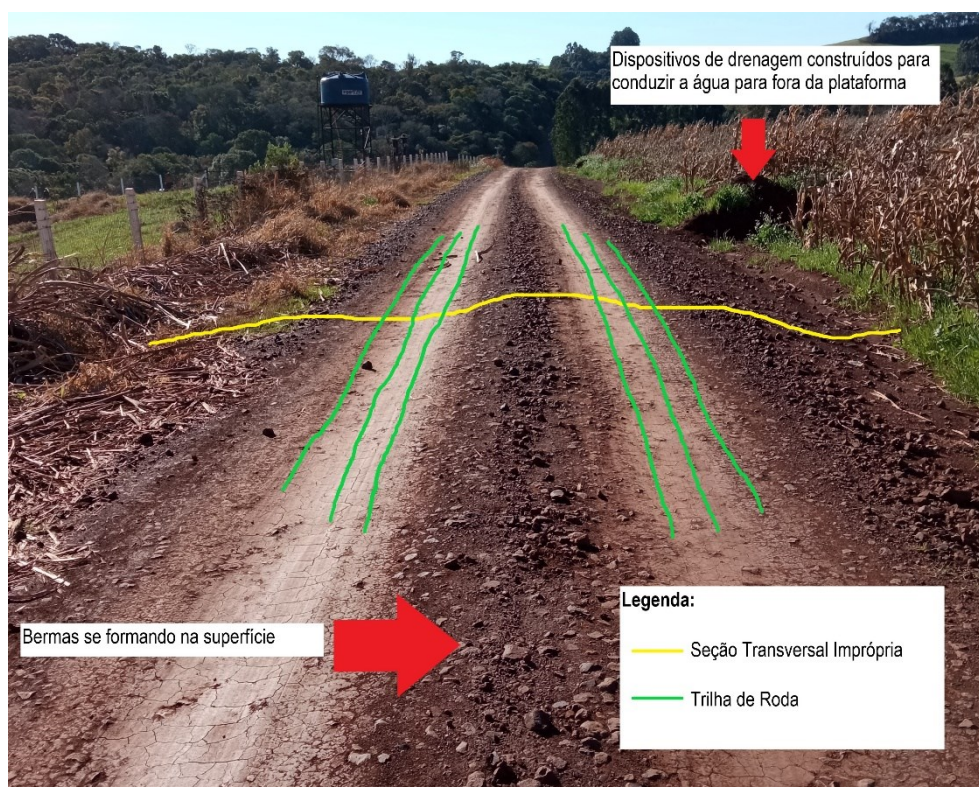


Figura 78: observação das patologias da Unidade Simples PBE03/01/01
Fonte: autoria própria (2021).

O sistema de drenagem é bem conformado de um lado da estrada, possuindo dispositivos de drenagem como o bigode indicado na Figura 79. No entanto, o lado oposto possui uma densa vegetação que prejudica o escoamento adequado da água.



Figura 79: indicação de sangra/bigode para escoar a água da sarjeta para fora da plataforma
Fonte: autoria própria (2021).

A partir do cálculo dos valores dedutíveis, o ICRNP atribuído a essas Unidades Simples é 8 e a classificação é “PÉSSIMA”.

5.3.3.2 Unidade Simples PBE03/01/02

Esta unidade simples é localizada em um trecho curvo em rampa. Possui 4 metros de largura por 65 metros de comprimento que resulta em uma área de 260 m². Os defeitos observados neste trecho foram:

- Seção Transversal Inadequada, severidade média, extensão de 23,5m;
- Seção Transversal Inadequada, severidade alta, extensão de 41,5m;
- Drenagem Inadequada, severidade baixa, extensão de 130m;
- Trilha de Roda, severidade média, área de 144m²;

- Perda de Agregado, severidade baixa, 195m.

Na Figura 80 é possível observar que o maior problema deste trecho é a seção transversal que não proporcionou a condução adequada das águas da chuva, o que colaborou para que surgissem outras patologias como a Trilha de Roda, os processos erosivos no leito da estrada e a Perda de Agregados.

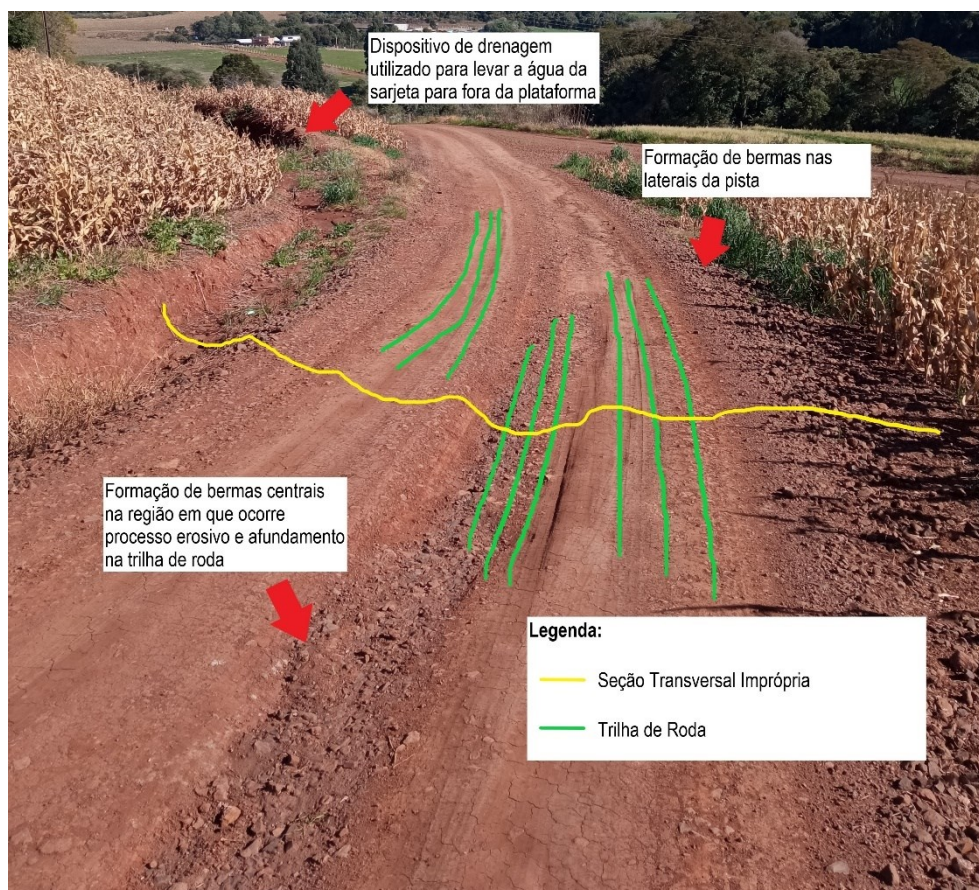


Figura 80: observação das patologias da Unidade Simples PBE03/01/02
Fonte: autoria própria (2021).

Nota-se que o sistema de drenagem atende os critérios mínimos de qualidade, com sarjetas e sistema de escape para diminuir as cargas de chuva sobre as sarjetas, o que implica inferir que os problemas encontrados no local são ocasionados pela má conformação da seção transversal.

Na Figura 81 é apresentado um exemplo de entrada do bigode construído para conduzir a água da sarjeta a outros dispositivos de drenagem. Entretanto, essa estrutura está desconectada da plataforma e, por isso, não se apresenta adequada, uma vez que a seção transversal não acompanha o caimento desejado.



Figura 81: indicação da sangra/bigode para escoar a água das sarjetas para fora da plataforma
Fonte: autoria própria (2021).

O ICRNP para esta US é 5 e a classificação “PÉSSIMA”.

5.3.3.3 Unidade Simples PBE03/01/03

Em análise objetiva foram observados os seguintes defeitos:

- Seção Transversal Imprópria, severidade baixa, extensão de 75m;
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 150m;
- Perda de Agregados, severidade baixa, extensão de 75m.

Esta Unidade Simples, indicada na Figura 82, possui uma seção transversal mal conformada, pois não possui abaulamento transversal para conduzir a água da chuva para o sistema de drenagem, que também possui sérios problemas, como vegetação densa que dificulta o escoamento da água de um lado e a ausência do sistema de drenagem do outro. A perda de agregados neste trecho possui severidade baixa, com evidente formação de bermas no eixo e laterais da pista de rolamento.



Figura 82: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/01/03
Fonte: autoria própria (2021).

Na Figura 82 é possível notar que no ponto de inflexão da via há água acumulada, o que evidencia uma falha no sistema de drenagem, uma vez que deveria se construir um sistema para conduzir o excesso de água para fora da pista, como bigodes, por exemplo, além de uma seção transversal bem conformada.

Na Figura 83 é possível observar os elementos de drenagem mencionados, do lado esquerdo (Figura 83a) é possível observar a ausência do sistema de drenagem e densa vegetação na lateral da pista, do lado direito (Figura 83b) há uma canaleta de drenagem em formato em 'v' com um rebaixamento acentuado.



a)



b)

Figura 83: a) não há indicação de sarjeta de drenagem e b) sarjeta muito abaixo do leito da pista e com muita vegetação
Fonte: autoria própria (2021).

O ICRNP dessa Unidade Simples é 27 e a classificação “POBRE”.

5.3.3.4 Unidade Simples PBE03/02/01

Em análise objetiva foram observados os seguintes defeitos:

- Drenagem Inadequada, severidade baixa, extensão de 50m;
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 50m;
- Excesso de poeira, severidade baixa;
- Buracos (1 unidade), severidade baixa.

Esta Unidade Simples, indicada na Figura 84, apresenta uma seção bem-conformada, com abaulamento para o lado certo da via, seguindo o conceito de superelevação em trechos em curva. No entanto, as áreas de drenagem apresentam vegetação e britas que, em trechos planos, dificultam o direcionamento da água que pode se acumular na região onde existem obstáculos.



Figura 84: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/02/01
Fonte: autoria própria (2021).

O trecho apresenta a perda de finos devido à ação do tráfego e das chuvas, expondo os agregados graúdos da mistura. Esses agregados, além de apresentar diâmetros acima do ideal, que é de 2,5 cm (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p. 48), apresentam desconforto ao usuário do veículo devido às grandes vibrações que provoca no veículo.

Registrou-se um único buraco na unidade simples (Figura 85). Segundo Baesso e Gonçalves (2003), este defeito pode se manifestar devido à: (i) inexistência ou deficiência com relação à mistura da camada de revestimento; (ii) ausência de camada de revestimento primário ou deficiência com relação à composição da mistura dos materiais da superfície; ou (iii) plataforma da estrada mal drenada e/ou sem

abaulamento transversal. Devido à perda de finos (aglutinantes) observada, o buraco provavelmente surgiu devido à perda deste material na mistura, uma vez que se manifesta de forma isolada.



Figura 85: buraco
Fonte: autoria própria (2021).

O ICRNP desta US é 24 e a classificação é “MUITO POBRE”.

5.3.3.5 Unidade Simples PBE03/02/02

Em análise local foram observados os seguintes defeitos:

- Seção Transversal imprópria, severidade média, extensão de 50m;
- Drenagem Inadequada, severidade baixa, extensão de 50m;
- Drenagem Inadequada, severidade alta, extensão de 50m;
- Trilha de rodas com severidade baixa, área 275m²;
- Perda de Agregados com severidade baixa.

A unidade Simples, indicada pela Figura 86, apresenta uma seção transversal mal conformada, com formato ondulado que dificulta o escoamento da água gerando pontos de acumulação ao longo da superfície, somado à ausência e má conformação

dos elementos de drenagem. A água da chuva pode danificar a capacidade de suporte da pista, ocasionando a Trilha de Roda observada no trecho, devido à passagem repetitiva de veículos pesados, como caminhões e máquinas agrícolas.



Figura 86: observação das patologias na Unidade Simples PBE03/02/02
Fonte: autoria própria (2021).

Para o defeito trilha de rodas foi feito uma medida da profundidade e observou-se que era menor do que três centímetros, caracterizando uma baixa severidade (Figura 87).



Figura 87: Medidas da profundidade da Trilha de Roda
Fonte: Autoria própria (2021).

O ICRNP desta Unidade Simples é 18 e a classificação é "MUITO POBRE".

Na Tabela 15 é apresentado um resumo do ICRNP encontrado para cada U.S.

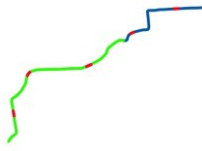
Ramo PBE03 (ext. 3,58km)										
	Seção PBE03/01 (ext. 2,9km)						Seção PBE03/02 (ext. 1,58km)			
	Unidade Simples PBE03/01/01 Dimensões (3,5m x 75m)		Unidade Simples PBE03/01/02 Dimensões (4m x 65m)		Unidade Simples PBE03/01/03 Dimensões (3,5m x 75m)		Unidade Simples PBE03/02/01 Dimensões (5m x 50m)		Unidade Simples PBE03/02/02 Dimensões (5m x 50m)	
	Defeitos-Tipo	Densidade	VDF	Densidade	VDF	Densidade	VDF	Densidade	VDF	Densidade
Defeito-Tipo 81	93,74%	51	29,65% / 52,37%	45 / 67	93,74%	40	-	-	59,65%	45
Defeito-Tipo 82	93,74%	58	164,05%	32	187,49%	58	61,9% / 61,9%	32 / 57	59,65% / 59,65%	26 / 42
Defeito-Tipo 83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Defeito-Tipo 84	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-
Defeito-Tipo 85	-	-	-	-	-	-	0,79	14	-	2
Defeito-Tipo 86	38% / 62%	23 / 31	63,31%	32	-	-	-	-	100%	25
Defeito-Tipo 87	281,22%	19	155,22%	19	93,74%	19	-	-	-	-
ICRNP	8		4		27		24		18	
Classificação	Péssima		Péssima		Pobre		Muito Pobre		Muito Pobre	

Tabela 15: resumo do ICRNP das US
Fonte: autoria própria (2021).

Assim, a Seção 01 do Ramo PBE03 apresenta o seguinte ICRNP:

$$ICRNP \text{ Seção} = \frac{8 + 4 + 27}{3} = 13 \text{ (19)}$$

Sendo o ICRNP igual a 13, a classificação é “MUITO POBRE”.

Para a seção 02 tem-se:

$$ICRNP \text{ Seção} = \frac{24 + 18}{2} = 21 \text{ (20)}$$

O índice ICRNP 21 apresenta classificação “MUITO POBRE”.

Por fim, apresenta-se o ICRNP calculado para o Ramo PBE03.

$$ICRNP \text{ Ramo} = \frac{(13 \times 2,9km) + (21 \times 1,58km)}{4,48km} = 15,82 \text{ (21)}$$

Com o ICRNP igual a 15,82, obtêm-se a classificação “MUITO POBRE”.

Para todos os Ramos analisados, obteve-se a classificação “MUITO POBRE” conforme indica a Figura 88.



Figura 88: classificação dos Ramos
Fonte: autoria própria (2021).

5.3.4 Prioridades

Ao contatar a Secretaria de Engenharia, Agricultura e Meio Ambiente do município de Pato Branco (PR), a qual indicou os trechos para este estudo, foi apresentada a ordem das vias que seriam priorizadas, a saber:

1. Trecho da estrada Irineu Bertani, Ramo PBE01;
2. Trecho da Travessa São Valentim/Vitorino, Ramo PBE02;
3. Trecho da Linha Martinelo, Ramo PBE03.

Esta priorização é pautada no planejamento empírico da Secretaria e reclamações da população da região que a estrada atende. Essas reclamações podem mudar a priorização prévia, se necessário.

O método de Baesso e Gonçalves (2003) baliza os níveis de priorização com base nos valores de ICRNP calculados e na categoria da estrada, sendo esta obtida a partir de categorias de VMD, conforme apresentado na Tabela 11.

A Secretaria também não dispõe de informações sobre o VMD nas estradas rurais. Essa informação é muito importante, pois, conforme aponta D'Ávila (1993), proporciona elementos para uma aplicação mais racional de recursos.

A estratégia adotada para conhecer o volume de tráfego foi perguntar aos moradores da região, solicitando uma estimativa, já que o método possui uma margem numérica razoável entre as categorias. Para cada Ramo, foi perguntado a pelo menos duas pessoas, no entanto essa pesquisa informal não é a mais adequada, o ideal é fazer um levantamento com base em metodologias consolidadas. Após solicitar uma estimativa de VMD aos moradores, foram obtidos os seguintes dados:

- O Ramo PBE01 apresenta tráfego estimado entre 50-100 veículos por dia;
- O Ramo PBE02 apresenta tráfego estimado menor do que 50 veículos por dia;
- O Ramo PBE03 apresenta tráfego estimado entre 50-100 veículos por dia.

Com essas informações foi possível estabelecer uma árvore de decisão (ANEXO D) adaptado de Baesso e Gonçalves (2003) quanto à priorização dos trechos conforme mostrado na Figura 89.

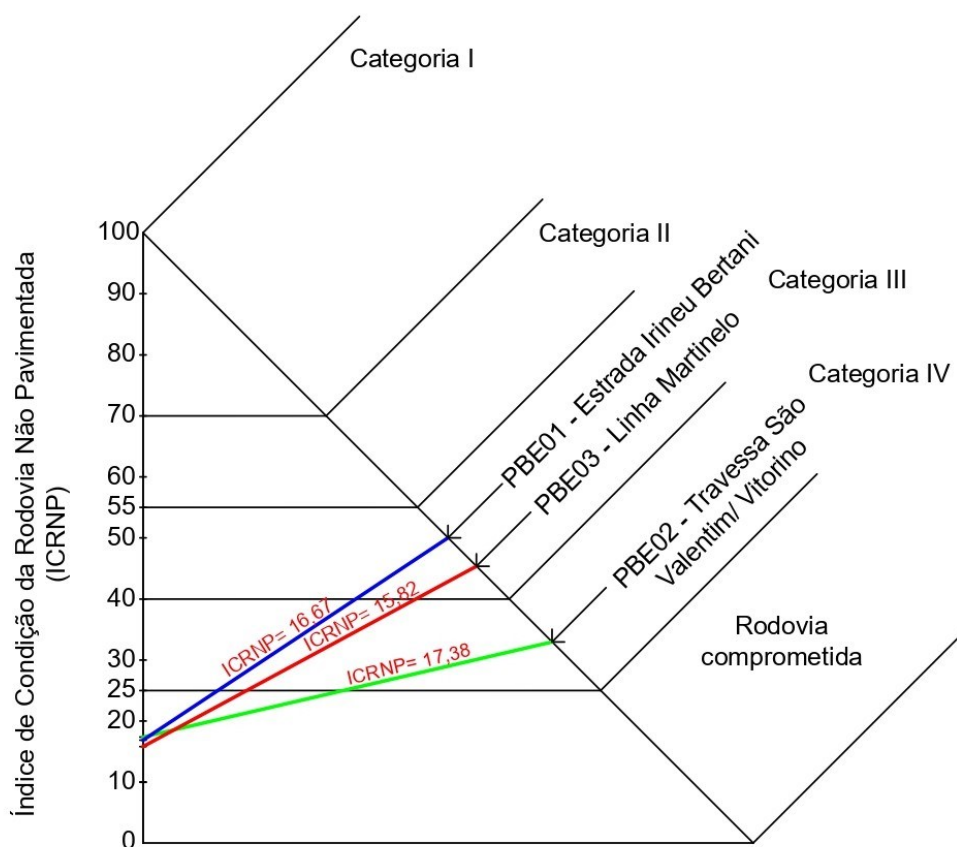


Figura 89: Árvore de decisão para priorização das manutenções
Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme a árvore de decisão estabelecida pelo método, é possível estabelecer um nível de priorização para intervenção nas estradas. Pelos critérios mencionados no item 3.6.3.3, a ordem de priorização obtida a partir do método aplicado foi:

1. PBE03 – Linha Martinelo;
2. PBE01 – Estrada Irineu Bertani;
3. PBE02 – Estrada São Valentim Vitorino.

5.3.5 Alternativas de Manutenção

Para as alternativas de manutenção, é necessário, segundo Baesso e Gonçalves (2003), que se observem as seções de uma maneira mais detalhada para que sejam elencadas as que necessitam de maior atenção.

Deste modo, a partir da priorização, são elencadas, seção por seção, as alternativas necessárias para se chegar a um ICRNP mínimo dado de acordo com a faixa de VMD estabelecida pela árvore de decisão.

Como as Unidades Simples são trechos que representam toda a Seção, os defeitos observados nestes locais servem de base para decidir as alternativas adotadas.

Ao observar as Folhas de Inspeção das Unidades Simples inspecionadas, observou-se que as patologias que geram mais impactos diretos no cálculo do ICRNP são: seção transversal imprópria e drenagem inadequada. Assim, a resolução desses dois problemas garantiria uma estrada com condições apropriadas, considerando a faixa de VMD de cada trecho. Nas estradas não pavimentadas, a drenagem inadequada acaba sendo um catalizador de várias outras patologias, como a trilha de rodas, as corrugações e os buracos. Desta forma, grande parte dos problemas identificados em campo podem ser eliminados ou amenizados com a devida atenção ao sistema de drenagem.

O sistema de drenagem não consiste somente nos elementos de sarjeta e dreno profundo. Um bom sistema de drenagem deve prever a construção de bigodes a cada 40m em trechos planos e 20m em trechos inclinados (BAESSO e GONÇALVES, 2003; SANTOS et al., 1988). Uma alternativa, quando não for possível evitar a erosão nas sarjetas de drenagem é instalar dissipadores de energia nas

saídas laterais (Figura 90) (BAESSO e GONÇALVES, 2003), sendo uma alternativa simples que evita grandes problemas.

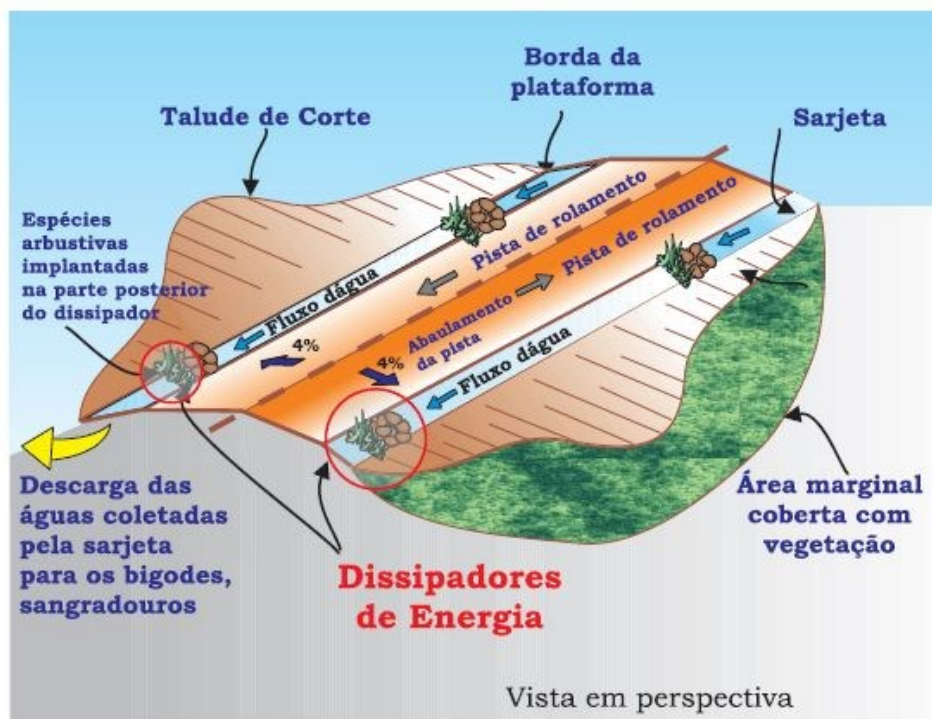


Figura 90: ilustração dos dissipadores de energias nas sarjetas de drenagem
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Quanto à seção transversal, observou-se que, na maioria das vezes, não havia conformação adequada, ou seja, não havia um abaulamento desejável para conduzir a água da chuva para os dispositivos de drenagem, conforme indicado na Figura 91. Em alguns trechos, a má conformação do leito da via não proporcionava o uso eficiente dos dispositivos de drenagem construídos. Isso colaborava para que problemas como erosão, perda de capacidade de suporte da estrada, buracos, água acumulada no leito estradal surgissem mesmo com a presença de dispositivos de drenagem.

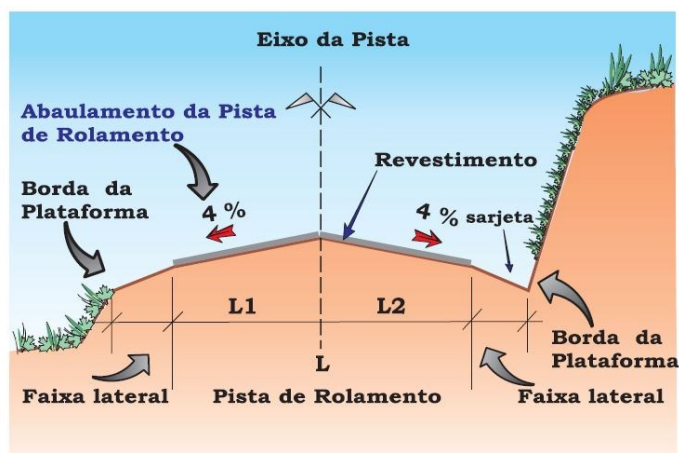


Figura 91: representação da conformação da seção transversal de uma estrada não pavimentada
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Portanto, há a necessidade de reconformação do sistema de drenagem com a criação de sarjetas e de elementos para diminuir a carga da água em trechos em rampa, como os bigodes e dissipadores de energia, por exemplo.

A seção transversal deve ser refeita para eliminar as trilhas de rodas, buracos e corrugações, pois possuem o mesmo método de manutenção utilizado para a seção transversal (SANTANA, 2006). Deve-se evitar o rebaixamento do leito da via. Portanto, para estradas que já apresentam cortes e diminuição do nível da plataforma através de sucessivas patrolagens, a melhor proposta é aumentar o leito da pista com devida compactação, fazendo com que o leito da estrada fique o mais próximo possível do leito natural. Esta técnica pode aproveitar o talude das laterais da pista a partir do desbarrancamento desta estrutura, conforme orienta Camilo (2007).

Sendo assim, é possível estabelecer as necessidades de manutenção com base nessas duas patologias. Baesso e Gonçalves (2003) estabelecem que para o defeito da seção transversal inadequada o tratamento desejável seria a conformação da plataforma garantindo uma inclinação transversal de 4%. Para a drenagem inadequada, o primeiro tratamento a ser realizado seria a própria conformação das sarjetas laterais utilizando motoniveladora e limpeza periódica dos elementos de drenagem.

Essas duas alternativas devem ser monitoradas para acompanhar se as patologias foram devidamente solucionadas. As trilhas de rodas, por exemplo, podem ocorrer em virtude de problemas de drenagem, no entanto, também pode ser decorrente da insuficiência de capacidade de suporte. Mesmo após o tratamento da

drenagem, a patologia pode voltar a surgir, o que leva à necessidade de busca por outras alternativas, como rever a espessura do revestimento e a mistura de agregados.

Por exemplo, se após a manutenção da Unidade Simples PBE03/01/01 forem tratados os dispositivos de drenagem e seção transversal e, mesmo assim, persistirem as trilhas de rodas com baixa severidade, considerando-se que esse defeito imputa uma seção transversal inadequada em severidade média, devido à superfície ondulada, o valor do ICRNP seria de 42 pontos, o que resulta na classificação 'REGULAR', dentro da faixa de 40 e 55 pontos estabelecido pela árvore de decisão, conforme o VMD da estrada. Isto não significa dizer que os demais defeitos não devam ser tratados.

5.3.5.1 Custos de manutenção

Isto posto, Santana (2006) elaborou uma composição de custos unitários (ANEXO E) com base nas atividades que devem ser feitas a cada manutenção. Essa composição foi utilizada como referência para calcular os custos das intervenções propostas. Os valores monetários foram corrigidos com base em dois índices que, segundo o DNIT, podem ser utilizados para o reajuste de preços em obras de construção rodoviária (BRASIL, 2021): o Índice Geral de Preços-Demanda Interna (IGP-DI) e o Índice Nacional de Custos da Construção (INCC). Esses são os principais índices de inflação do país, como destaca Bacha (2014) apud Timm (2018).

Os índices foram calculados a partir do ano de 2007 até o ano de 2020, com base na acumulação anual. Para o índice IGP-DI foi estabelecido um aumento de 104,57% (MARIANO, 2021) e para o INCC 169,9% (MELHORCAMBIO, 2021).

A estimativa de custos serviu como uma referência para estimar o investimento necessário para manter as estradas não pavimentadas em condições mínimas de operacionalidade, minimizar a depreciação dos veículos dos usuários e os custos de transporte, proporcionar boas condições de uso aos moradores das comunidades rurais e facilitar a locomoção dos usuários.

Para estimar o custo de conformação das seções transversais, estimou-se a movimentação de uma espessura de solo de 10cm, que é a mínima recomendada para o revestimento primário em estradas não pavimentadas (DER-SP, 2012; BAESSO e GONÇALVES, 2003) e largura média de plataforma de 5m.

5.3.5.1.1 Seção PBE01/01

Nesta seção, as alternativas mais indicadas estão relacionadas ao sistema de drenagem superficial e à seção transversal. O sistema de drenagem precisa de limpeza e conformação das sarjetas para receber a água escoada pela pista, que precisa de patrolamento para eliminar as imperfeições e atingir um caimento adequado.

Segundo Santana (2005), o serviço para a seção transversal com severidade baixa é o nivelamento da plataforma e para a Drenagem Inadequada com severidade média são: Limpeza de bueiros; Reconformação e/ou construção das valetas.

Os custos de manutenção estimados para esta seção são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: custos por km para atividades de manutenção na Seção PBE01/01

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade baixa	ha	0,5	R\$ 302,00	R\$ 398,00	R\$ 151,00	R\$ 199,00
Drenagem Inadequada - severidade média	m	2000	R\$ 15,28	R\$ 20,16	R\$ 30 560,00	R\$ 40 320,00
Custo por km					R\$ 30 711,00	R\$ 40 519,00

Fonte: autoria própria (2021).

5.3.5.1.2 Seção PBE01/02

Esta seção apresenta um maior de fluxo de caminhões devido à presença de uma empresa agrícola nas proximidades. O maior volume de tráfego, aliado às imperfeições do sistema de drenagem e da seção transversal, levam à ocorrência de deformações permanentes na pista.

Nesse caso, há a necessidade de reconformação do sistema de drenagem com a criação de sarjetas e de elementos para diminuir a carga da água em trechos em elevação. A seção transversal deve ser refeita para eliminar as trilhas de rodas, no entanto, deve-se evitar rebaixar ainda mais o leito da via. A proposta é aumentar o leito da pista com a devida compactação da superfície, fazendo com que se aproxime do leito natural. Esta técnica aproveita o talude das laterais da pista a partir do desbarrancamento desta estrutura, conforme orienta Camilo (2007).

Segundo Santana (2005), os serviços para a seção transversal com severidade média são: nivelamento da plataforma; adição de material granular; adição

de água; compactação. Para a Drenagem Inadequada com severidade média são: Limpeza de bueiros; Reconformação e/ou construção das valetas.

Os custos de intervenção para esta seção são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: custos por km para manutenção da Seção PBE01/02

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade média	m ²	500	R\$ 18,41	R\$ 24,29	R\$ 9 205,00	R\$ 12 145,00
Drenagem Inadequada - severidade média	m	2000	R\$ 15,28	R\$ 20,16	R\$ 30 560,00	R\$ 40 320,00
Custo por km					R\$ 39 765,00	R\$ 52 465,00

Fonte: autoria própria (2021).

5.3.5.1.3 Seção PBE02/01

Para tratar os defeitos desta seção, recomenda-se uma reconformação do leito da estrada, embora em alguns pontos o simples patrolamento seria suficiente para eliminar as imperfeições e conferir o abaulamento adequado à construção e/ou limpeza dos elementos de drenagem.

Segundo Santana (2005), os serviços para a seção transversal com severidade média são: nivelamento da plataforma; adição de material granular; adição de água; compactação. Para a Drenagem Inadequada com severidade média são: Limpeza de bueiros; Reconformação e/ou construção das valetas.

Os custos estimados para a manutenção desta seção são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: custo por km para manutenção da Seção PBE02/01

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade média	m ²	500	R\$ 18,41	R\$ 24,29	R\$ 9 205,00	R\$ 12 145,00
Drenagem Inadequada - severidade média	m	2000	R\$ 15,28	R\$ 20,16	R\$ 30 560,00	R\$ 40 320,00
Custo por km					R\$ 39 765,00	R\$ 52 465,00

Fonte: autoria própria (2021).

5.3.5.1.4 Seção PBE02/02

Esta seção se localiza próxima ao rio que divide os municípios de Pato Branco e Vitorino, ou seja, está muito próxima ao nível das águas subterrâneas que, por capilaridade, podem prejudicar a capacidade de suporte e aumentar o tempo da absorção da água da chuva.

O surgimento de buracos observados na unidade simples também exige a execução de drenagem profunda para assegurar que as fundações das estradas estejam secas, conduzindo as águas subterrâneas para fora da plataforma da estrada, como recomendado por Baesso e Gonçalves (2003).

Segundo Santana (2005), os serviços para a seção transversal com severidade média são: nivelamento da plataforma; adição de material granular; adição de água; compactação. Para a Drenagem Inadequada com severidade alta é a instalação de dreno profundo

Os custos de intervenção para esta seção são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: custo por km para manutenção da Seção PBE02/02

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade média	m ²	500	R\$ 18,41	R\$ 24,29	R\$ 9 205,00	R\$ 12 145,00
Drenagem Inadequada - severidade alta	m	2000	R\$ 87,42	R\$ 115,36	R\$ 174 840,00	R\$ 230 720,00
Custo por km					R\$ 184 045,00	R\$ 242 865,00

Fonte: autoria própria (2021).

5.3.5.1.5 Seção PBE03/01

Para esta seção há a necessidade de patrolamento para melhorar a conformação da seção transversal, eliminar os processos erosivos e as perdas de agregado. No sistema de drenagem é necessário que as sarjetas sejam reconformadas e construídas em alguns trechos.

Segundo Santana (2005), os serviços para a seção transversal com severidade média são: nivelamento da plataforma; adição de material granular; adição de água; compactação. Para a Drenagem Inadequada com severidade média são: Limpeza de bueiros; Reconformação e/ou construção das valetas.

Os custos de intervenção para esta seção são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: custo por km para manutenção da Seção PBE03/01

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade média	m ²	500	R\$ 18,41	R\$ 24,29	R\$ 9 205,00	R\$ 12 145,00
Drenagem Inadequada - severidade média	m	2000	R\$ 15,28	R\$ 20,16	R\$ 30 560,00	R\$ 40 320,00
Custo por km					R\$ 39 765,00	R\$ 52 465,00

Fonte: Autoria própria (2021).

5.3.5.1.6 Seção PBE03/02

Nesta seção, alguns trechos estão apresentando perda de aglutinantes o que acarreta a proliferação de agregados graúdos na via, este problema não é um defeito do método, no entanto causa desconforto aos usuários pelo excesso de vibrações, sendo necessário a passagem da motoniveladora para eliminar as imperfeições, assim como também nos outros trechos desta mesma Seção. No sistema de drenagem é necessário que as sarjetas sejam reconformadas e construídas em alguns trechos.

Segundo Santana (2005), os serviços para a seção transversal com severidade média são: nivelamento da plataforma; adição de material granular; adição de água; compactação. Para a Drenagem Inadequada com severidade média são: Limpeza de bueiros; Reconformação e/ou construção das valetas.

Os custos de intervenção para esta seção são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: Custo por km para manutenção da Seção PBE03/02

Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)		Custo (R\$)	
			IGP-DI	INCC	IGP-DI	INCC
Seção Transversal - severidade média	m ²	500	R\$ 18,41	R\$ 24,29	R\$ 9 205,00	R\$ 12 145,00
Drenagem Inadequada - severidade média	m	2000	R\$ 15,28	R\$ 20,16	R\$ 30 560,00	R\$ 40 320,00
			Custo por km		R\$ 39 765,00	R\$ 52 465,00

Fonte: Autoria própria (2021).

5.3.5.2 Considerações sobre os custos de intervenção

Baesso e Gonçalves (2003) comentam que existem dois tipos de manutenção, a manutenção preventiva periódica e manutenção corretiva rotineira. A primeira diz respeito a evitar que surjam ou se agravem os defeitos, de modo a preservar a integridade estrutural e serventia da rodovia; enquanto a segunda consiste em manter a estrada com as mesmas condições que estava logo após sua construção, fazendo reparos uma ou mais vezes no ano.

As estradas não pavimentadas são muito suscetíveis aos efeitos das intempéries, justamente por não possuírem uma camada de revestimento asfáltico, o que ocasiona uma deterioração mais acelerada e uma vida útil menor do que as estradas pavimentadas, o que leva a alguns autores sugerirem uma manutenção a cada seis meses (RIBEIRO e CARVALHO, 2020; CUNHA; SANTOS; CRUZ, 2014).

Em um programa de pavimentação de estradas rurais do município de Toledo (PR) (COMPRERURAL, 2018), foi estimado um custo de cerca de R\$ 300.000,00 por quilômetro no ano de 2018. Com base no índice INCC acumulado para o ano de 2020, de 13,31% (MELHORCAMBIO, 2021) e o IGP-DI acumulado para o ano de 2020 de 30,75% (MARIANO, 2021) tem-se um custo atualizado de R\$ 339.930,00 e R\$ 392.250,00 por quilômetro de pavimentação, respectivamente. É possível, com esse número, perceber que os custos para pavimentar estradas rurais são maiores conforme exposto na Tabela 22.

Tabela 22: comparativo de custos por km entre manutenção de vias não pavimentadas e pavimentação de estradas de terra

Descrição	Severidade	Custo por km (R\$)		Descrição	Custo por km (R\$)	
		IGP-DI	INCC		IGP-DI	INCC
Seção Transversal Drenagem Inadequada	Baixa Média	R\$ 30 711,00	R\$ 40 519,00			
Seção Transversal Drenagem Inadequada	Média Média	R\$ 39 765,00	R\$ 52 465,00	Pavimentação	R\$ 392 250,00	R\$ 339 930,00
Seção Transversal Drenagem Inadequada	Média Alta	R\$ 184 045,00	R\$ 242 865,00			

Fonte: autoria própria (2021).

Nota-se que os custos para manter as estradas em boas condições de trafegabilidade, reduzindo os custos operacionais dos veículos, são relativamente baixos, quando comparados aos custos de pavimentação. Oda (1995), Ferreira (2004) e Baesso e Gonçalves (2003) destacam que a pavimentação acaba sendo uma alternativa proposta a qualquer problema encontrado em estradas não pavimentadas, e que uma alternativa mais racional deve levar em consideração o volume de veículos e as cargas exigidas no trecho.

Baesso e Gonçalves (2003) destacam que o impacto econômico é positivo quando uma estrada não pavimentada apresenta bom estado de conservação, reduzindo, como já foi comentado, o custo operacional dos veículos e o custo de transporte apresentando grandes retornos econômicos, que chegam a ser o dobro do que foi investido para as operações de manutenção.

Ressalta-se que as considerações relativas ao comparativo entre os custos de manutenção das estradas não pavimentadas e os custos estimados para a pavimentação, para os trechos analisados neste estudo, não representam uma posição contrária à pavimentação dos trechos, um serviço que proporcionaria grandes benefícios aos usuários, especialmente em termos de conforto ao rolamento, como

será discutido no item 5.4. Por outro lado, a análise tem o propósito de chamar a atenção dos gestores públicos quanto à importância de se utilizar critérios racionais para a execução de medidas mitigatórias, especialmente em cenários de restrição orçamentária, as quais podem proporcionar boas relações benefício-custo, servindo também para justificar tomadas de decisão quanto à priorização dos trechos.

Por fim, é importante salientar que os custos de manutenção elencados neste trabalho não envolvem preservação ambiental e sinalização, este último, tão importante quanto o primeiro, sequer foi observado nos trechos visitados, exceto uma única placa de velocidade na Seção 02 da Estrada da Linha Martinelo.

5.4 IMPRESSÕES DA SECRETARIA DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE ACERCA DO MÉTODO

No dia 04 de agosto de 2021, foi apresentado à Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente da prefeitura de Pato Branco (PR) o método aplicado nas estradas do município com o objetivo de discutir sua aplicabilidade. A secretária, Vanessa Casiraghi Zanon, na ocasião, se mostrou bastante satisfeita com a metodologia e se interessou em aplicá-la nas estradas do município. Por outro lado, ponderou algumas dificuldades para a aplicação do sistema, como o diálogo com os produtores, pois em experiências de outras intervenções, onde, por exemplo, foram construídos bigodes para escoar a água da chuva para fora da plataforma, os produtores desmancharam a obra sob a justificativa de dificuldades com a colheita e o tráfego das máquinas na propriedade, citando que somente alguns produtores colaboraram com a prefeitura.

Também foi mencionado que o número de funcionários e de veículos seria insuficiente para atender toda a extensão de estradas não pavimentadas do município. De acordo com a Secretária, o cronograma para atender todas as comunidades rurais seria de aproximadamente cinco meses, em condições ideais, no entanto, as máquinas (rolos compactadores, motoniveladoras, entre outras) atualmente disponíveis demandam constantes manutenções, além de fatores climáticos que também prejudicariam o cronograma dos serviços.

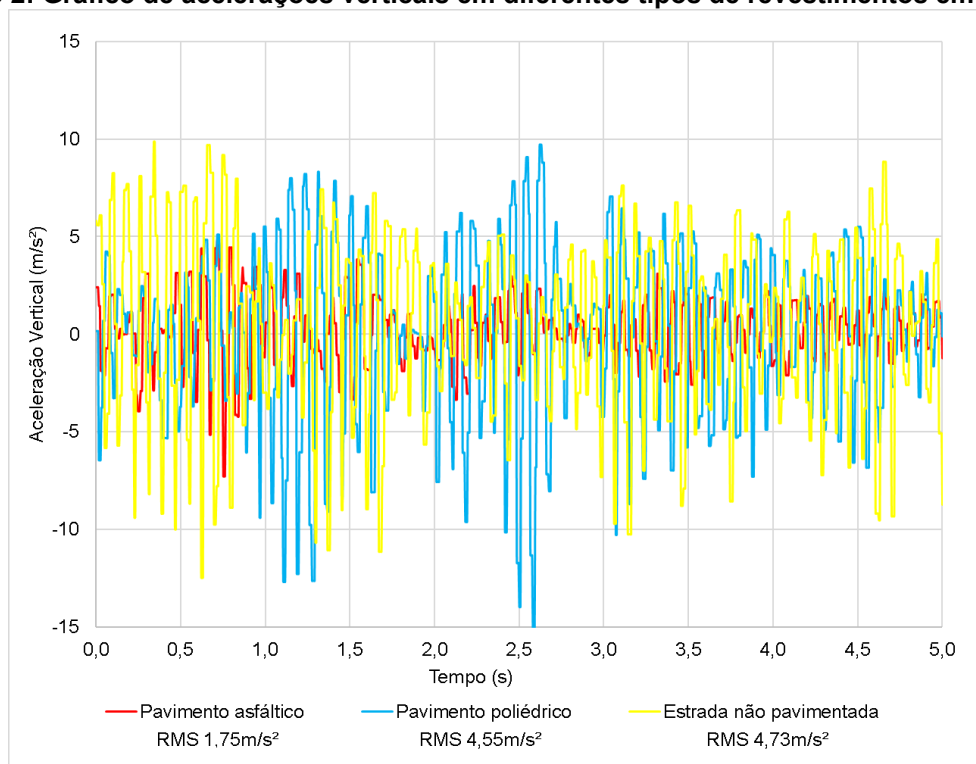
Em resumo, o método foi visto de maneira positiva, mas que o mesmo também demandaria investimentos para a compra de máquinas mais modernas, mais veículos, contratação de mais funcionários e a colaboração dos produtores rurais.

5.5 ANÁLISE OBJETIVA COM BASE EM ACELERAÇÕES VERTICAIS

Na Gráfico 02, apresenta-se um comparativo entre as acelerações verticais fornecidas pelo smartphone em três tipos de revestimento: pavimento asfáltico, pavimento poliédrico e estrada não pavimentada. Além da análise do formato e amplitude das vibrações, apresentam-se os valores de RMS (*Root Mean Square*), também chamada de média quadrática, de cada sinal, para representar numericamente a diferença de amplitude das vibrações obtidas para os três tipos de revestimento. O RMS é calculado de acordo com a seguinte Equação 22:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{N}} \quad (22)$$

Gráfico 2: Gráfico de acelerações verticais em diferentes tipos de revestimentos em estradas



Fonte: Autoria própria (2021).

No Gráfico 2, percebe-se que o nível vibracional em estradas não pavimentadas é semelhante àquele obtido em pavimento poliédrico, sendo ambos significativamente maiores do que o obtido em estradas pavimentadas. Além da sensação de conforto ao usuário, essas vibrações impactam diretamente no custo

operacional de veículos e são mais acentuadas quando as estradas não apresentam bom estado de conservação.

Os valores de RMS médios obtidos em cada trecho foram de 5,38 m/s²; 4,66 m/s²; 4,75 m/s² para os trechos PBE01, PBE02, PBE03, respectivamente. Ao considerar a classificação de conforto internacional ISO 2631-1, que leva em conta o nível de vibrações verticais experimentadas durante a viagem de dentro de um automóvel, dada em termos de RMS de acelerações verticais, observa-se que todos os trechos receberam o conceito “Extremamente Desconfortável”, como destacado na legenda apresentada na Figura 92 e no mapa de classificação objetiva, baseada nessa escala, apresentada na Figura 93.

RMS (m/s ²)	Níveis de Conforto
≤ 0,315	Confortável
0,315 - 0,630	Um pouco desconfortável
0,5 - 1,0	Razoavelmente desconfortável
0,8 - 1,6	Desconfortável
1,25 - 2,50	Muito desconfortável
≥ 2	Extremamente desconfortável

Figura 92: classificação da norma ISO 2631-1
Fonte: adaptada de ISO2631-1 (1997).

Nota-se que a escala de conforto da ISO 2631-1 acaba sendo rígida para o caso de estradas não pavimentadas, já que mesmo para rodovias pavimentadas, o conceito ‘confortável’ ($\leq 0,315$ m/s²) dificilmente é alcançado, como também ilustrado no Gráfico 2. Por esse motivo, elaborou-se uma escala de classificação para avaliar a condição das estradas baseada em três níveis de classificação baseados em cores: (verde < 3 m/s²; 3 m/s² ≤ amarelo < 6 m/s²; 6 m/s² ≤ vermelho), como apresentado na Figura 94. Ressalta-se que esta proposta de classificação não é baseada em níveis de conforto, sendo considerada apenas para fins de identificação das seções mais críticas, em termos de qualidade de rolamento, dentro de um mesmo trecho de estrada ou conjunto de trechos de estrada.

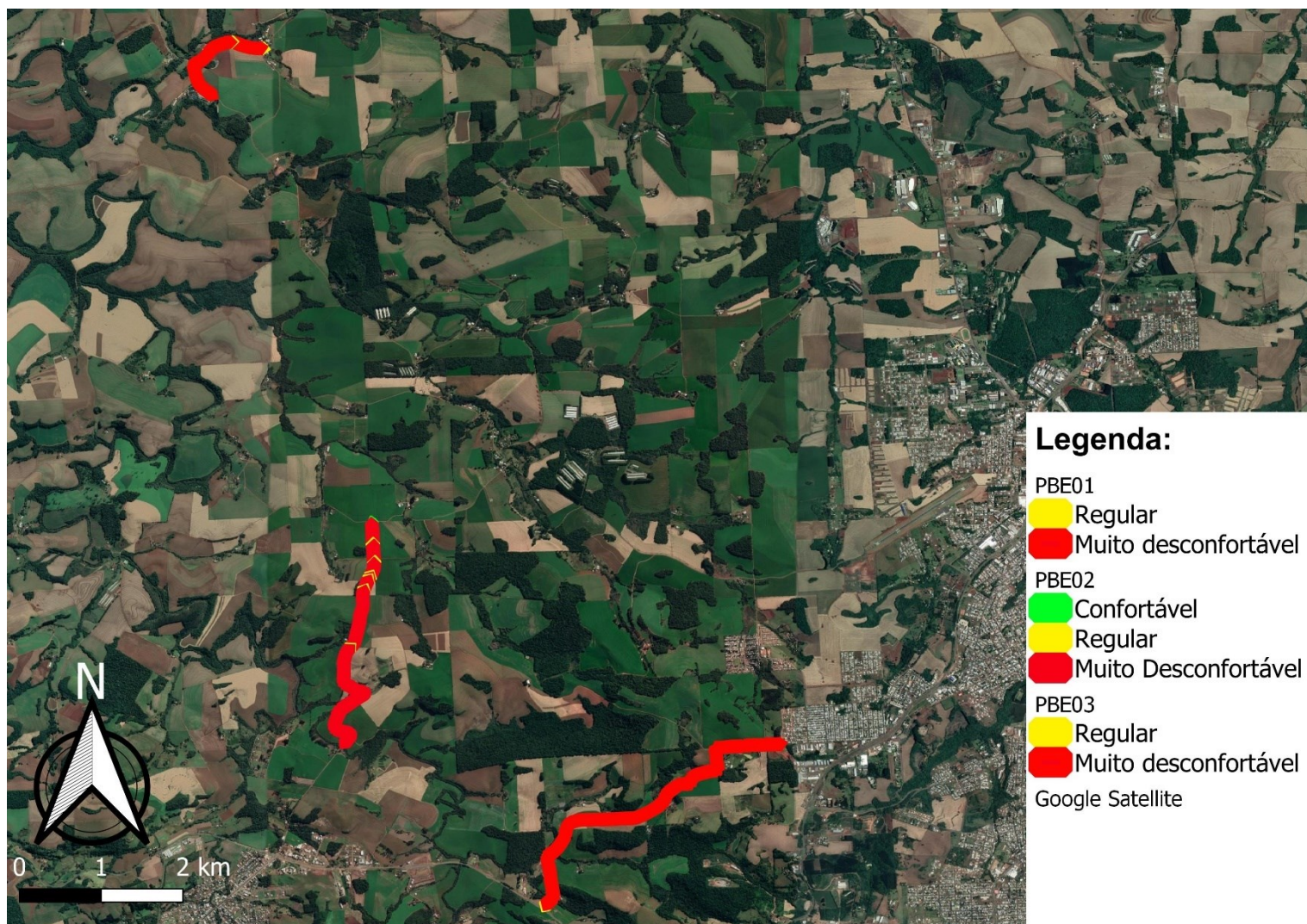


Figura 93: avaliação de conforto na estrada não pavimentada com base na ISO 2631-1
Fonte: autoria própria (2021).

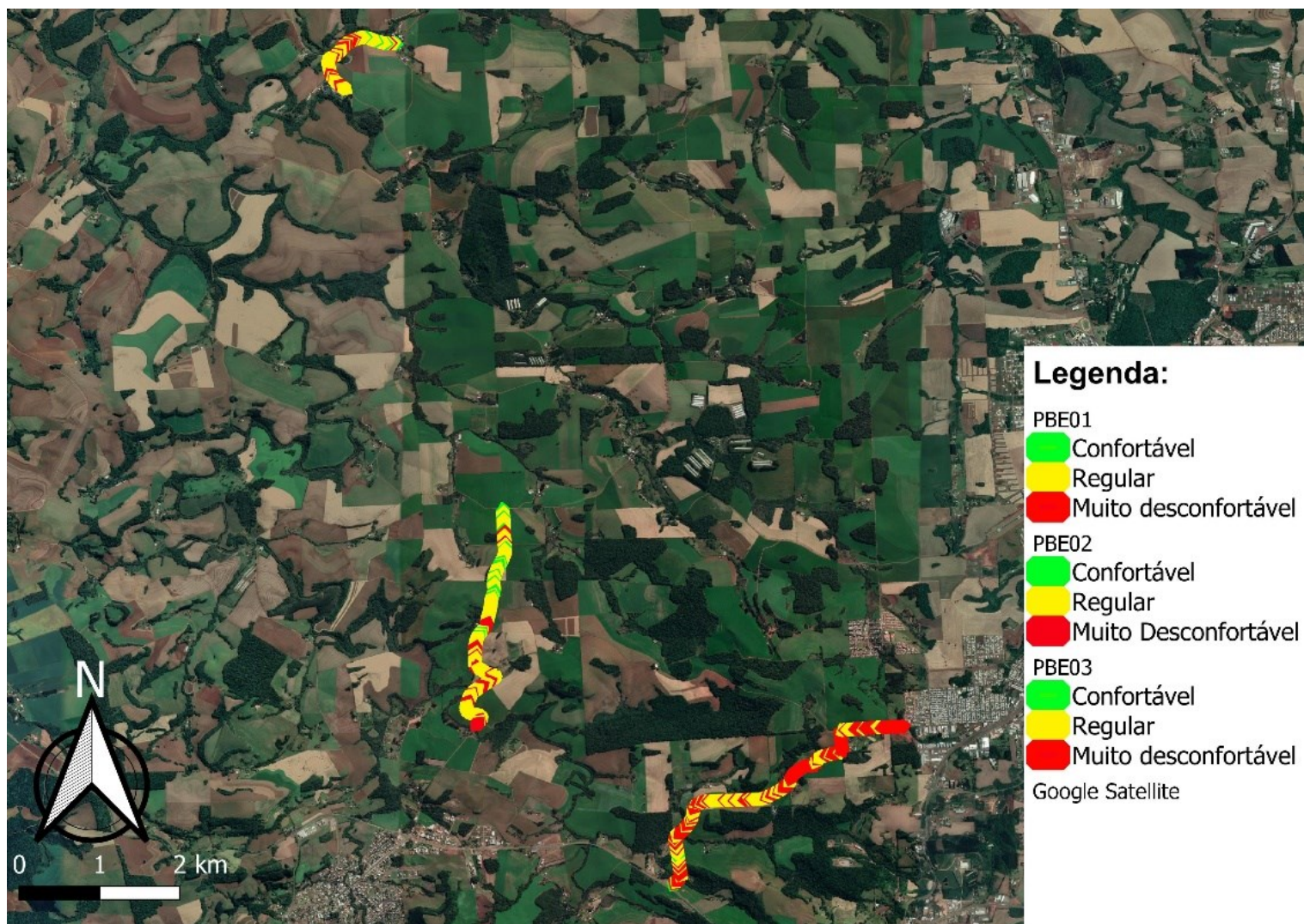


Figura 94: avaliação de conforto na estrada não pavimentada com base na ISO 2631-1
Fonte: autoria própria (2021).

A partir dessa adaptação da escala é possível verificar com mais clareza as regiões com vibrações mais acentuadas, essas regiões devem indicar uma necessidade de prioridade de manutenção.

Ainda, ao comparar os dados da Figura 94 com a priorização definida pelo método ICRNP, é possível observar que há uma relação entre ambas análises, pois o Ramo PBE03 é o que apresenta maior índice de desconforto e também é a estrada de maior prioridade de intervenção conforme estabelecido pelo método.

O auxílio a tomada de decisão a partir de medições de acelerações verticais com uso de *smartphones* é potencialmente aplicável, pois não necessita de equipamentos e ferramentas robustas, no entanto, deve haver mais pesquisas para avaliar sua aplicabilidade.

6 CONCLUSÃO

As estradas não pavimentadas no Brasil são, em sua grande maioria, de responsabilidade dos municípios. Embora tenham grande importância socioeconômica, muitas prefeituras acabam negligenciando os cuidados com essas estradas, sem uso de um método racional de gerência, aplicando métodos empíricos para a determinação de estratégias de priorização e manutenção de vias não pavimentadas que, em geral, resultam na má alocação de recursos públicos.

Estradas em boas condições de trafegabilidade geram receitas aos cofres públicos, pois diminuem o custo de transporte e oferecem conexão entre as áreas do campo e da cidade, criam mercados nas regiões rurais e descentralizam o desenvolvimento. Socialmente, as boas condições das estradas facilitam o acesso às benfeitorias públicas, como escolas, hospitais e melhoram a qualidade de vida no campo.

O presente trabalho teve como objetivo o estudo de avaliação, priorização e manutenção de defeitos em estradas não pavimentadas no município de Pato Branco (PR). Para tanto, a partir de pesquisa bibliográfica, optou-se pelo uso do método ICRNP, pelo fato deste contemplar todas as etapas para um gerenciamento adequado de estradas não pavimentadas.

A partir de dados obtidos junto à Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Pato Branco, percebeu-se que a prefeitura não possui um método técnico para a tomada de decisões quanto à manutenção de estradas não pavimentadas, mas procedimentos empíricos de análise, manutenção e decisão.

A partir das avaliações realizadas em campo, as estradas selecionadas para este estudo alcançaram um índice de condição 'muito pobre'. Mesmo recebendo o mesmo conceito de classificação, a árvore de decisão utilizada para a priorização dos trechos, com base na categoria da rodovia e no índice ICRNP, foram diferentes das elencadas pela prefeitura.

O ICRNP das estradas as colocava em uma condição de 'rodovia comprometida' dentro da árvore de decisão, logo, ao observar as análises e os defeitos encontrados, a sugestão para melhorar a trafegabilidade das estradas foi tratar as seções transversais e os dispositivos de drenagem, visto que esses dois

aspectos são potenciais responsáveis pelo surgimento e agravamento de outros defeitos observados.

A seção transversal deve ser melhor conformada para proporcionar a condução adequada da água da chuva, receber uma melhor compactação para mitigar o efeito da desagregação e ter uma mistura adequada de agregados graúdos, areia e finos, pois em campo, observou-se que ora existia um excesso de finos soltos na pista, ora a falta de finos em virtude do tráfego, erosão ou falha na mistura.

Com relação à drenagem, muitos trechos não possuíam sarjeta e, quando existiam, estavam obstruídas por vegetação e detritos acumulados que dificultam a passagem da água. A construção de outros elementos de drenagem como os bigodes/sangras foi pouco observada e, quando existentes, não estavam bem conectados ao restante da infraestrutura. Regiões com poucos períodos de seca, como o município de Pato Branco, não devem negligenciar os elementos de drenagem superficial e profunda e nem as variadas técnicas para conduzir a água da chuva de forma adequada, como os já mencionados bigodes/sangras, as bacias de contenção, lombadas, drenos profundos, entre outros.

Muitos municípios consideram a pavimentação das estradas como a melhor alternativa para sanar os problemas das estradas não pavimentadas. Em análise financeira, constatou-se que o custo de manutenção dos trechos é significativamente menor do que pavimentar um trecho de estrada. No entanto, as estradas não pavimentadas, por não possuírem revestimento asfáltico, são mais suscetíveis aos efeitos das intempéries, deste modo, é necessária uma correção periódica, recomendando-se o intervalo de seis meses, e de observações pós-períodos chuvosos.

Não obstante, a pavimentação não deixa de ser uma alternativa viável quando o volume de tráfego e as cargas sobre o leito da estrada exigem tal alternativa, especialmente quando se consideram os benefícios a longo prazo. No entanto, diante de cenários de restrição orçamentária, especialmente em países em desenvolvimento, é importante observar que os investimentos alocados para a pavimentação de um determinado trecho poderiam também beneficiar várias estradas não pavimentadas que, apesar de apresentarem volumes de tráfego relativamente baixos, apresentam grande importância socioeconômica, especialmente para a economia regional. Ressalta-se que o mérito dos métodos de gerência de estradas não pavimentadas

reside, principalmente, na utilização de um processo racional de manter as estradas em boas condições, fazendo bom uso dos recursos públicos.

Em um diálogo a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente para verificar a aplicabilidade do método no município de Pato Branco, a prefeitura se mostrou bastante favorável, todavia, elencaram que as principais dificuldades para a sua implantação seriam a colaboração dos produtores rurais, recursos para adquirir máquinas novas e contratar mais funcionários.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros a continuidade deste estudo, com foco na implementação de um sistema de gerência de longo prazo; na caracterização dos solos da região, especialmente para a verificação de seu comportamento laterítico, para uso em estradas não pavimentadas; uso de ferramentas de sistemas de informação geográficas para gerenciamento das vias em nível de rede; uso de smartphones para a estimativa da condição das estradas.

REFERÊNCIAS

- Abdelrahman, M.; Sharaf, E. **Use of Field Data in Calculating Cost of Earth Road Maintenance**. Transportation Research Record 1304, pag. 32-37. 1991.
- BAESSO, D. P. e GONÇALVES, F. L. R. **Estradas Rurais – Técnicas Adequadas de Manutenção**. Departamento de Infra-Estruturas do Estado de Santa Catarina – DEINFRA/SC. Florianópolis – SC. 204 p. 2003.
- BALENA, R.; BORTOLINI, E.; TOMAZONI, J. C. **Caracterização dos tipos de solo do município de Pato Branco através técnicas de geoprocessamento**. Synergismus scyentifica, UTFPR, Pato Branco, 2009.
- BANWATT, J. **Transport infrastructure and poverty reduction in Vietnam**. *The Public Policy and Governance Review*, v. 5, n. 2, p. 56-70, 2014.
- BARRIOS, E. B. **Infrastructure and rural development: Household perceptions on rural development**. *Progress in planning*, v. 70, n. 1, p. 1-44. 2008.
- CAMILO, I. B. **Recomendações técnicas para adequação de estradas rurais**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 34 p. (EMPAER-MT, Série Documentos, 36).
- CARVALHO, W. L.; Cruz, R. O. M. da; Câmara, M. T.; Aragão, J. J. G. de. **Rural school transportation in emerging countries: The Brazilian case**. *Research in transportation economics*, v. 29, n. 1, p. 401-409, 2010.
- CAVALET, Victor et al. **Análise comparativa do custo-benefício entre pavimentos flexíveis em concreto asfáltico e pavimentos rígidos em concreto de cimento Portland aplicado em rodovia de alto tráfego**. 2020.
- CHAMORRO, A.; DE SOLMINIHAC, H. E.; SALGADO, M.; BARRERA, E. **Development and Validation of a Method to Evaluate Unpaved Road Condition with Objective Distress Measures**. Transportation Research Record n° 2101, p. 3-9, 2009.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília: CNT, SEST, SENAT, 2019. 236p.
- COSTA, M. C. da; Silva, E. B. da; Soares, J. dos S. F.; Borth, L. C.; Honnef, F. **Mulheres rurais e situações de violência: fatores que limitam o acesso e a acessibilidade à rede de atenção à saúde**. *Rev. Gaúcha Enferm.*, Porto Alegre, v. 38, n. 2, e59553, 2017.
- CUNHA M. C.; SANTOS R.; CRUZ A. **Levantamento das medidas de manutenção aplicado nas estradas rurais na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-PR com avaliação qualitativa do estado de conservação**. *Caderno de Geografia*, v.24, n.42, 2014.

D'ÁVILA, A. L. M. **Sistema de Gerência de Estradas Municipais do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. 1996.

DARONCHO, C. **Contribuição à Análise da Qualidade de Viagem e suas relações com a Distribuições de Defeitos em Segmentos de Rodovias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. 2001.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). **Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais: Volume I - Planejamento, projeto, construção e operação**. 2012.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER/SP). **Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais: Volume II - Planejamento, projeto, construção e operação**. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (DNIT). **Instrução de Serviço nº 16 de 31 de Julho de 2019**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/instrucoes-ormativas/instrucoes-de-servicos/2019/instrucao-de-servico-16-2019-colegiada-metodologia-para-utilizacao-de-icm.pdf/view>> Acesso em: 08/02/2021.

EATON, R. A.; GERARD, S.; CATE, D. W.; **Rating Unsurfaced Roads – A Field Manual for Mensuring Maintenance Problems**. *Special Report. U. S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory*. 1987a.

EATON R. A.; GERARD, S.; DATILLO, R. S. **A Method for Rating Unsurfaced Roads**, *Transportation Research Record 1106*, Volume 2, 34 – 24 pp., USA. 1987b.

FAN, S.; BRZESKA, J.; SHIELDS, G. **Investment priorities for economic growth and poverty reduction**. *Twenty twenty (2020) focus brief on the world's poor and hungry people/International Food Policy Research Institute (IFPRI)*, 2007.

FERREIRA, F. M. **Uma aplicação comparativa de métodos de avaliação das condições superficiais de estrada não-pavimentada**. -Campinas, SP: 2004.

FIESP, Departamento da Indústria da Construção. **Pavimento de vias no Brasil: infraestrutura de transportes terrestres rodoviários e cadeias produtivas da pavimentação** / FIESP. – São Paulo: FIESP, 2017.

FILHO, S. R. **Estudo econômico comparativo entre tipos de pavimentos**. Tese (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

FONTENELE, H. B. **Estudo para Adaptação de um Método de Classificação de Estradas Não Pavimentadas às Condições do Município de São Carlos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo. 2001.

FONTENELE, H. B.; JÚNIOR, J. L. F. **Desenvolvimento de um Instrumento para Avaliação da Condição de Estradas não Pavimentadas**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 7, n. 1, 2013.

FUKUBAYASHI, Y.; KIMURA, M. **Improvement of rural access roads in developing countries with initiative for self-reliance of communities**. *Soils and Foundations*, v. 54, n. 1, p. 23-35, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GREENING, T. **Quantifying the impacts of vehicle-generated dust: a comprehensive approach**. *World Bank*, 2011.

GRIEBELER, N. P. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. 01/04/2002 121 f. Doutorado em ENGENHARIA AGRÍCOLA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, VIÇOSA Biblioteca Depositária: UFV.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação/IBGE, Coordenação de Geografia**. – Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 84p.

International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock—evaluation of human exposure to whole body vibration—part 1: general requirements. ISO 2631-1:1997. 1997.

KELLER, G. e SHERAR, J. **Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Administración de Caminos Rurales**. USDA. California. 2004.

LEBO, J.; SCHELLING, D. **Design and appraisal of rural transport infrastructure: ensuring basic access for rural communities**. *World Bank Publications*, 2001.

LIMI, A.; Lancelot, E.; Manelici, I.; Ogita, S. **Avaliando os impactos sociais e econômicos das melhorias das rodovias rurais no estado de Tocantins, Brasil**. *World Bank*, p. 1-73, 2015.

MARICATO, E. **Metrópoles desgovernadas**. Estudos Avançados, São Paulo, n.25, p. 7-22. 2011b

MARICATO, E. **Para entender a crise urbana**. 1.ed. São Paulo. Expressão Popular. 112 p. 2015

MARSON, M. **Análise Crítica da classificação MCT para Solos Tropicais**. Tese (mestrado), Instituto de Tecnologia Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo. 2004.

MOREIRA, F. E. B. **Algumas Considerações Sobre Evoluções Geométrica das Patologias em Vias não Pavimentadas: Estudo de Caso no Município de Alquiraz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Programa de

Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2003.

NGUYEN, T. C., FISHMAN, T., MIATTO, A. e TANIKAWA, H. **Estimating the material stock of roads: The Vietnamese case study**. *Journal of Industrial Ecology*. v. 23, n. 3, p. 663-673, 2019.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz-CE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

ODA, S. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Transportes (Estradas e Aeroportos)) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995. doi:10.11606/D.18.1995.tde-14012005-161818.

RIBEIRO, Laura Carine Pereira; CARVALHO, Laísa Cristina. **Sistema de gerência de manutenção em estradas não pavimentadas: um estudo de caso em viçosa-mg**, 2020.

RIVA, D. J.; POLACHINI, G. **Adequação da arquitetura ao clima: características físicas da cidade de Pato Branco-PR**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, Paraná. 2017.

RODRIGUES, N. C. M. **Reforço de estradas não pavimentadas**. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra. 2015

SANTOS, A. M. S. P. **Política urbana no Brasil: a difícil regulação de uma urbanização periférica**. *Geo UERJ*, n. 36, p. 47269, 2020.

SANTOS, A. R. e E. L. PASTORE e F. AUGUSTO JR. e M. A CUNHA. **Estradas Vicinais de terra. Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2ª edição, 1988.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 586 p.

SILVA, D. P. DA. **Modelo para dimensionamento de sistemas de drenagem de superfície em estradas não pavimentadas**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. 2011

SILVA, T. O. DA. **Estudos de Estradas Não Pavimentadas da Malha Viária do Município de Viçosa – MG**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2009

SKORSETH, K.; SELIM, A. A. **Gravel roads: maintenance and design manual**. U. S. Department of Transportation, 2000.

TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. **Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia do Rio Ligeiro (PR)**. Geociências, São Paulo, UNESP, v. 27, n. 3, p. 387-399, 2008.

Timm, L. L. 2018. **Sistemas Referenciais de Custos Rodoviários Federais: evolução histórica e métodos de reajuste**. Monografia de especialização, Instituto Serzedello Corrêa, Tribunal de Contas da União, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 167p.

VISSER, A. T. & HUDSON, W.R. **Design and maintenance criteria for unpaved roads**. Civil Engineering, v. 1983, n. 3, p. 141-152, 1983.

BENEVIDES, C. **No Brasil, 80% das estradas não contam com pavimentação: Ministério do Transporte prevê investir R\$ 11 milhões este ano**. O Globo, São Paulo, 24 de ago. 2014. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/no-brasil-80-das-estradas-nao-contam-com-pavimentacao-13710994#ixzz4j9y3wMmk>>. Acessado em: 02 de jan. 2021.

COMPRE RURAL. **Exemplo, município do Paraná tem estradas rurais asfaltadas**. Disponível em: < <https://www.comprerural.com/exemplo-municipio-do-parana-tem-estradas-rurais-asfaltadas/> > Acesso em 27 de julho de 2021.

Kowalski, R. L. **Paraná possui 100 mil km de estradas não pavimentadas**. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/parana-tem-100-mil-km-de-estradas-de-terra-#.XtVfgDpKi03>>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

Mariano, F. **Tabela IGP-DI 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.idinheiro.com.br/tabelas/tabela-igp-di/>> Acesso em: 29 de julho de 2021.

Melhor Cambio. **Varição do INCC**. 2021. Disponível em: <<https://www.melhorcambio.com/incc>> Acesso em: 29 de julho de 2021.

PATO BRANCO. **Relevo e Hidrografia**. 2021. Disponível em: <<http://patobranco.pr.gov.br/omunicipio/relevo-e-hidrografia/>> Acesso em 04 de julho de 2021.

ANEXO A- FICHA DE INSPEÇÃO DE RODOVIA NÃO PAVIMENTADA

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada							
Sigla da Rodovia: _____ Ramo : _____ Seção: _____ Unidade Simples (US): _____	Data : ___/___/____ Inspetor : _____ Área da US : _____ m ²						
<u>Tipo de Defeitos</u> 81 . Seção Transversal Imprópria (m) 82 . Drenagem Inadequada (m) 83 . Corrugações (m ²) 84 . Excesso de Poeira 85 . Buracos (unid.) 86 . Trilha de Roda (m ²) 87 . Perda de Agregados (m)	<u>Croquis</u> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>						
Quantidade de Defeitos e Severidade							
Tipo de Defeito	81	82	83	84	85	86	87
Quantidade e Severidade	B						
	M						
	A						

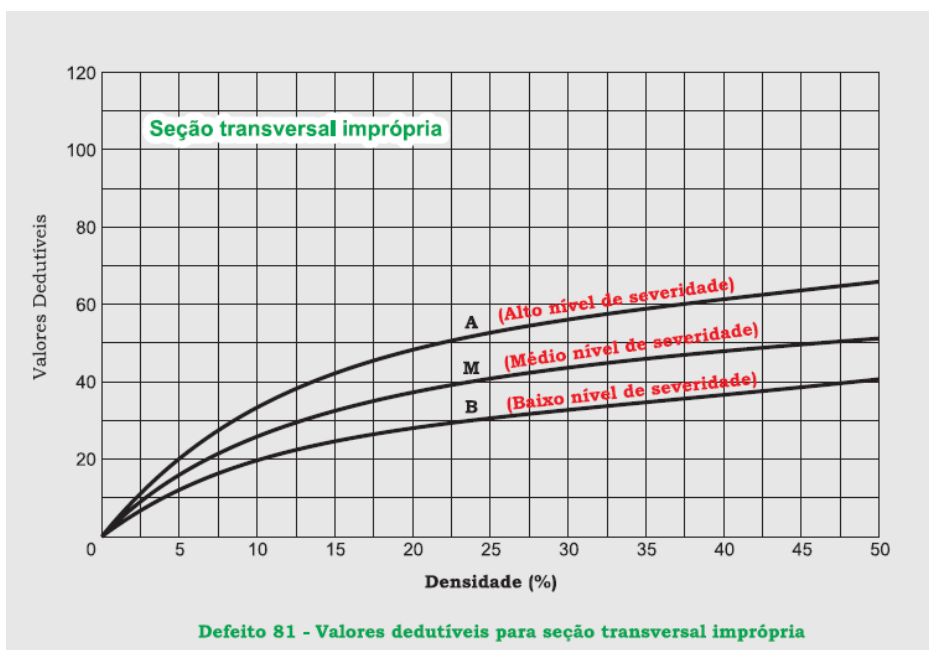
(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

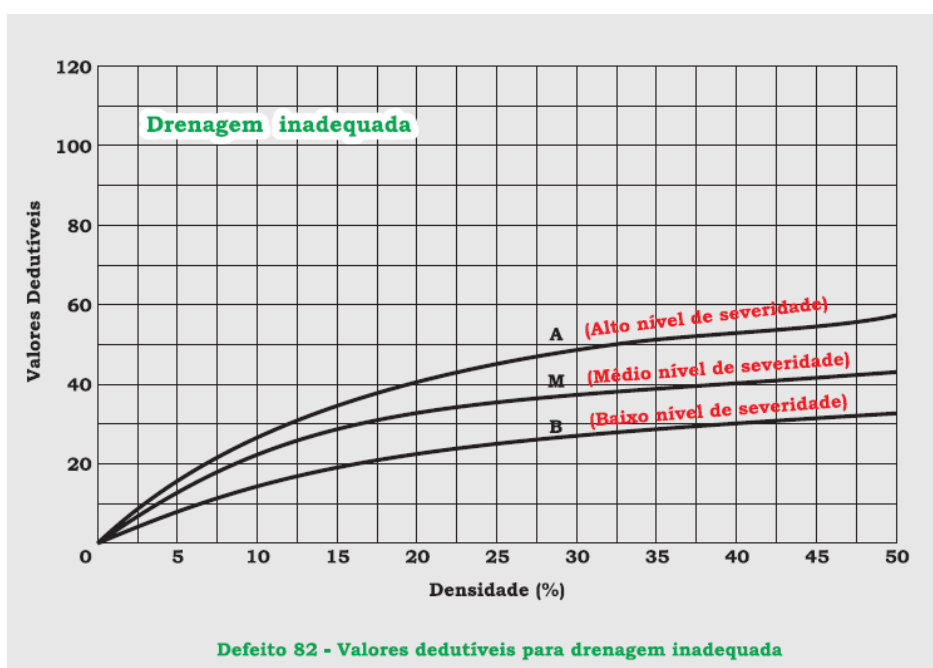
Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações	
Total do Valor dedutível: -----					
Valor “ q “ = -----					
Valor do ICRNP =		Classificação			

Fig. 15.25

ANEXO B—CURVA DE VALORES DEDUTÍVEIS PARA CADA DEFEITO-TIPO



Seção Transversal Imprópria
 Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).



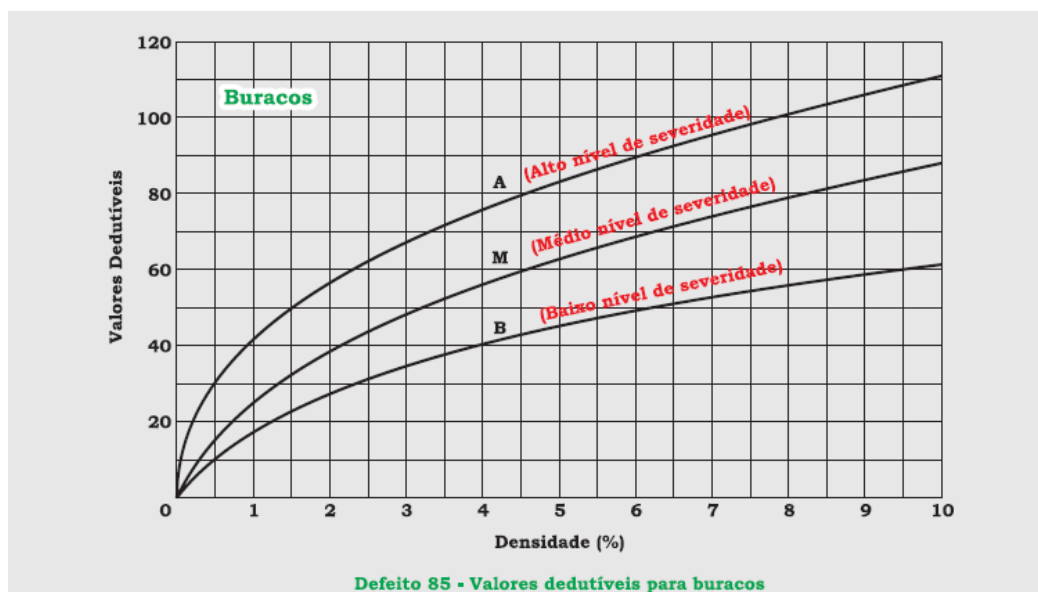
Drenagem Inadequada
 Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

Excesso de Poeira (Valores dedutíveis)

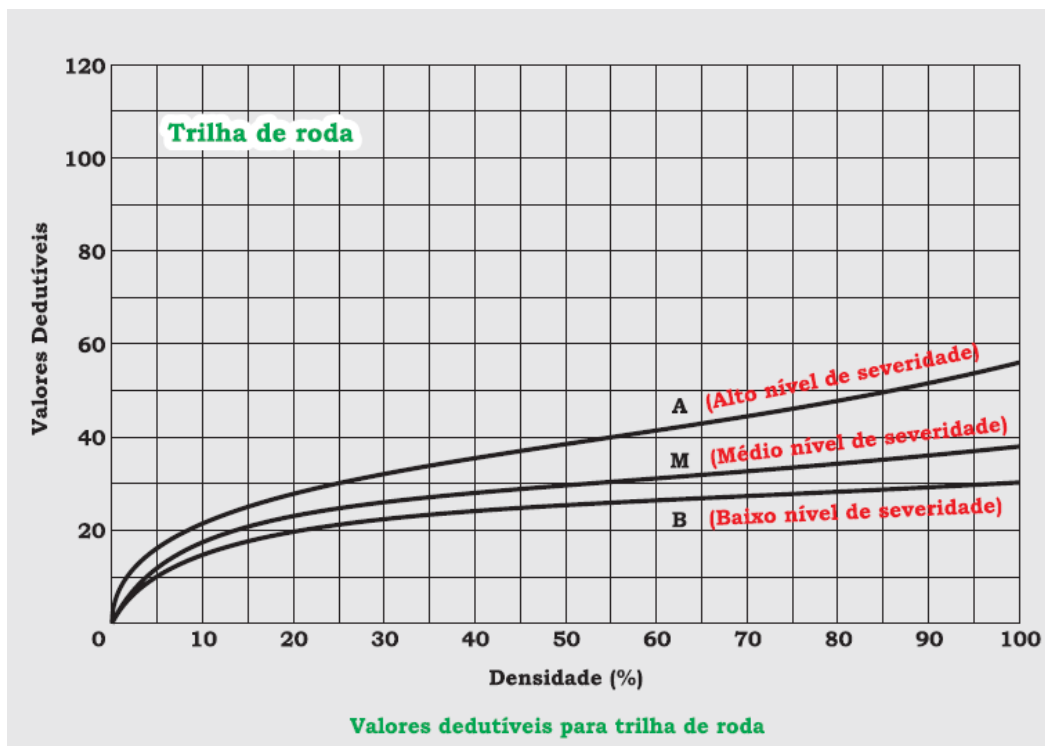
Os valores dedutíveis para o defeito *Excesso de poeira* não serão avaliados pelo critério da densidade, da forma como foi utilizada para os demais defeitos. Os valores de dedução foram estabelecidos em conformidade com os parâmetros abaixo.

NÍVEL DE SEVERIDADE	VALORES DEDUTÍVEIS
BAIXO (B)	2 PONTOS
MÉDIO (M)	4 PONTOS
ALTO (A)	15 PONTOS

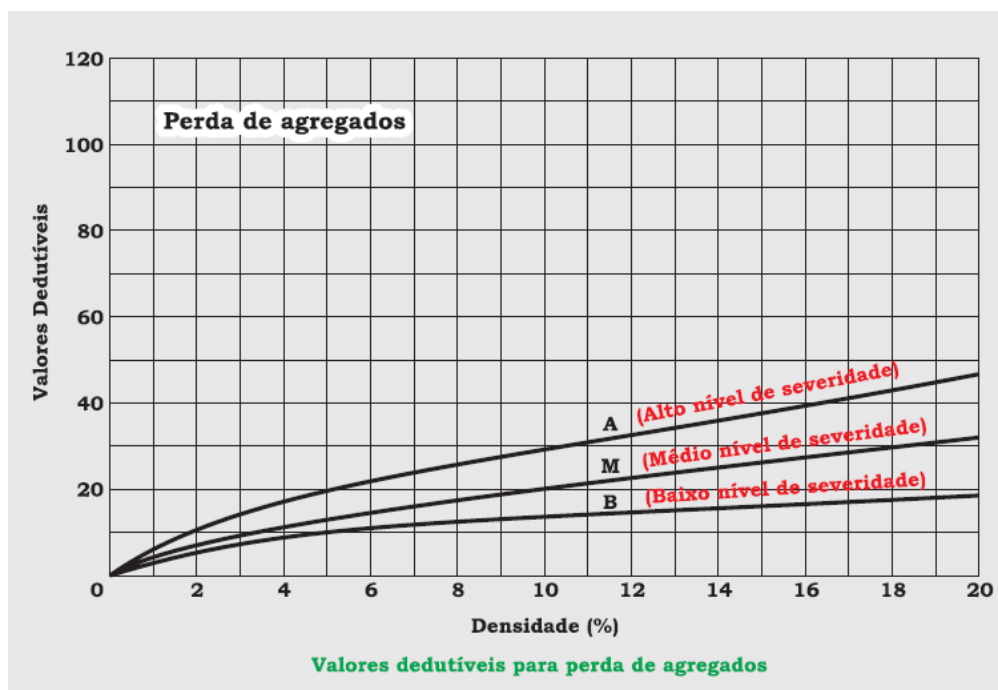
Excesso de Poeira
 Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).



Buracos
 Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

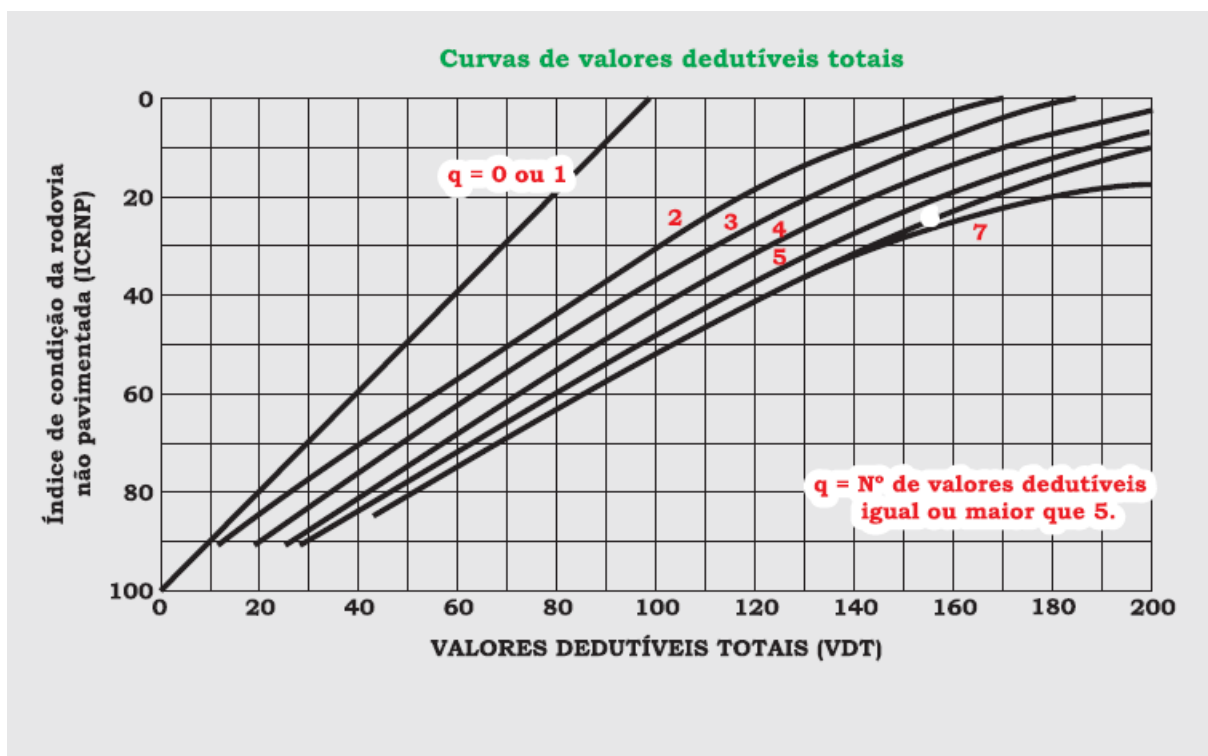


Trilha de Roda
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).



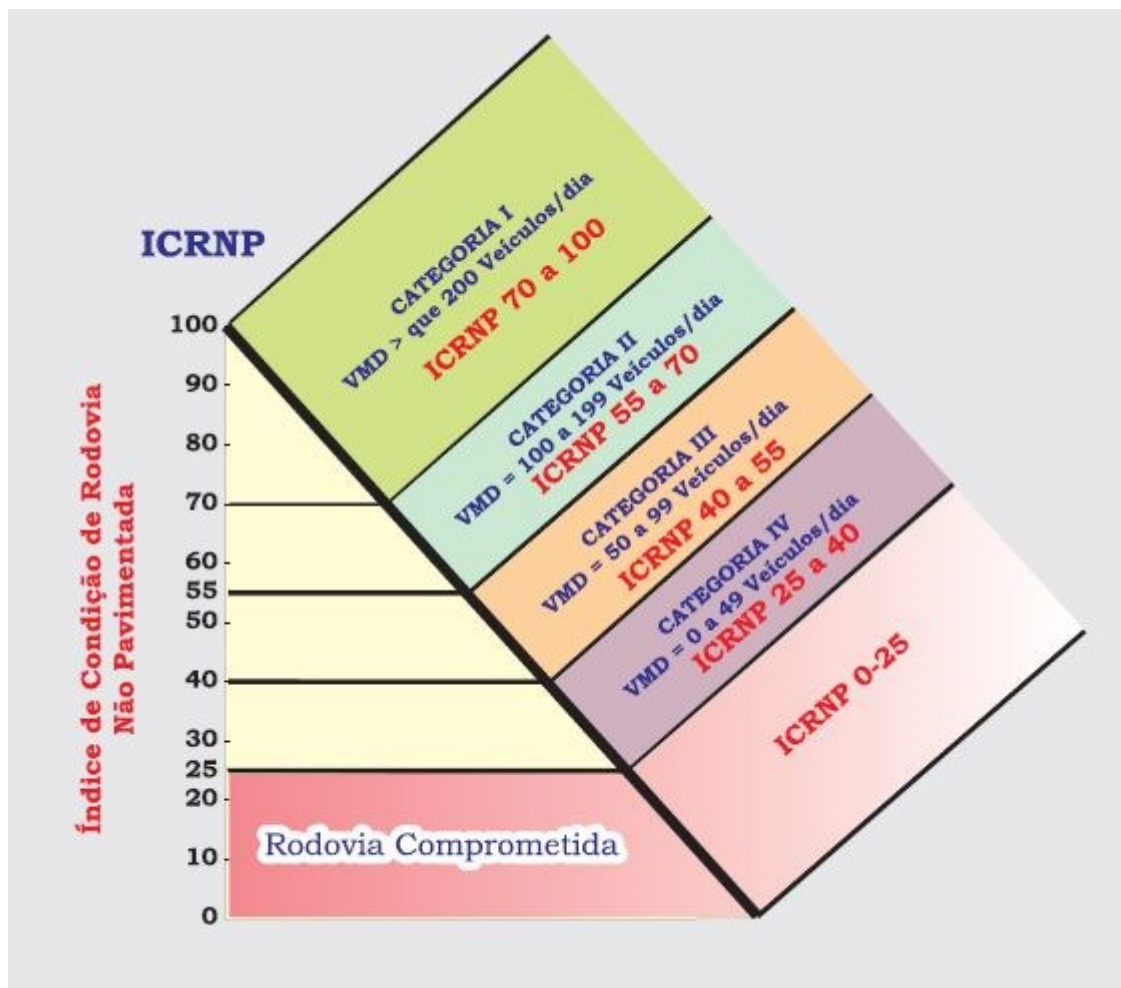
Perda de Agregados
Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

ANEXO C – CURVA DEDUTÍVEL DE VALORES TOTAIS



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

ANEXO D – ÁRVORE DE DECISÃO PARA PRIORIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS



Fonte: Baesso e Gonçalves (2003).

APÊNDICES

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE ALTO - INSTALAÇÃO DE DRENO PROFUNDO						UNID.:m REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	HORÁRIO
Caminhão basculante - 5m ³	0,02	1,00	-	74,22	11,52	1,48
TOTAL						1,48
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO	CUSTO	
				HORA	HORÁRIO	
Servente		1,18		5,40	6,37	
Pedreiro		0,08		9,36	0,75	
Encarregado de Turma		0,20		12,96	2,59	
TOTAL						9,71
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.			CUSTO	CUSTO	
					UNITÁRIO	
Ferramentas	%			5,00	0,49	
TOTAL						0,49
MATERIAIS	UNID.			CUSTO	CUSTO	
					UNITÁRIO	
Tubo de concreto poroso d=0,20m	m	1,00		11,01	11,01	
Areia extraída	m ³	0,59		20,00	11,80	
TOTAL						22,81
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				34,49
CUSTO DIRETO TOTAL						34,49
BONIFICAÇÃO:	23,90%					8,24
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)				IGP-DI: 87,42;	INCC: 115,36	

Fonte: Adaptado de Santana (2006).

DRENAGEM INADEQUADA - NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO - RECONFORMAÇÃO E/OU CONSTRUÇÃO DE VALETAS						UNID.:m
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Caminhão basculante - 5 m ³	0,20	0,20	0,80	74,22	11,52	4,81
Compactador man. - soq. Vibratório	0,33	1,00	-	14,04	8,64	4,63
TOTAL						9,45
MÃO-DE-OBRA	QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO	
Servente	3,10		5,40		16,74	
Encarregado de Turma	0,23		12,96		2,98	
TOTAL						19,72
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,99
TOTAL						0,99
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	5,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				30,15
CUSTO DIRETO TOTAL						6,03
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,44
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)				IGP-DI: 15,28;		INCC: 20,16

Fonte: Adaptado de Santana (2006).

SEÇÃO TRANSVERSAL IMPRÓPRIA - NÍVEL DE SEVERIDADE BAIXO						UNID.:ha
						REF: DEZ/2006
EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO HORÁRIO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	
Motoniveladora	1,00	1,00	-	112,14	13,32	112,14
TOTAL						112,14
MÃO-DE-OBRA		QUANT.		SALÁRIO HORA		CUSTO HORÁRIO
Servente		1,00		5,40		5,40
Encarregado de Turma		0,10		12,96		1,30
TOTAL						6,70
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				0,33
TOTAL						0,33
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	1,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				119,17
CUSTO DIRETO TOTAL						119,17
BONIFICAÇÃO:	23,90%					28,48
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (R\$)				IGP-DI: 302,00;		INCC: 398,51

Fonte: Adaptado de Santana (2006).

SEÇÃO TRANSVERSAL IMPRÓPRIA - NÍVEL DE SEVERIDADE MÉDIO

UNID.:m³
REF: DEZ/2006

EQUIPAMENTO	QUANT.	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL		CUSTO
		PROD.	IMPROD.	PROD.	IMPROD.	HORÁRIO
Trator de esteiras com lâmina	1,00	1,00	-	110,14	12,60	110,14
Carregadeira de pneus	1,00	0,56	0,44	84,77	12,60	53,02
Caminhão basculante - 5m ³	1,34	1,00	-	74,22	11,52	99,45
Motoniveladora	1,00	0,86	0,14	112,14	13,32	98,31
Caminhão tanque	1,00	0,79	0,21	69,88	11,52	57,62
Rolo compactador	1,00	1,00	-	78,78	9,72	78,78
TOTAL						497,32
MÃO-DE-OBRA	QUANT.			SALÁRIO HORA	CUSTO HORÁRIO	
Servente		6,00		5,40	32,40	
Encarregado de Turma		1,00		12,96	12,96	
TOTAL						45,36
ADICIONAL MÃO DE OBRA	UNID.	CONS.		CUSTO		CUSTO UNITÁRIO
Ferramentas	%	5,00				2,27
TOTAL						2,27
PRODUÇÃO DA EQUIPE:	75,00	CUSTO HORÁRIO TOTAL				544,95
CUSTO DIRETO TOTAL						7,27
BONIFICAÇÃO:	23,90%					1,74
CUSTO UNITÁRIO TOTAL (RS)				IGP-DI: 18,41;	INCC: 24,29	

Fonte: Adaptado de Santana (2006).

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : 99001
 Seção: 25001/01
 Unidade Simples (US): 01

Data : 18/02/2021
 Inspetor : Ulisses O.P. Silva
 Área da US : 215 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
		B	✓	✓				
M								
A			✓					

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
8	10,82%	B	32	51,2 - 25m (m ²) D = 25m; A = 25m 10h 30 - 30h 15
81	10,82%	B	26	
82	89,48%	A	57	
Total do Valor dedutível: -----			115	
Valor "q" = -----			2	
Valor do ICRNP =	24	Classificação	Muito Pobre	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

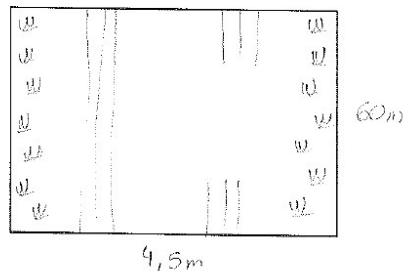
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo: TRC01
 Seção: TRC01/02
 Unidade Simples (US): 01

Data : 18/07/2021
 Inspetor : Wallace O.P. da Silva
 Área da US : 270 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m³)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Croquis



Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
		Quantidade e Severidade	B	X				
	M		X				X	
	A		X					

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	72,91%	M	51	STI - 60m - B DI - M - 60m A - 60m
82	72,91%	M	43	
83	72,91%	A	58	
86	13,88	B	6	
86	52,22	M	30	
Total do Valor dedutível: -----			182	TR M - 5m x 4,5m M - 60m x 2,10m B - 5m x 2,10
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	02	Classificação	Péssima	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

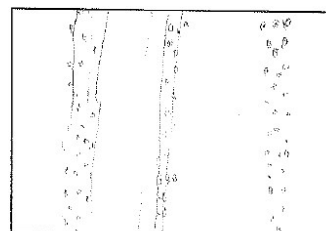
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo: PBE02
 Seção: PBE02/04
 Unidade Simples (US): 01

Data: 18/04/2021
 Inspetor: Uilmar
 Área da US: 290 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Croquis



Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
		Quantidade e Severidade	B				X	
	M						X	
	A	X						

(B - Severidade baixa, M - Severidade média, A - Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	69,62%	Alta	66	STJ - A - 50m TR - III III TR - 25 M } 2.ª larg. TR - 25 - B } PA - 50m 3 bermes
84	-	Baixa	2	
86	23%	Baixa	20	
86	23%	Média	23	
87	190,86%	Baixa	19	
Total do Valor dedutível: -----			130	
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	24	Classificação	MUITO RUIM	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

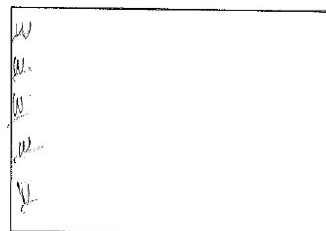
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : 786A7
 Seção: PB0102/04
 Unidade Simples (US): 02

Data : 18/02/2021
 Inspetor : Wallace O. P. Silva
 Área da US : 261 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
 82 . Drenagem Inadequada (m)
 83 . Corrugações (m²)
 84 . Excesso de Poeira
 85 . Buracos (unid.)
 86 . Trilha de Roda (m²)
 87 . Perda de Agregados (m)

Croquis



Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito								
	81	82	83	84	85	86	87	
Quantidade e Severidade	B		X	X	X			
	M	X						
	A							

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	56,57%	M	51	
82	56,57%	B	33	DI - B - 45m
83	50%	B	25	
84		B		Cor - B - 1305 m ²
				STI - 50m
Total do Valor dedutível: -----			111	
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	31	Classificação	POBRE	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

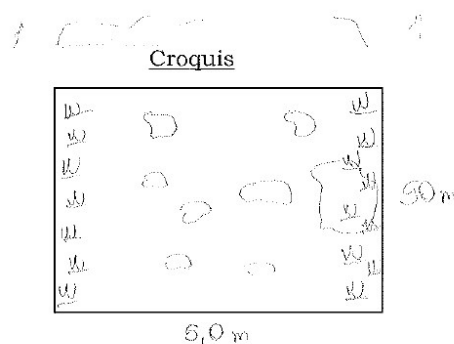
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : TT/02
 Seção: TRC02/02
 Unidade Simples (US): 01

Data : 18/02/2021
 Inspetor : Wallace
 Área da US : 250 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Quantidade de Defeitos e Severidade



Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
Quantidade e Severidade	B					x		
	M	x				x		
	A		x			x		

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	65,62%	M	51	STI - B - 50m DI - A 100m Bur.
82	121,24%	A	58	
85	4,34%	B	41	
85	1,77%	M	35	
85	3,23%	A	69	
Total do Valor dedutível: -----			254	
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	0	Classificação	Péssima	

Qtd - Diam - prof. - Sev
 2 - 35cm - 3,5cm - B
 1 - 50cm - 3,5cm - B
 1 - 4,15m x 0,6m - 6,5cm - A
 1 - 25cm - 1cm - B

Fig. 15.25

Qtd - Diam - prof. - Sev
 1 - 0,4m x 0,4m - 3cm - B
 1 - 50cm x 55cm - 5,5cm - B
 1 - 45cm x 35cm - 3,2cm - B
 1 - 50cm x 40cm - 4,8cm - B

1 - 50 m - 2,5cm - B
 1 - 0,25m x 0,6m - 4,5cm - M

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

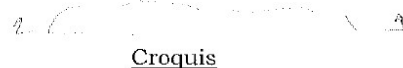
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : PIE03
 Seção: PK 02/01
 Unidade Simples (US): 01

Data : 18/07/2021
 Inspetor : Wallace
 Área da US : 262,5 m²

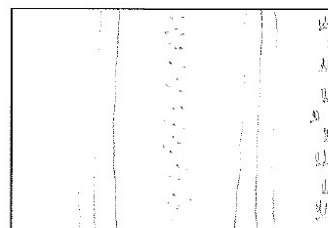
Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Quantidade de Defeitos e Severidade

2.  3

Croquis



3,5

Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
Quantidade e Severidade	B						X	X
	M	X					X	
	A		X					

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	93,24%	M	51	STI - M - 75m
82	93,24%	A	58	
86	38%	B	23	TR
86	62%	M	31	B - 28,5m
87	281,22%	B	19	M - 46,5m
Total do Valor dedutível: -----			182	DI - A - 75m
Valor "q" = -----			4	
Valor do ICRNP =	8	Classificação	Pessima	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

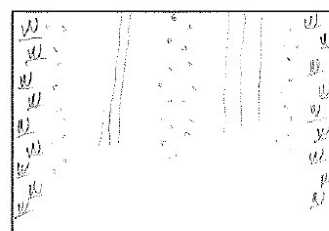
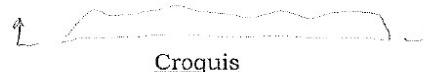
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : PE03
 Seção: PE03/01
 Unidade Simples (US): 02

Data : 18/07/2021
 Inspetor : Wallace
 Área da US : 260 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

Quantidade de Defeitos e Severidade



Tipo de Defeito		81	82	83	84	85	86	87
		Quantidade e Severidade	B	X	X		X	
	M	X					X	
	A							

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	29,05%	M	45	STI - M - 235m
81	52,37%	A	67	
82	101,05%	B	32	A - 41,5m
84	-	B	2	DI - B - 130m
86	62,31%	M	32	PA - B - 41 3 bermas
87	153,22%	B	19	
Total do Valor dedutível: -----			197	TR - M - 36m
Valor "q" = -----			4	
Valor do ICRNP =	4	Classificação	Pessimo	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : 7903
 Seção: 7903/01
 Unidade Simples (US): 3

Data : 15/07/2021
 Inspetor : Wallace
 Área da US : 262,5 m²

↑ _____ ↑
Croquis

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m)
- 82 . Drenagem Inadequada (m)
- 83 . Corrugações (m²)
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²)
- 87 . Perda de Agregados (m)

81	· · ·	81
82	· · ·	82
83	· · ·	83
84	· · ·	84
85	· · ·	85
86	· · ·	86
87	· · ·	87

Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito							
	81	82	83	84	85	86	87
Quantidade e Severidade	B	x					x
	M						
	A		x				

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	93,74%	B	40	
82	187,49%	A	58	
87	93,74%	B	19	
Total do Valor dedutível: -----			117	
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	27	Classificação	Pobre	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

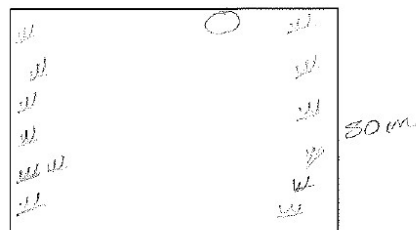
Sigla da Rodovia: _____
 Ramo: PBE02
 Seção: PBE02/02
 Unidade Simples (US): 01

Data: 15/02/2021
 Inspetor: W. Lopes
 Área da US: 265 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m) X
 82 . Drenagem Inadequada (m)
 83 . Corrugações (m²)
 84 . Excesso de Poeira
 85 . Buracos (unid.)
 86 . Trilha de Roda (m²) X
 87 . Perda de Agregados (m)

Croquis



Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito							
	81	82	83	84	85	86	87
Quantidade e Severidade	B		K		X	K	
	M						
	A		X				

(B – Severidade baixa, M – Severidade média, A – Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
82	61,9%	B	32	DI - Sev. Baixa 50 1 Sev. Alta 50
82	61,9%	A	57	
84	-	B	2	
85	0,38	B	14	
Total do Valor dedutível: -----			105	Buracos - 1 0,5m, diâmetro 2,5cm altura
Valor "q" = -----			2	PA - POBRE - 50%
Valor do ICRNP =	24	Classificação	MUITO POBRE	

Fig. 15.25

Ficha de Inspeção de Rodovia Não Pavimentada

Sigla da Rodovia: _____
 Ramo : 08603
 Seção: 08603/02
 Unidade Simples (US): 02

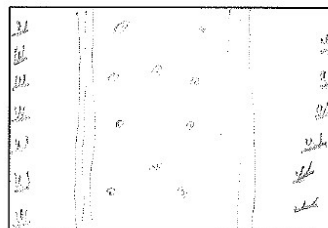
Data : 15/02/2021
 Inspetor : Wallace O.P.
 Área da US : 295 m²

Tipo de Defeitos

- 81 . Seção Transversal Imprópria (m) ✓
- 82 . Drenagem Inadequada (m) ✓
- 83 . Corrugações (m²) ✓
- 84 . Excesso de Poeira
- 85 . Buracos (unid.)
- 86 . Trilha de Roda (m²) ✓
- 87 . Perda de Agregados (m)



Croquis



50m

5,5 m

Quantidade de Defeitos e Severidade

Tipo de Defeito								
	81	82	83	84	85	86	87	
Quantidade e Severidade	B		X				X	X
	M	X						
	A		X					

(B - Severidade baixa, M - Severidade média, A - Severidade alta)

Cálculo do ICRNP

Tipo de Defeito	Densidade	Severidade	Valor dedutível	Observações
81	59,65	M	45	Falha de rocha - 50m Drenagem 50m alta 50m baixa STI - média Severidade - 50m PA - B 50m
82	59,65	B	20	
82	59,65	A	42	
86	1m	B	25	
Total do Valor dedutível: -----			138	
Valor "q" = -----			3	
Valor do ICRNP =	18	Classificação	Muito pobre	

Fig. 15.25

PESQUISA DE TCC – ENGENHARIA CIVIL UTFPR

Questionário para a prefeitura elaborado por:

Wallace Orlandini Prado da Silva.

Danilo Rinaldi Bisconsini.

ESTRADAS PAVIMENTADAS

1) Qual o custo estimado para pavimentar um trecho de 1km a partir do terreno natural?

R: – Depende da largura da via, e da espessura da sub-base, base e revestimento. Não temos nenhum contrato dessa espécie em andamento no momento, assim como nenhum orçamento está em desenvolvimento, como as planilhas de custos são atualizadas mensalmente, dados de contratos antigos não refletiriam a situação atual. No último contrato executado em estrada rural o custo era de R\$82,62/m², porém a via já possuía pavimento poliédrico, em vias urbanas sobre leito natural, no último contrato executado o custo foi de R\$111,47 incluindo drenagem e meio-fio. As planilhas de custos SINAPI, SICRO e DER-PR estão disponíveis nos sites com acesso público, caso tenha a espessura de cada camada do pavimento que deseja, é possível elaborar um orçamento fictício.

2) Há algum tipo de manutenção periódica dos pavimentos? Se sim, de quanto em quanto tempo é feita a manutenção e qual o custo estimado? Geralmente os serviços são feitos por equipe própria ou a partir de licitação?

R: Até o momento não foram feitas pavimentações em estradas rurais sobre leito natural, todas possuíam o pavimento poliédrico como existente. Como todas as pavimentações asfálticas em estradas rurais são recentes não existem grandes manutenções, pequenas intervenções são feitas com equipe própria do Município.

ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS.

3) Existe algum método específico de avaliação da condição do leito de estradas não pavimentadas?

R: Não existe método específico

4) Como que é feita a manutenção de rotina? Quais são as atividades de manutenção geralmente aplicadas?

R: Patrolamento, compactação de cascalho, limpeza das laterais, cascalhamento

5) Existe algum método de priorização dos trechos que vão receber manutenção?

R: Seguimos uma programação, ou seja, iniciamos em uma comunidade por exemplo Três Pontes como iniciamos este ano, e seguimos pelas comunidades próximas até dar o giro no município.

6) Quais são os custos estimados de manutenção e de quanto em quanto tempo ela é feita nas estradas não pavimentadas?

R: Em 1 dia de trabalho é realizado aproximadamente 10km de patrolamento e compactação de cascalho. O custo aproximado é de R\$1.600,00/máquina/dia

Em 1 dia é realizado 1km de cascalhamento: o custo aproximado é de R\$1.050,00/ caminhão. Isso também vai depender da distância da cascalheira.

7) Quantos funcionários são encarregados de realizar os serviços de manutenção e avaliação das estradas?

R:19 funcionários. 1 funcionário responsável em coordenar a equipe.

8) 3 vias que serão prioridades de intervenção pela secretaria para que seja realizado o estudo do TCC contendo as informações:

- Volume médio diário de veículos que passam pelo trecho;
- Quando foi a última intervenção realizada;
- Indicar qual o grau de importância da via (via de acesso a comunidades, via usada para escoar a produção, se nela trafegam somente veículos ou trafegam veículos e caminhões, etc.

R: Linha Martinelo, acesso a BR158

Travessa São Valentim, acesso ao município de Vitorino

Estrada Irineu Bertani, comunidade teolândia

Aproximadamente de 2 a 3 anos última manutenção. São estradas bastante movimentadas: transporte escolar, escoamento da produção, veículos, máquinas agrícolas.

Quais são as prioridades de manutenção dessas estradas indicadas?

R: Estrada Irineu Bertani;

Travessa São Valentim, acesso ao município de Vitorino

Linha Martinelo, acesso a BR158

9) Qual a quantidade de estradas no município e quantas delas são pavimentadas?

R: Há aproximadamente 1680km de estradas rurais, delas, aproximadamente 1500 não são pavimentadas.

PROGRAMA ASFALTO NO CAMPO

10) Sobre o programa asfalto no campo, quais são as vias que estão priorizadas para receber camada de revestimento asfáltico pelo programa e qual é a ordem de prioridade?

R: Não temos a informação de lista com trechos prioritários, os locais são definidos pela Administração em conjunto com a Secretaria Municipal de Agricultura, conforme a disponibilidade de recursos ou convênios. No momento não há nenhum projeto de pavimentação de estradas rurais em andamento.

11) Entre os trechos priorizados, qual o VMD estimado para cada um deles? Há algum controle ou estimativa de quais são os trechos de maior movimento?

R: No momento não há nenhum projeto de pavimentação de estradas rurais em andamento, não temos a informação de quais trechos são prioritários.

12) Há alguma programação em relação aos próximos serviços de pavimentação? Será que consigo realizar meus estudos nesses trechos antes de serem pavimentados? Como que eu posso dialogar com a prefeitura a respeito da finalidade do trabalho, coletas a serem realizadas e demais informações?

R: No momento não há nenhum projeto nem contrato de pavimentação de estradas rurais em andamento.